ИТМО

БЮЛЛЕТЕНЬ АННОТАЦИЙ

выпускных квалификационных работ

часть 2

2022 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Бюллетень аннотаций ВКР выпускников Университета ИТМО

Часть 2

Санкт-Петербург
2023

УДК 082.2
ББК 94.3
Бюллетень аннотаций ВКР выпускников Университета ИТМО. Часть 2. – СПб.: Университет ИТМО, 2023. – 407 с.

В бюллетене представлены лучшие аннотации научно-исследовательских выпускных квалификационных работ участников конкурса на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу (НИВКР) среди выпускников Университета ИТМО 2022 года.

Университет ИТМО (Санкт-Петербург) — национальный исследовательский университет, ведущий вуз России в области информационных, фотонных и биохимических технологий. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию: ICPC (единственный в мире семикратный чемпион), Google Code Jam, Facebook Hacker Cup, Яндекс.Алгоритм, Russian Code Cup, Topcoder Open и др. Приоритетные направления: IT и искусственный интеллект, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication.
Входит в ТОП-100 по направлению «Автоматизация и управление» Шанхайского предметного рейтинга (ARWU) и занимает 74 место в мире в Британском предметном рейтинге QS по компьютерным наукам (Computer Science and Information Systems). Представлен в мировом ТОП-200 по телекоммуникационным технологиям (Telecommunication engineering), а также в ТОП-300 по нанонаукам и нанотехнологиям (Nanoscience & Nanotechnology) ARWU. Входит в ТОП-200 по инженерным наукам (Engineering and Technology), в ТОП-300 по физике и астрономии (Physics & Astronomy), наукам о материалах (Materials Sciences), а также по машиностроению, аэрокосмической и промышленной инженерии (Mechanical, Aeronautical & Manufacturing Engineering) рейтинга QS. Лидер проекта «Приоритет – 2030».

© Университет ИТМО, 2023
© Авторы, 2023

ВВЕДЕНИЕ

«Бюллетень аннотаций ВКР выпускников Университета ИТМО» опубликована по результатам конкурса на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу выпускников Университета ИТМО 2022 года (Приказ о подготовке и проведении конкурса № 599-од от 26.05.2022 года).

Конкурс проводился в целях привлечении студентов к научно- исследовательской деятельности и участии в научных исследованиях, а также в усилении роли научно-исследовательской работы в повышении качества подготовки выпускников и формировании резерва кадров высшей квалификации. Конкурсная комиссия оценивала умение студента проводить самостоятельную творческую исследовательскую работу, профессиональную зрелость выпускника и его способность решать реальные научно-технические задачи.

Первый этап конкурса проводился на выпускающих факультетах/институтах/кластерах университета. Государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) определяла лучшие работы по каждому из направлений подготовки в ходе защиты ВКР. Руководители факультетов/институтов/кластеров определяли лауреатов I, II, III степени. По итогам первого этапа лауреатами I степени стали 13 бакалавров и 22 магистров, лауреатами II степени - 13 бакалавров и 19 магистров, лауреатами III степени - 8 бакалавров и 13 магистров.

Второй этап конкурса проводился на мегафакультетах университета, где Директора мегафакультетов определили одну лучшую НИВКР среди бакалавров и одну лучшую НИВКР среди магистров своего мегафакультета из числа работ лауреатов I степени предыдущего этапа. Лауреаты I степени факультетов/институтов/кластеров, не относящихся к мегафакультетам, продолжили участие в конкурсе на заседании НТС (заключительном этапе). Таким образом, на мегафакультетах состоялось 5 конкурсов на «Лучшую НИВКР» среди бакалавров и 5 конкурсов на «Лучшую НИВКР» среди магистров.

Третий завершающий этап конкурса проводился на уровне университета, где Научно-технический совет (НТС) на основании материалов и статистических данных НИВКР лауреатов I степени предыдущего этапа отобрал лучшие работы, авторы которых стали победителями конкурса.

Для участия в конкурсе по итогам защит ГЭК было рекомендовано 770 выпускников. Из них приняло участие: 129 магистров и 52 бакалавра.

Статистические данные участия бакалавров в конкурсе

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители различных степеней
I	Конкурс факультетов/ институтов/кластеров	52	34
II	Конкурс мегафакультетов	12	5
III	Конкурс университета	6	6

По итогам конкурса среди бакалавров было определено 6 победителей бакалавров на звание «Лучшей НИВКР университета».

Статистические данные участия магистров в конкурсе

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители различных степеней
I	Конкурс факультетов/ институтов/кластеров	129	54
II	Конкурс мегафакультетов	17	6
III	Конкурс университета	11	11

По итогам конкурса среди магистров было определено 11 победителей магистров на звание «Лучшей НИВКР университета».

Основные критерии оценки работ

При оценке НИВКР учитывались следующие критерии:

- актуальность научного исследования;
- степень самостоятельности и качество выполненной работы;
- оригинальность предложенных решений;
- качество оформления (в том числе соблюдение ГОСТов);
- логичность изложения, стиль изложения;
- стадия доведения проекта (частичная реализация; законченный проект; программный продукт, который может быть «внедрен» и т.п.);
- выполнение НИР в качестве соисполнителя;
- наличие выигранных грантов, стипендий Президента и Правительства Российской Федерации;
- выступления с докладами по данной тематике на научных конференциях, семинарах, конкурсах, выставках и олимпиадах всех уровней (международных, всероссийских, региональных);
- наличие наград, полученных на всероссийских, региональных и городских конкурсах, патентов, заявок на объекты интеллектуальной собственности;
- основные результаты должны быть опубликованы в научных журналах и изданиях (как в российских, так и зарубежных).

Общие требования к материалам, представляемым на НТС

Для окончательного подведения итогов конкурса на НТС представлялись следующие документы:

- анкета участника конкурса;
- аннотация ВКР от 4 до 6 страниц.

Итоги конкурса были подведены на заседании НТС универсритета и утверждены приказом ректора Университета ИТМО № 2561-уч от 08.08.2022 года.

Организационную работу по конкурсу проводили: Департамент научных исследований и разработок, Учебный центр студенческой науки, конференций и выставок.

Оглавление

БАКАЛАВРЫ Участники конкурса на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу бакалавров Университета ИТМО» 12

Геллерт М.Е.
Системы зондирования на основе алгоритма восстановления фантомных изображений....13

Губаз Р.Т.
Разработка методики использования учётных записей персоналом для обеспечения банковской тайны 17

Керимбай А.
Разработка метода безопасной автоматизированной обработки специальной категории персональных данных при формировании диагнозов 21

Козлов М.А.
Разработка метода детектирования клонирования голоса при присутствии музыкального сопровождения с помощью нейронных сетей 23

Корчагин В.А.
Разработка интерактивного инструмента для тестирования веб-сайтов на наличие уязвимости типа SSTI 26

Косарева Е.А.
Исследование алгоритмов машинного обучения в задаче отказоустойчивого управления квадрокоптером....28

Пепоян И.А.
Разработка инструмента для приоритезации устранения уязвимостей программного обеспечения....34

Пиха Д.В.
Оптические переходы с участием фононов в присутствии электрического поля в гетероструктуре с квантовыми ямами....37

Пузикова Я.В.
Разработка алгоритма выявления атак компрометации деловой переписки в тексте сообщений в условиях Covid-19 и удаленной работы....42

Сафиуллин Р.И.
Разработка метода обезличивания персональных данных в обучающей выборке....44

Смирнова Е.С.
Исследование фотофизических свойств агрегатов феофорбида а в биосовместимых средах 50

Суворов А.Р.
Изучение особенностей формирования периодических решёток на тонких плёнках методом управляемого формирования термохимических лазерно-индуцированных поверхностных периодических структур....54

Суркис А.И.
Проектирование интерпретатора risc-процессора как целевой машины 59

Челноков Н.П.
Разработка системы обнаружения фишинговых веб-приложений на основе методов машинного обучения с использованием факторизации матриц 63

Щиголев Н.А.
Разработка алгоритма выявления документов, содержащих чувствительную информацию, на основе методов распознавания образов.....69

Щтенников Р.А.
Разработка модуля телеуправления беспилотным транспортным средством 75

Яшин Д.А.
Исследование влияния вортекс модуляции на характеристики системы квантового распределения ключа в открытом пространстве.....79

МАГИСТРЫ Участники конкурса на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу магистров Университета ИТМО» 84

Авилова Е.А.
Особенности лазерно-индуцированного осаждения меди из эвтектических растворителей для формирования токопроводящих элементов 85

Апьянцева Ю.В.
Разработка функционального напитка на растительной основе с пробиотическими свойствами....91

Астафьева П.А.
Экологически безопасная экстракция пищевых биологически активных веществ из *Ocimum Basilicum*.....96

Байрамов Ш.З.
Анализ систем холодоснабжения на базе абсорбционных машин с аккумуляцией тепловой энергии 100

Барбанэль П.Ф.
Разработка порядка инвентаризации выбросов парниковых газов на объектах обращения с твердыми коммунальными отходами.....104

Бобко Р.А.
Разработка конструкции и системы программного управления мультистрочным дисплеем 108

Vedernikova A.A.
Influence of synthesis parameters on the energy structure of electronic transitions of carbon dots from o-phenylenediamine 112

Голованев Я.С.
Automated physics-based time-series modeling using neural ode and its extensions.....117

Гринвальд С.А.
Разработка технологических этапов производства булочек для гамбургера, обогащенных нетрадиционными видами муки, с применением ферментных препаратов.....120

Гриценко М.М.
Разработка оптического сенсора на основе диоксида титана для обнаружения фальсификации молока.....126

Дакуо Ж.-М.Н.
Исследование и разработка систем Id-Based криптографии, основанных на спариваниях на эллиптических кривых 128

Даниленко Г.О.
Исследование системы резервуарных вычислений на основе запаздывающей обратной связи с полосовой фильтрацией 131

Динкелакер Н.Ф.Й.
Оценка влияния использования лесных ресурсов на экосистемы европейской тайги 135

Егорова К.А.
Исследование микроструктурирования поверхностных слоев титановых сплавов методом аддитивной лазерной обработки 145

Ермоченко А.И.
Разработка цифровой платформы для экологического просвещения населения 151

Есипов Д.А.
Разработка метода обнаружения инцидентов информационной безопасности в локальной сети посредством выявления аномалий в поведении пользователя....156

Здорников Е.О.
Разработка методики обеспечения безопасности беспилотных летательных аппаратов с системой автоматической помощи оператору 160

Иванов А.В.
Исследование работы статического синхронного компенсатора и анализ показателей качества электрической энергии в распределительных электрических сетях с динамической нагрузкой....162

Иващенко В.В.
Разработка рекомендаций по использованию результатов патентной аналитики при управлении инновационными проектами в сфере фармацевтики....168

Иващенко Я.С.
Методы изучения покупательского спроса и их применение для обоснования коммерческих решений организации 172

Игнатьев В.А.
Бизнес-тезис "FLEXLITE": разработка решений по применениям гибких дисплеев в автомобильной промышленности....175

Иконникова А.Ю.
Малотоннажный ожижитель природного газа 181

Иогансон И.Д.
Разработка пороговой схемы разделения секрета на многомерных уравнениях....187

Казак В.А.
Проектирование системы оценки доступности объектов городской среды по данным из социальных сетей....190

Кийкова Д.А.
Методический подход к цифровой трансформации медицинских учреждений....196

Кирышева В.А.
Управление трансфером технологий на производственных предприятиях в условиях цифровой экономики....201

Киселев А.Д.
Бизнес-тезис "VRwalker": разработка приложения VR для программ реабилитации детей после травм спинного мозга с использованием экзоскелета 205

Клименко Д.И.
Спектроскопия магнитного кругового дихроизма наночастиц магнетита....208

Комилова М.У.
Численное моделирование магнитокалорического преобразователя, работающего по циклу активной магнитной регенерации 213

Кранина А.Д.
Совершенствование качества услуг управляющей компании....218

Крылатых Д.Н.
Проектирование и исследование устройства для навигации людей с нарушениями зрения.....220

Waguia J.D.K.
Threats and security issues in cloud storage and content delivery networks analysis 227

Кузиванов Д.О.
Разработка методики прогнозирования технического состояния инструмента для сварки трением с перемешиванием методом акустической эмиссии.....233

Кущенко О.М., Синельник А.Д.
Модуляция интенсивности фотолюминесценции в гибридных структурах на основе галогеновых перовскитов и сплава GE-SB-TE 236

Лавриненко А.К.
Компьютерный дизайн новых глубоких эвтектических растворителей на основе машинного обучения.....239

Леонтьева И.Н.
Разработка рекомендаций по интеграции вузов и промышленных предприятий в цифровой среде.....245

Ловгонюк В.Н.
Разработка модели машинного обучения и веб-сервиса для подсчёта и идентфикации клеток крови.....251

Локтев Е.М.
Проектирование и реализация краудсорсинг-платформы для решения городских задач 256

Лутошина Д.С.
Лазерный синтез плазмонных наночастиц драгоценных металлов в воздушной среде.....261

Лытаев А.А.
Моделирование системы оптических волноводов для создания квантовых вентилей.....266

Майкова Т.С.
Оценка влияния давления ожижаемого газа на эффективность удаления высококипящих примесей.....272

Макаренко Е.Д.
Оценка потенциала экономики замкнутого цикла города Санкт-Петербург.....275

Мальгинова Н.А.
Разработка и исследование процедуры приведения объемной теплоты сгорания газа к массовому базису 281

Маргарян И.В.
Морфологические и оптические свойства перовскитных пленок $MAPbI_3$, сформированных с использованием добавок.....284

Мирущенко М.Д.
Исследование оптических свойств бессвинцовых нанокристаллов $Cs_2AgInCl_6$, допированных висмутом, с кристаллической структурой типа перовскита.....288

Михайлова Ю.В.
Исследование оптических свойств самоорганизующихся наноструктур из полистирола.....292

Мошурова Е.Ю.
Процедура разработки стратегии управления интеллектуальной собственностью на примере АО «Концерн «Созвездие» 297

Музинская А.Р.
Оценка идентификационных характеристик, показателей качества и безопасности шоколада.....303

Мунассар М.А.
Надежная и новая система классификации состояний пациента под наркозом во время хирургических вмешательств 309

Назаренко В.Н.
Исследование и компенсация температурной зависимости стабилизируемого уровня выходной мощности волоконно-оптического эрбиевого усилителя 313

Павлюков А.В.
Разработка системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации 318

Панова Е.И.
Бизнес-тезис "IONTRACK": разработка и коммерциализация моментального биохимического анализа слюны на макроэлементы 325

Пасечный Д.С.
Разработка технологии порошкообазного концентрата безалкогольного напитка методом лиофильной сушки 329

Патра Х.К.
Разработка ДНК наноструктур для доставки олигонуклеотидов в клетки и селективной активации агентов генной терапии 333

Петров А.Б.
Разработка методики контроля изменения распределения напряженно-деформированного состояния ионно-плазменных покрытий 338

Рубан А.О.
Проектирование и разработка веб-сервиса агрегации данных в сфере розничной онлайн торговли 345

Рыбников В.Р.
Математические модели и алгоритмы выбора технологических баз при автоматизированном проектировании технологических процессов 348

Савельев А.И.
Разработка предложения по глубокой переработке вторичного сырья гидробионтов на основе экономики замкнутого цикла 354

Савельева В.А.
Совершенствование системы аудита качества на предприятиях общественного питания 359

Свиридова Ю.Л.
Внедрение технологии V2X в интеллектуальную транспортную систему мегаполиса 363

Семенов А.К.
Исследование коротких виброакустических событий как образов 369

Сиротин А.В.
Анализ применения фильтра сверхтекучего гелия в гелиевом ожижителе L280 373

Smirnov V.V.
Development of dna nanostructures for input-dependent cleavage of targeted RNA 379

Сончик Р.С.
Разработка бизнес-плана "ITMO Sommelier": цифровой системы отечественного виноделия для популяризации российского вина на мировом рынке 384

Суздалев О.Д.
Адаптивное управление нелинейными системами при нарушении условий согласования и ограничениях на управление 389

Хан А.С.
Разработка аналитической системы для отслеживания и улучшения показателей эффективности деятельности агентства недвижимости и девелопера.....391

Хошев А.Е.
Разработка методики вихретокового контроля изделия из углерод-керамических композиционных материалов.....397

Хэлльстром А.К.
Анализ современного состояния и определение перспектив инновационного развития банковской системы Российской Федерации.....402

БАКАЛАВРЫ

Участники конкурса на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу бакалавров Университета ИТМО»

УДК 535.015

СИСТЕМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАНТОМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Геллерт М.Е.

Научный руководитель – Наседкин Б.А., научный сотрудник лаборатории квантовых процессов и измерений, лаборатория квантовых коммуникаций

mihailgellert@yandex.ru

Ключевые слова

Фантомные изображения, фантомная визуализация, восстановления изображений, трехмерные картины.

Фантомные изображения (ФИ) – метод визуализации, основанный на пространственных корреляциях в двух пучках света. Данная технология изначально была предложена Д.Н. Клышко и основывается на идее использования квантового запутывания пар фотонов, генерируемых в процессе спонтанного параметрического рассеяния (СПР) [1]. Для получения изображения используется корреляционная функция фотонов, взаимодействующих с исследуемым объектом, и пространственное распределение фотонов, не взаимодействующих с исследуемым объектом. Несмотря на то, что ФИ считали исключительно квантовым явлением, позднее была предложена схема визуализации, реализованная с использованием псевдотепловых источников [2,3]. Для восстановления изображения в таком методе используется корреляционная функция интенсивности зондирующего пучка, взаимодействующего с исследуемым объектом, и пространственное распределение интенсивности пучка, не взаимодействующего с объектом. В настоящее время существует теоретическая база, объясняющая оба случая - квантовый и классический.

На текущий момент ФИ не является повсеместно используемым прикладным методом. Однако данная технология нашла свое применение в спектроскопии, медицине и оптическом шифровании. Также данная техника восстановления изображения вызывает повышенный интерес в области дистанционного зондирования [4,5]. Это связано с тем, что такие системы, получая трехмерные изображения, могут зафиксировать более мелкие объекты и содержат меньше шума. Данные системы не теряют своей актуальности и на больших расстояниях. Благодаря высокой степени обнаружения и чувствительности, дистанция этих систем превосходит дистанции систем зондирования, не использующих ФИ. Также системы с ФИ имеют малую восприимчивость к погодным условиям и могут обеспечивать качественное изображение в дождливую, туманную погоду или в ночное время [6].

В настоящее время ведутся исследования и тестирования прототипов систем дистанционного зондирования, основанных на ФИ. Но, несмотря на это, упускается возможность улучшить схему установки. Для этого стоит отказаться от воспроизводящего плеча. Это можно сделать, используя пространственный модулятор света (SLM). Еще одним способом избавления от второго плеча может послужить использование проектора в качестве источника. Оба этих решения схожи в том, что спекл-структуры формируются не на рассеивающей среде, а создаются заранее на компьютере в формате фазовых масок, в случае с SLM, либо же в формате изображений, в случае с проектором. Именно по этой причине в этих методах отсутствует матрица одиночных детекторов, необходимая для регистрации пространственного распределения интенсивности спекл-сруктуры. Еще одним преимуществом таких схем является возможность использовать спекл-структуры с определенными паттернами, что потенциально можно использовать для уменьшения числа измерений, необходимых для восстановления изображения. Исходя из всего вышеперечисленного, для данной дипломной работы были сформулированы следующие цели и задачи.

Цель: исследование схемы фантомной визуализации трехмерных объектов с использованием пространственного модулятора света и проектора.

Задачи, решаемые в данной работе:

1. Произвести математическое моделирование зондирующей оптической системы, позволяющей получать трехмерные картины исследуемых объектов.
2. Реализация оптической схемы ФИ, использующей проектор в качестве псевдотеплового источника.
3. Реализация оптической схемы ФИ, использующей импульсный режим работы проектора.
4. Реализация оптической схемы ВФИ с использованием импульсного лазерного излучения.
5. Анализ данных, полученных в эксперименте.

В системе дистанционного зондирования, основанной на алгоритмах фантомных изображений, на объект отправляется спекл-структура в виде импульса. Данный импульс, попадая на светоделитель, разбивается на два плеча. Аналогично классическим схемам ФИ на псевдотепловых источниках, в воспроизводящем плече находится матрица одиночных детекторов, а в зондирующем плече находится объект. Разбив исследуемый объект на слои, становится понятно, что свет, попадая на объект, поочередно взаимодействует с каждым слоем. Вследствие этого между светом, отраженным от различных слоев, создается разность хода, что регистрируется на детекторе с временным разрешением. Каждый импульс, снятый детектором, представляет собой одно измерение для каждого из слоев исследуемого объекта. После проведения ряда измерений из каждого измеренного импульса извлекается интенсивность, отраженная от соответствующего слоя, и каждый слой восстанавливается при помощи методов фантомной визуализации независимо от других слоев объекта. В результате получается n двумерных изображений Gi(x,y), каждое из которых соответствует определенному слою. Именно поэтому весь набор полученных картин можно преобразовать в трехмерное изображение G(x,y,z).

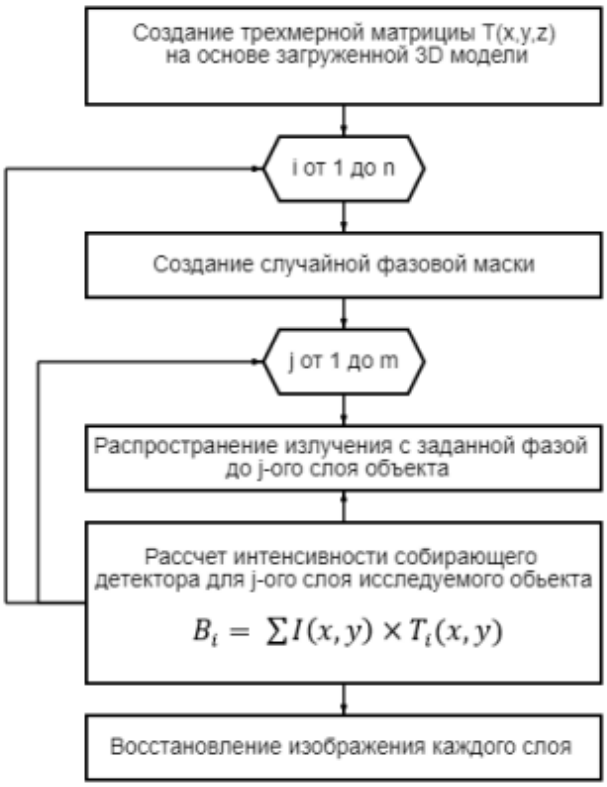


Рис. 1 – Упрощенная блок-схема созданной математической модели

Для проведения исследования систем трехмерной визуализации в дипломной работе в среде MATLAB была разработана программа, моделирующая систему трехмерной визуализации, основанную на ФИ. Однако в данном моделировании была рассмотрена упрощенная модель взаимодействия излучения с объектом. Попавший на объект свет полностью отражается от него и фиксируется на собирающем детекторе.

В качестве начального излучения был взят Гауссов пучок, на который накладывалась случайная фазовая маска. Расчет распространения излучения до объекта производился при помощи пропагатора Френеля-Гюйгенса. Ниже представлена упрощенная блок-схема рассматриваемой программы.

С использованием данной программы был проведен виртуальный эксперимент по восстановлению трехмерной картины. В качестве исследуемого объекта был взят конус. Поверхность данного объекта удалось успешно восстановить. Восстановленное изображение представлено на рисунке 2.

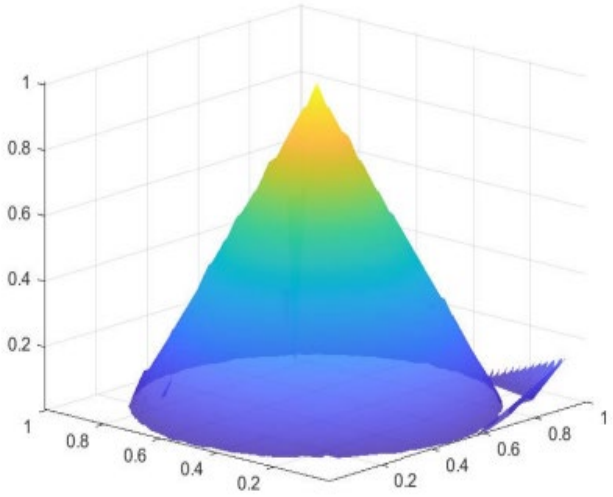


Рис. 2 – Трехмерная модель конуса, полученная в результате моделирования

Система трехмерной визуализации основана на импульсных источниках излучения, в связи с этим был проведен эксперимент, отражающий использование импульсного режима работы псевдотеплового источника в схемах ФИ. Было рассмотрено два типа источников. Первый представляет собой проектор, на который подаются изображения спекл-структур. Второй же является лазером, излучение которого, попадая на SLM, формирующий случайное распределение интенсивности. Импульсный режим работы обоих источников достигается при помощи амплитудного модулятора.

В ходе эксперимента удалось восстановить двумерные исследуемые объекты. Для получений изображений в данной работе помимо “классического” метода, основанного на корреляционной функции флуктуации интенсивностей, был использован метод, основанный на теории компрессионного зондирования. В ходе проведенных экспериментов метод, основанный на теории компрессионного зондирования, показал себя более эффективным. Полученные с его помощью картины являются более качественными и имеют меньшее количество шума.

В данной работе был проведен анализ систем трехмерной визуализации, базирующихся на ФИ. А также удалось рассмотреть возможные методы реализации и упрощения таких систем. Был сделан вывод, что импульсный режим работы проектора потенциально применим в системах зондирования для получения трехмерных картин исследуемых объектов.

Список использованных источников

1. Колобов М.И. Квантовое изображение. – 2009.
2. Gatti A. et al. Correlated imaging, quantum and classical // Physical Review A. – 2004. – Т.70. – №1. – С. 013802.

3. Wang K., Cao D. Coincidence subwavelength interference by a classical thermal light // arXiv preprint quant-ph/0404078. – 2004.
4. Gong W. et al. Three-dimensional ghost imaging lidar via sparsity constraint // Scientific reports. – 2016. – Т.6. – №1. – С. 1–6.
5. Zhao C. et al. Ghost imaging lidar via sparsity constraints // Applied Physics Letters. – 2012. – Т.101. – №14. – С. 141123.
6. Chen M. et al. Ghost imaging lidar via sparsity constraints in real atmosphere // Opt. Photon. J. – 2013. – Т.3. – С. 83–85.

УДК 004.75

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЁТНЫХ ЗАПИСЕЙ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАНКОВСКОЙ ТАЙНЫ

Губаз Р.Т.

Научный руководитель – Канжелев Ю.А., старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий

raul_gubaz@mail.ru

Ключевые слова

Банковская тайна, разработка методики, оценка соответствия, базовый состав мер защиты информации, организационные и технические меры защиты информации.

Как следует из национального стандарта Российской Федерации о защите информации в финансовых организациях, одним из главных аспектов деятельности таких организаций является обеспечение защиты информации [1]. Определённо связанно это с тем, что в случаях возникновения инцидентов информационной безопасности и их сопутствующих негативных влияний, в конкретных организациях может возникнуть кризис, который определённо приведёт к ряду проблем. Так или иначе будут затронуты интересы собственников и клиентов организации. В случае же темы, которая была взята для выпускной квалификационной работы, была рассмотрена конкретная часть обеспечения информационной безопасности в финансовой организации, а именно: «Управление учётными записями», - со всеми вытекающими из этой части обеспечения информационной безопасности проблемами. Отметим тот факт, что если обеспечение информационной безопасности в финансовой организации является одним из основополагающих мероприятий, то и обеспечение конкретной её части также не теряет в актуальности. Помимо киберпреступлений, направленных на учётные записи персонала организаций, начиная с банального брутфорса и заканчивая фишингом, актуальность проблемы растёт и с не разработкой теми же организациями методик использования учётных записей.

Цель выпускной квалификационной работы – Увеличение качества обеспечения информационной безопасности путём разработки методики использования учётных записей персоналом, на основе базового состава организационных и технических мер для защиты информации финансовых организаций (безопасности финансовых (банковских) операций), а также на основе разработанной методики – произвести оценку соответствия защиты информации автоматизировав процесс вычисления.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести анализ национального стандарта Российской Федерации, а именно ГОСТ Р 57580.1-2017 о базовом составе организационных и технических мер. Проанализировать:
   - процессы защиты информации;
   - оценки полноты реализации организационных и технических мер защиты информации.
2. Произвести анализ национального стандарта Российской Федерации, а именно ГОСТ Р 57580.2-2018 о методике оценки соответствия [2]. Проанализировать:
   - процессы защиты информации;
   - оценки полноты реализации организационных и технических мер защиты информации;
   - качественную модель оценивания настоящего стандарта.
3. Проанализировав стандарты, выделить:
   - конкретные процессы защиты информации;
   - направления защиты информации;
   - для каждого процесса и направления защиты информации определить организационные и технические решения, а также рекомендации.

4. Выделить методики оценки соответствия связанные с:
   - использованием учётных записей;
   - предотвращением утечки информации;
   - ЗИ при осуществлении удалённого логического доступа;
   - для последующей разработки методики использования вышеперечисленного.

На основе стандарта 57580.2-2018, разработать автоматизированную методику оценки соответствия выше разработанной методики использования учётных записей.

На рисунке 1 представлен алгоритм работы методики использования учётных записей.

Рис. 1 – Алгоритм работ методики использования учётных записей персоналом

Первые два шага были внедрены после анализа первого стандарта, далее для каждой выбранной меры необходимо организационное и техническое решение, пример того, как они представлены в работе продемонстрированы в таблице 1.

Таблица 1

Пример технических решений для подпроцесса 1.1

Наименование раздела подпроцесса	Пример технического решения
Организация и контроль использования учетных записей субъектов логического доступа	• для пользователей и администраторов создавать уникальные учетные записи; • контролировать своевременную блокировку учетных записей уволенных и не пользующихся предоставленными правами сотрудников; • системные учетные записи закрепить за конкретными лицами

После выполнения этих шагов проводится оценка соответствия, на рисунках 2 и 3 представлен алгоритм работы автоматизированной методики оценки соответствия.

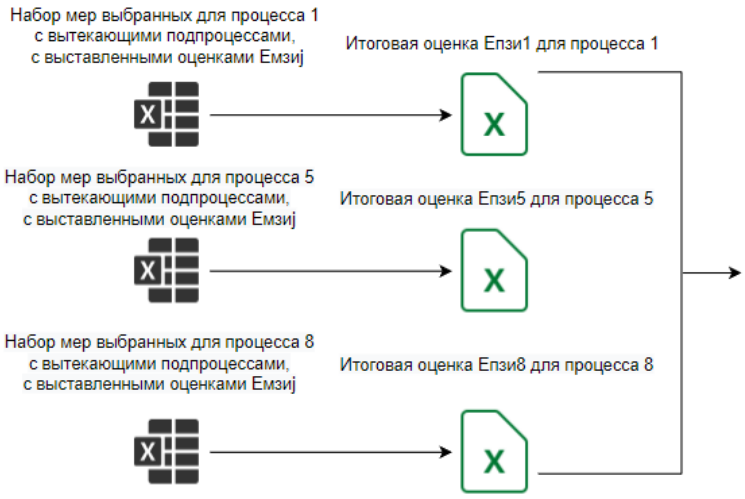


Рис. 2 – Схема алгоритма работы методики оценки соответствия. Часть 1

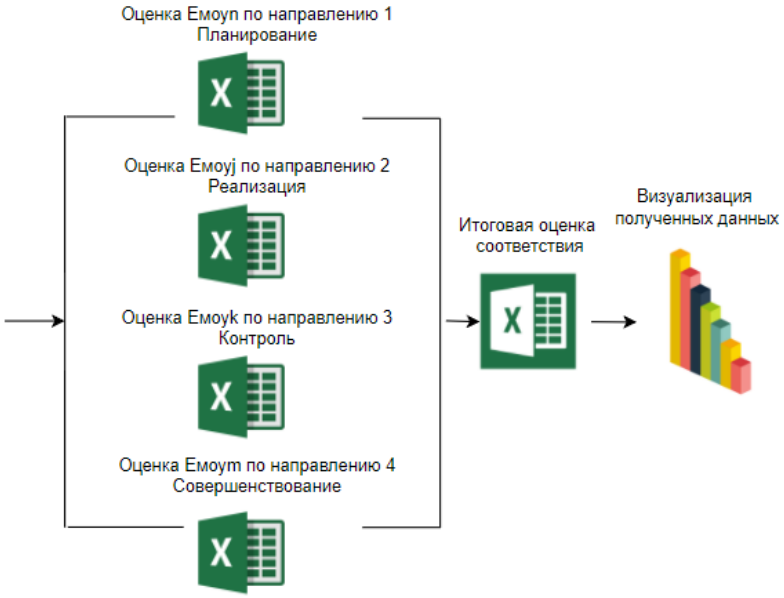


Рис. 3 – Схема алгоритма работы методики оценки соответствия. Часть 2

Была разработана методика использования учётных записей персоналом, на основе базового состава организационных и технических мер для защиты информации финансовых организаций, а также на основе разработанной методики – произведена оценка соответствия защите информации организации, автоматизировав процесс вычисления, реализовать графическое представление полученных данных.

Произведён анализ стандарта 57580.1, выделено общее количество процессов, подпроцессов и мер, которые можно было отнести к управлению учётными записями, для последующей разработки методики. В добавлении к этому, чтобы придерживаться обязательных уровней, которые необходимо было достигнуть в настоящем стандарте, были разработаны:

1. Этапы использования настоящего стандарта.
2. Схема использования для наглядности выполняемых действий.

Далее был произведён анализ стандарта 57580.2, в котором были выделены формулы для подсчёта оценок соответствия и графических представлений полученных данных. А также при помощи программных методов автоматизировать процесс вычисления.

Были рассмотрены рекомендации и примеры технических решений для всех процессов, которые как-либо направлены на управление учётными записями и предотвращения утечки

информации, отталкиваясь от базового состава мер защиты информации, которые были представлены в выпускной квалификационной работе.

В дальнейшем к автоматизированной методике, к методике использования учётных записей, к процессу вычисления необходимо подключить меры защиты информации на этапах жизненного цикла, да, настоящие рассматриваемые стандарты позволяют производить оценки соответствия и без этапов жизненного цикла автоматизированной системы, но с ними оценка будет более точной.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 57580.1-2017 Безопасность финансовых (банковских) операций. Защита информации финансовых организаций. Базовый состав организационных и технических мер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200146534 (дата обращения: 10.11.2021).
2. ГОСТ Р 57580.2-2018 Безопасность финансовых (банковских) операций. Защита информации финансовых организаций. Методика оценки соответствия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200158801 (дата обращения: 10.11.2021).
3. ГК РФ Статья 857. Банковская тайна от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022).
4. ГК РФ Статья 857. Банковская тайна от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022).

УДК 004.891.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДА БЕЗОПАСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ КАТЕГОРИИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ДИАГНОЗОВ

Керимбай А.

Научный руководитель – Коржук В.М., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий

akerimbai@itmo.ru

Ключевые слова

Целостность, специальная категория персональных данных, информационные системы, распознавание речи, медицинская информационная система.

В настоящее время в России рынок программных продуктов для медицины и здравоохранения переживает резкий скачок и сильно разрастается. Средний размер рынка достигает отметки в 4 млрд. руб. в год. Требования государства к информатизации системы здравоохранения постоянно растут. Начиная с 2016 года, вышло уже три федеральных проекта, направленных на введение информационных технологий в сферу медицины.

В настоящее время введение в эксплуатацию медицинских информационных систем не происходит так же бурно, как было описано в проектах. Современный врач все еще неразделим с давно устаревшими материальными носителями информации и им приходится затрачивать большую часть рабочего времени на заполнение медицинских карт пациентов, истории болезней и описание хода лечения пациентов. Кроме того, врачи не единственный персонал, который обременен устаревшими методами работы. Операторы, которые целый день обрабатывают звонки пациентов и ограничены в количестве ответов за рабочий день из-за человеческого ресурса отдела связи. Пациентам, в свою очередь, это приносит трудности и оставляет их неудовлетворенными системой здравоохранения. К таким трудностям мы можем отнести: долгие ожидания на горячей линии, многочасовые очереди, конфликты в обмене информации о пациенте между врачами, а также утери физических копий медицинских карт. Все эти факторы не дают медицинским учреждениям помогать каждому человеку, которому нужна помощь, вовремя. Время же является важнейшим ресурсом при лечении человека. Информационные системы в наши дни позволяют хранить и обрабатывать огромное количество информации в кратчайшие сроки, тем самым позволяя проводить анализ на основе определенных исходных данных и способны заменять специалистов узкого профиля в проблемных ситуациях. Базируясь на знаниях экспертов, система может стать подспорьем для врачей выдавая различные клинические ситуации, характерные для тех или иных диагнозов и составляющая свой собственный диагноз, при этом оставляя за врачом финальное решение для лечения пациента. Медицинская карта, содержащая информацию о пациенте, будет храниться и передаваться между каждым врачом, который участвует в лечении пациента. Это значит информация, содержащаяся в ней, не должна быть изменена или утеряна в процессе лечения, ведь это может критически повлиять на дальнейшее лечение человека.

Соответственно, целью работы является повышение уровня целостности при автоматизированной обработке специальной категории персональных данных с сохранением семантического смысла при формировании диагноза.

В первой главе были проанализированы все основные требования для работы со специальной категорией персональных данных. Кроме того, разработана модель угроз для разрабатываемой медицинской информационной системы, которая послужит основой для оценки результативности метода хранения и обработки персональных данных.

Во второй главе были проанализированы все основные требования для работы со специальной категорией персональных данных. Кроме того, разработана модель угроз для

разрабатываемой медицинской информационной системы, которая послужит основой для оценки результативности метода хранения и обработки персональных данных. Проведя исследование, были отобраны семь популярных систем с открытым кодом: HTK, CMU Sphinx, Silero, iAtros, Kaldi, Julius, RWTH ASR.

В нашей работе будет использоваться смешанный метод, совмещающий в себе методы изменения семантики и декомпозиции данных. Метод декомпозиции данных будет реализован в системе посредством разделения электронной медицинской карты на две части- персональные данные и история болезни и лечения пациента. Обе части будут храниться раздельно и двумя разными способами. Первая часть, хранящая персональные данные будет зашифрована, в то время как вторая часть будет храниться в открытом виде как медицинский архив с методами лечения тех или иных заболеваний.

Метод обезличивания должен быть обратимым и сохранять семантическую целостность данных. Для обеспечения этих свойств был выбран метод симметричного блочного шифрования «Кузнечик», согласно рекомендации ФСБ, из ГОСТ Р 34.12–2015. Данный метод выбран как замена импортным методам шифрования и согласно рекомендациям, имеет высокую криптостойкость.

В третьей главе были проведены эксперименты. Для их проведения был собран датасет из 600 аудио дорожек с данными, которые используются для заполнения электронных медицинских карт. После проведения каждого этапа происходит проверка целостности каждого элемента и подсчитывается общее количество потерянной формации на протяжении всех этапов. В результате анализа экспериментов была доказана эффективность метода.

В ходе данной работы были проанализированы медицинские информационные системы, а также проанализированы актуальные угрозы на данные системы по классификации ФСТЭК. Также проанализированы нормативно-правовые аспекты обработки специальной категории персональных данных. Была описана информационная система, в которой будет циркулировать специальная категория персональных данных и на основе которой велась работа. Сравнительный анализ систем распознавания речи позволил воссоздать модуль, имитирующий работу электронного оператора в данной системе. Кроме того, были проанализированы требования по обезличиванию специальной категории персональных данных и предложен комбинированный метод обезличивания информации. Были описаны методы аутентификации участников работы медицинской информационной системы. В результате анализа алгоритма были выявлены уязвимости, допускающие нарушение целостности информации. На основании уязвимостей был разработан метод по сохранению целостности информации с сохранением семантики. В результате анализа экспериментов была доказана эффективность метода, посредством увеличения целостности информации на 13%.

УДК 004.8

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КЛОНИРОВАНИЯ ГОЛОСА ПРИ ПРИСУТСТВИИ МУЗЫКАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Козлов М.А.

Научный руководитель – Менщиков А.А., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления, директор учебно-практического центра - Киберполигон

maksim.aleksandr2000@mail.ru

Ключевые слова
Вокал, дипфейк, клонирование голоса, музыкальные произведения.

С развитием технологий глубинного машинного обучения развивается и направление фальсификации личности, так называемые дипфейк-технологии. Большая часть таких инцидентов происходит из-за человеческого фактора. Например, сотрудник банка в ОАЭ перевел 35 миллионов долларов мошеннику, клонировавшему речь директора компании. Начиная с 2019 разрабатываются методы борьбы с ними. Популярность дипфейк-технологий породила разновидность дипфейков, при которых клонируется голос музыкального исполнителя и подставляется музыкальное сопровождение. Подобная махинация ведёт к тому, что появляется шум, и отличить поддельный голос от оригинального становится сложнее даже с использованием обученных на высококачественных звуковых файлах моделей машинного обучения. В 2020 исполнитель Jay-Z подал иск на видео, в которых он исполнял чужую песню и монолог Гамлета. Дело оказалось проигрышным [1]. Однако подобные случаи до появления синтезированной речи также имели дело: в 1993 Том Уэйтс получил возмещение за использование песни в исполнении его двойника в рекламе чипсов [2]. Актуальность исследования определяется возникшим объективным противоречием между возможностью использовать технологии клонирования голоса для подражания музыкальным исполнителям и необходимостью выявления подобного подражания в условиях наличия музыкального сопровождения.

В процессе разработки метода использовались следующие утилиты: для получения стема вокала Spleeter 2020 года и Demucs и KUIELab 2021 [3–5], для детектирования непосредственно клонирования голоса в стеме вокала – resemblyzer 2020 года. В качестве данных клонированной речи использовались композиции с YouTube-канала 30 Hertz, с клонированным голосом исполнителя Eminem и композиции, созданные с помощью OpenAI Jukebox с голосом Фрэнка Синатры.

Для оценки результатов работы распознавания клонированной речи я проводил эксперименты с разными сочетаниями используемых утилит. Сначала я обрабатывал данные только с помощью простейшей сверточной нейронной сети. Все композиции, в том числе и клонированные, были оценены, как настоящие. Для сравнения я провёл эксперимент с моделью без обработки голоса, в котором все данные оказались также выше условного порогового значения. Из чего сделан вывод о недостаточности использования только утилиты Spleeter. Для улучшения работы утилиты распознавания голоса помимо использования свёрточной нейронной сети для разделения голоса я решил предварительно использовать только отрывки песен с непосредственно голосом исполнителя. Количество фейковых отрывков было увеличено до десяти, что также сбалансировало количество действительных и ложных данных, и метод определил четыре из них. Однако две настоящие песни также были определены как клонированные. В доказательство необходимости разделения голоса от сопровождения я проверил метод без разделения на отрывках песен, который с задачей совсем

не справился: пять ложных срабатываний на три действительных. Далее я использовал метод с разделением голоса с помощью гибридной сверточной нейронной сети с разделением по спектрограммам и формам волны (Demucs) на отрывках песен. Было определено три ложных отрывка, однако два из которых принадлежат одной песни.

На рисунке 1 представлен метод с использованием другой гибридной сверточной нейронной сети KUIELab. В результате её работы шесть из десяти ложных отрывков были определены ниже пороговой линии, тем временем ни одна настоящая песня не была определена ложно.

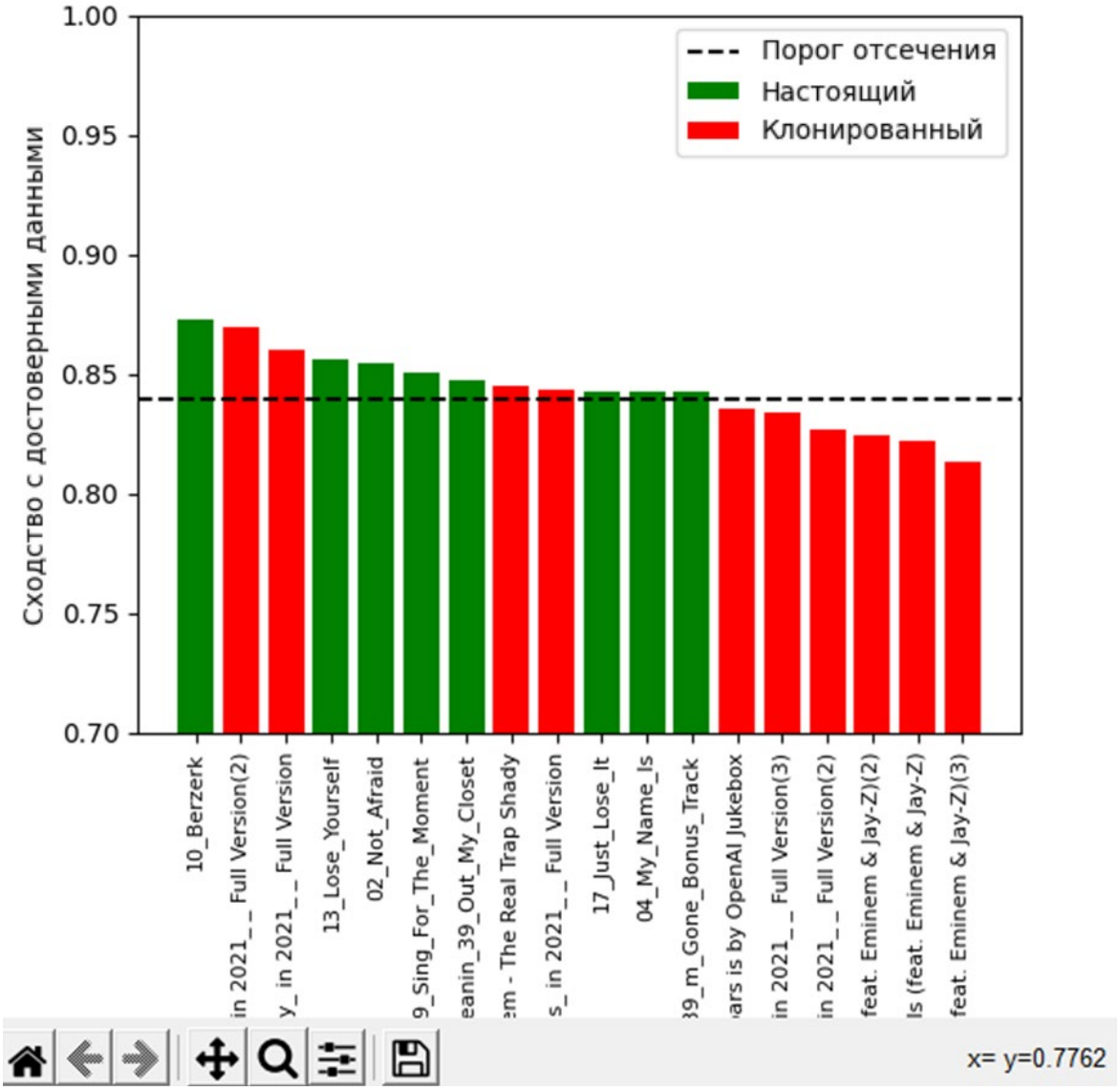


Рис. 1 – Результат работы модели, предобработанной с помощью KUIELab-MDX-Net и FFmpeg

Далее проходила проверка работы методов для определения голоса Фрэнка Синатра. Лучше всего себя показал метод с использованием первой гибридной сверточной нейронной сети, обнаружив 3 из 4 ложных композиций, и последнюю поставив достаточно близко к пороговой линии и заметно ниже настоящих песен, результат данного метода показан на рисунке 2.

В результате разработанный метод детектирует клонированный голос при присутствии музыкального сопровождения с точностью более 70%. Направления дальнейшего развития: использование метода для распознавания голоса при зашумлении, улучшение метода с помощью обнаружения индивидуальных особенностей поющего голоса.

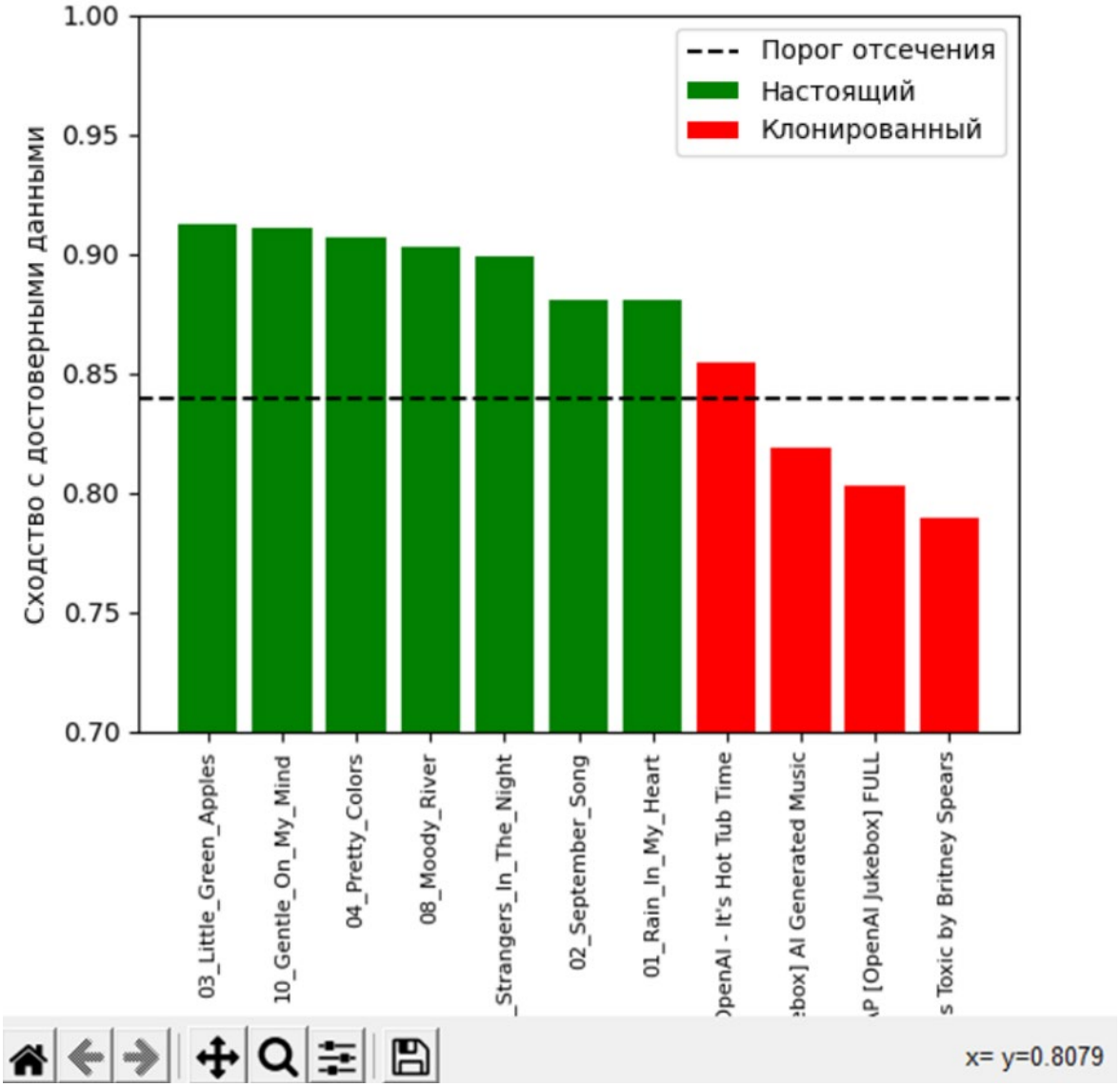


Рис. 2 – Результат работы модели, предобработанной с помощью Demucs и FFmpeg

Список использованных источников

1. With questionable copyright claim, Jay-Z orders deepfake audio parodies off YouTube. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://waxy.org/2020/04/jay-z-orders-deepfake-audio-parodies-off-youtube/ (дата обращения: 12.04.2022).
2. TOM WAITS v. FRITO-LAY, INC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://law2.umkc.edu/faculty/projects/ftrials/communications/waits.html (дата обращения: 12.04.2022).
3. Opensource Project Spleeter. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://research.deezer.com/projects/spleeter.html (дата обращения: 05.05.2022).
4. Hybrid Spectrogram and Waveform Source Separation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2111.03600 (дата обращения: 05.05.2022).
5. KUIELAB-MDX-NET. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ws-choi.github.io/personal/presentations/slide/2021-08-21-aicrowd (дата обращения: 05.05.2022).

УДК 004.056.5

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-САЙТОВ НА НАЛИЧИЕ УЯЗВИМОСТИ ТИПА SSTI

Корчагин В.А.

Научный руководитель – Коржук В.М., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий

vladko312@gmail.com

Ключевые слова

Тестирование на проникновение, пентест, penetration testing, pentest, web-сайты, web-приложения, шаблонизаторы, CWE-1336, SSTI, Server-Side Template Injection, внедрение кода, RCE, автоматизированное тестирование, Tplmap, SSTImap.

Уязвимости внедрения кода в шаблон на стороне сервера (англ. Server-Side Template Injection, SSTI) относятся к категории CWE-1336 и являются критическими угрозами для целостности, доступности и конфиденциальности информации web-приложений [1]. Из-за большого количества шаблонизаторов, требующих различные полезные нагрузки для обнаружения уязвимости, ручное тестирование не является эффективным. Несмотря на это, для полноценного автоматизированного тестирования существует всего один инструмент, основанный на докладе 2015 года (Tplmap), который больше не поддерживается автором, не имеет полезных нагрузок для актуальных версий шаблонизаторов, не соответствует современным представлениям о средствах тестирования и не может выполняться на актуальной версии интерпретатора Python 3.10 [2,3]. Разрабатываемое в рамках данной работы средство тестирования исправляет данные проблемы имеющегося решения, добавляя интерактивный режим для повышения эффективности автоматизированного тестирования web-приложений на наличие SSTI и их эксплуатации.

Для выполнения поставленной задачи были проанализированы три современных инструмента для тестирования других типов уязвимостей, что позволило определить критерии, которыми должен обладать разрабатываемый инструмент. Помимо возможности запуска на актуальных версиях операционных систем и наличия возможностей тестирования актуальных уязвимостей, к данным критериям были отнесены наличие интерактивного режима и интуитивной цветовой схемы. В качестве основы для разработки был выбран исходный код Tplmap, опубликованный по GNU General Public License v3.0, что позволяет выпустить полученную программу по той же лицензии. Весь код был переписан на Python 3.10 с поддержкой Python 3.6 и выше. Программа получила название SSTImap, а сообщения теперь помечаются одним из трёх цветов с двумя вариантами яркости, что позволяет быстрее анализировать результаты выполнения. Было добавлено предупреждение о незаконности тестирования сайта без разрешения его владельца. Для разработки интерактивного режима применялась библиотека cmd, уже используемая в проекте для интерактивных абстракций эксплуатации. Добавление интерактивного режима, представленного на рисунке, позволило проводить более сложные сценарии эксплуатации, переключаясь между режимами абстракции без необходимости перезапуска тестирования. Другим преимуществом интерактивного режима является возможность быстрого изменения конкретных настроек при сохранении всех остальных параметров. Помимо интерактивного режима была добавлены возможности проверки SSL и рандомизации User-Agent, а также абстракция эксплуатации вычисления функций базового языка, что также увеличило возможности тестирования. Для эксплуатации актуальных версий шаблонизатора Smarty была добавлена новая полезная нагрузка, основанная на конструкции {if}{/if}, что позволило получать все уровни абстракции, включая удалённое выполнение команд операционной системы (англ. Remote Code Execution, RCE) [4].

Рисунок – Интерактивный режим разрабатываемой версии SSTImap

В результате выполнения работы был создан актуальный инструмент автоматизированного тестирования, имеющий интерактивный режим и интуитивную цветовую схему, который позволяет проводить тестирование современных версий шаблонизаторов. Полученную программу можно использовать на практике для автоматизированного тестирования web-приложений на наличие уязвимостей категории SSTI. В рамках дальнейшего развития программы возможно добавление полезных нагрузок под другие шаблонизаторы, а также расширение функционала для упрощения тестирования.

Список использованных источников

1. CWE-1336: Improper Neutralization of Special Elements Used in a Template Engine. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cwe.mitre.org/data/definitions/1336.html (дата обращения: 12.03.2022).
2. Tplmap. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/epinna/tplmap (дата обращения: 07.03.2022).
3. Kettle J. Server-Side Template Injection: RCE for the modern webapp // Black Hat USA. – 2015.
4. Smarty SSTI. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.programmersought.com/article/30705983822/ (дата обращения: 13.05.2022).

УДК 623.746.519, 004.85

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОМ

Косарева Е.А.

Научный руководитель – Шаветов С.В., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники, заместитель декана факультета систем управления и робототехники

ksrve@mail.ru

Ключевые слова

БПЛА, квадрокоптер, машинное обучение, автоматическое управление, трансформеры, обучение с подкреплением, искусственный интеллект, мобильные киберфизические системы.

Технологии в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) быстро развиваются, а степень автономности становится все выше. Однако существует ряд проблем, с которыми сталкивается данный вид устройств. Неисправности очень дороги для каждого промышленного предприятия, поскольку они требует последующего ремонта устройства, а также порождают периоды остановки всего производственного процесса с последующей потерей прибыли.

Подобная картина ставит новые требования к разработке и применению подходов к диагностике неисправностей, которые будут способствовать своевременному и точному обнаружению и изоляции неисправностей как на уровне датчиков, так и на уровне исполнительных механизмов БПЛА. В данной работе рассматривается проблема проблемы отказа двигателя БПЛА во время полета. Решение данной задачи требует наличия системы управления квадрокоптером, состоящей из модуля обнаружения отказа двигателя и модуля адаптивного управления для стабилизации БПЛА.

Рассмотрим задачу обнаружения неисправности двигателя БПЛА, как задачу выявления аномалии в наборе данных. Причем данная задача должна решаться в реальном времени, чтобы квадрокоптер успел стабилизироваться, не упав на землю. Дается временной ряд $X = \{x_1, x_2, \dots, x_t\}$, где каждая точка $x_t \in R$ во временном ряду является вектором, который представляет входные данные. Задача классификации временных рядов состоит в поиске как можно более точного отображения $f: X \to 1,2, \dots, N$, которое принимает на вход временной ряд X и ставит ему в соответствие один из N классов.

Трансформеры являются популярными моделями глубокого обучения, которые используются в различных задачах обработки естественного языка и компьютерного зрения [1]. В одной из последних работ [2] предложена модель усовершенствованного трансформера для решения задачи поиска аномалий во многомерных временных рядах – TranAD. Данная модель показывает отличные результаты по метрикам качества модели и времени обучения по сравнению с классическими подходами на основе рекуррентных и сверточных сетей.

Чтобы смоделировать зависимость точки данных x_t от временной метки t. будем рассматривать локальное контекстуальное окно длины K как $W_t = \{x_t - K + 1, \dots, x_t\}$. Преобразуем входной временной ряд T в последовательность скользящих окон $W = \{W_1, \dots, W_t\}$. Также рассмотрим срез времени до текущей временной метки t серии T и обозначим его как C_t.Теперь, вместо прямого предсказания метки аномалии y_t для каждого входного окна Wt W_t сначала будет предсказываться оценка аномалии S_t для этого окна. Используя оценки аномалий для прошлых входных окон, вычисляется пороговое значение D, при превышении которого входное окно помечается как, $y_t = 1(s_t \geq D)$.

Как и другие модели кодеров-декодеров, в трансформаторе входная последовательность подвергается нескольким преобразованиям, основанным на внимании. На рисунке 1 показана архитектура нейронной сети, используемой в TranAD. Кодер кодирует полную последовательность до текущей временной метки C с оценкой внимания. Кодер окна использует это для создания кодированного представления входного окна W, которое затем передается двум декодерам для создания его реконструкции.

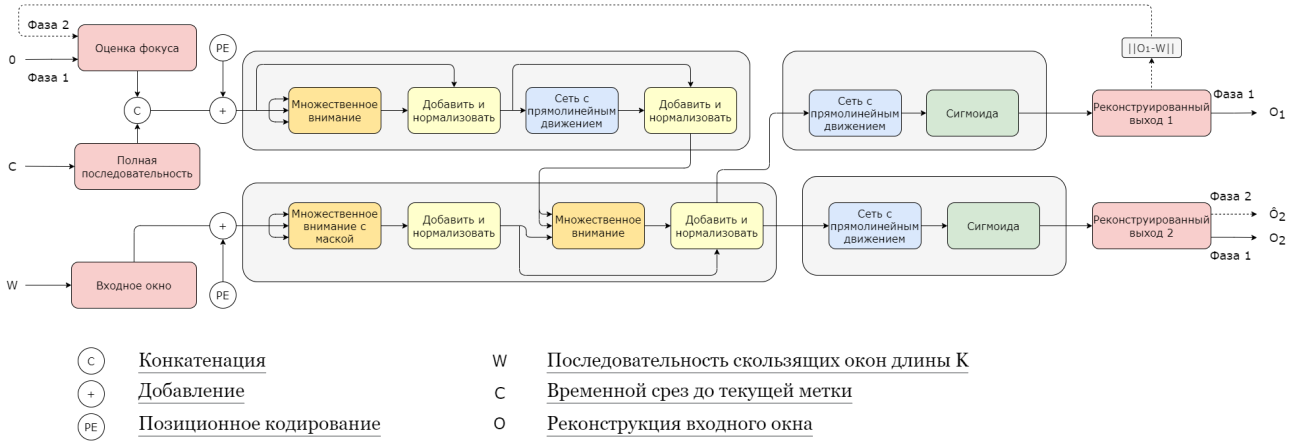


Рис. 1 – Архитектура модели TranAD

Для обучения модели TransAD используем оптимизатор AdamW с начальной скоростью обучения μ = 0,001 (для мета-обучения скорость обучения будет составлять μ = 0,02) и пошаговым планировщиком скорости обучения с размером шага ρ = 0,5. Также были исопльзованы следующие гиперпараметры: размер окна – 100, количество слоев в энкодерах – 1, скрытые единицы в слоях энкодеров – 64, коэффициеент исключения – 0.1, количество головок множественного внимания – 18, количество эпох – 100.

В качестве входного вектора были использованы девять элементов матрицы вращения R_b для представления вращения, а остальные состояния представлены положением, линейной и угловой скоростями системы. Данные были собраны по результатам 1000 симуляция с траекториями по пять секунд. Первые 200 итераций не использовались в наборе данных, так как в этот момент квадрокоптер инициализировался. Данные были классифицированы на пять классов: 0 – все функционирующие двигатели, 1 – первый двигатель не функционирует, 2 – второй двигатель не функционирует, 3 - третий двигатель не функционирует, 4 - четвертый двигатель не функционирует. Нумерация двигателей производилась по часовой стрелке, начиная с правого верхнего двигателя.

Для обучения TranAD обучающий временной ряд был разделен на 80% обучающих данных (training) и 20% проверочных данных (validation). Чтобы избежать переобучения модели, используем критерий ранней остановки, т.е. процесс обучения будет остановлен, как только точность проверки начинает снижаться. На рисунке 2 представлен процесс обучения модели. Для оценки производительности модели используем метрики: точность (precision), полнота, F1-мера и площадь под кривой ROC-AUC в качестве метрики производительности, которые указаны в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики обученной модели

	Метрика			
	Точность	**Полнота**	**F-1 мера**	**ROC-AUC**
TranAD	0.940	1.0	0.9691	0.9837

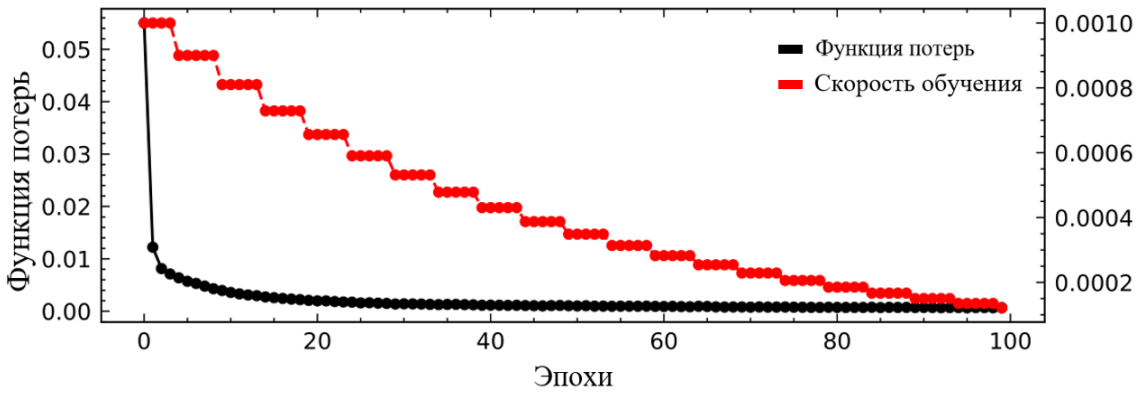


Рис. 2 – График функции потерь и скорости обучения

В качестве алгоритма стабилизации квадрокоптера был выбран относительно новый подход – машинное обучение с подкреплением, которое показало высокую эффективность в управлении. Обучение с подкреплением – это из способов машинного обучения, в ходе которого испытуемая система (агент) обучается, взаимодействуя с некоторой средой. Откликом на принятые решения являются сигналы подкрепления или награда.

В поисках наиболее стабильного управления для БПЛА последние исследователи сосредоточились на использовании алгоритмов глубокого обучения с подкреплением для достижения этой цели. Важно подчеркнуть, что для достижения этой цели стоит рассматривать безмодельные подходы, основанные на стратегии. Для обучения в непрерывном пространстве действий существует несколько градиентных алгоритмов политики без модели, таких как Trust Region Policy Optimization (TRPO), Deep Deterministic Policy Gradients (DDPG), Proximal Policy Optimization (PPO). Методы PPO значительно проще в реализации, и эмпирически кажется, что они работают по крайней мере так же хорошо или даже лучше, чем TRPO и DDPG [3], поэтому в данной работе был использован именно этот алгоритм (алгоритм 1).

Алгоритм 1

Proximal Policy Optimization Clip

Вход: начальные параметры политикиθ_0, параметры целевой функции φ_0

for k = 0, 1, 2, … до сходимости

Собрать набор траекторий $\mathcal{D}_k = \tau_i$ в результате политики $\pi_k = \pi(\theta_k)$ в среде симуляции.

Рассчитать вознаграждение $\hat{R}_t$

Рассчитать преимущество оценки $\hat{A}_t$ на основе текущего значения функции ценности$V_{\varphi k}$.

Обновить политику, максимизируя PPO-Clip целевой функции с помощью метода градиентного спуска:

$$\theta_{k+1} = \arg\max_{\theta} \frac{1}{|\mathrm{D}_k|T} \sum_{\tau \in \mathrm{D}_k} \sum_{t=0}^{T} \min\left(\frac{\pi_\theta(a \mid s)}{\pi_{\theta_k}(a \mid s)}, (1+\in) \right) A^{\pi_{\theta_k}}(s,a)$$

Установка функции ценности посредством регрессии на среднюю квадратичную ошибку с помощью метода градиентного спуска:

$$\varphi_{k+1} = \arg\min_{\theta} \frac{1}{|\mathrm{D}_k|T} \sum_{\tau \in \mathrm{D}_k} \sum_{t=0}^{T} \left(V_\varphi(s_t) - \hat{R}_t \right)^2$$

end for

Представим метод Proximal Policy Opitimization как метод актор-критик. Как следует из названия, для обучения используются две сети: актор (сеть политики) и критик (сеть ценности). Обе сети имеют состояние в качестве входного сигнала. На вход мы имеем 18-мерный вектор состояния и 4-мерный вектор действий. В двух сетях используются два скрытых слоя по 64 узла с активацией гиперболическим тангенсом.

Терминальная стоимость, то есть стоимость конца траектории движения, берется из текущей функции стоимости:

$$v_t = \sum_{i=t}^{T-1} \gamma^{i-1} r_i + \gamma^{T-t} V(s_T|\eta),$$

где η – параметры аппроксимированной функции стоимости функции, T – длина траектории, γ – коэффициент дисконтирования и r - вознаграждение, как указано ниже.

Отметим, что расчет потерь сети ценности используется функция потерь Хьюбера, вместо функции квадратичной ошибки, а для сети политики используется стандартный градиентный спуск. Функция ценности $V(s|\eta)$ обучается с помощью выборок Монте-Карло (MC), полученных из траектории политики.

Задача в данной работе сосредоточена в отслеживании путевых точек с помощью квадрокоптера без генерации траектории. Кроме того, требуется стабилизировать систему в любой конфигурации, когда это физически возможно. В работе используется ПД-регулятор для стабилизации процесса обучения в следующей форме:

$$\tau_b = k_p R^T q + k_d R^T \omega,$$

где τ_b – виртуальный крутящий момент, возникающий на теле в результате действия сил тяги, q и R – ориентация квадрокоптера в форме вектора Эйлера и матрицы вращения соответственно, а ω - угловая скорость.

Награда определяется как

$$r_t = 0.004\|p_t\| + 0.0002\|a_t\| + 0.0003\|\omega_t\| + 0.0005\|v_t\|,$$

где p_t, ω_t и v_t - положение, угловая скорость и линейные скорости соответственно. Угол между вертикальной осью квадрокоптера и осью z инерциальной системы равен a_t. Только позиция имеет высокий коэффициент, поскольку это то, о чем мы больше всего заботимся. Оставшиеся коэффициенты устанавливаются таким образом, чтобы остальные затраты имели примерно одну десятую от величины ошибки положения.

Тестирование работы алгоритма управления квадрокоптером проходило по сценарию, описанному ниже. Квадрокоптер поднимался на высоту пять метров, далее он совершал полет в произвольно выбранные точки по осям x, y или z.

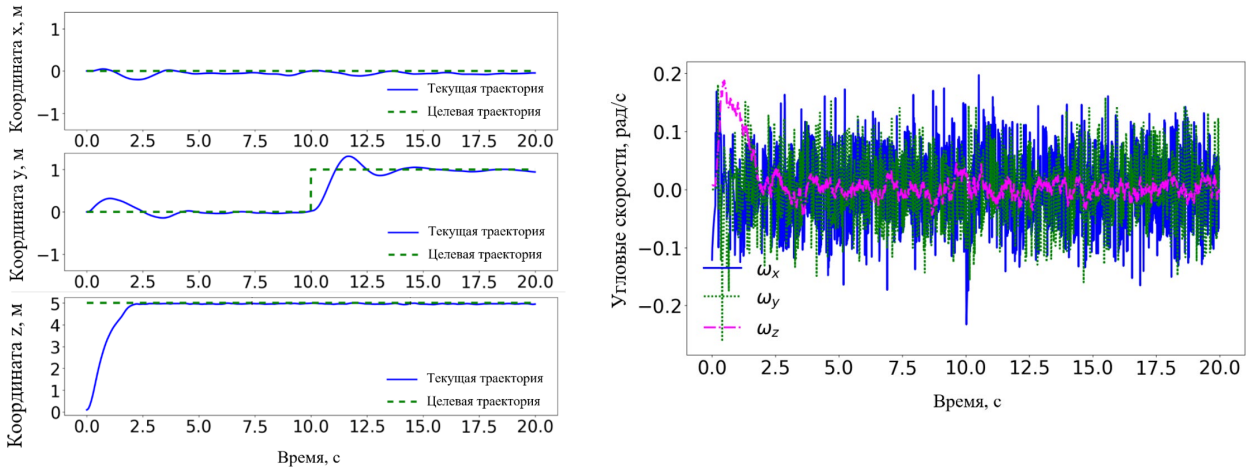
Случай 1

Все двигатели функционируют. Как видно из рисунка 3, политика способна отслеживать путевую точку, сохраняя стабильность квадрокоптера с угловыми скоростями, близкими к нулю.

Случай 2

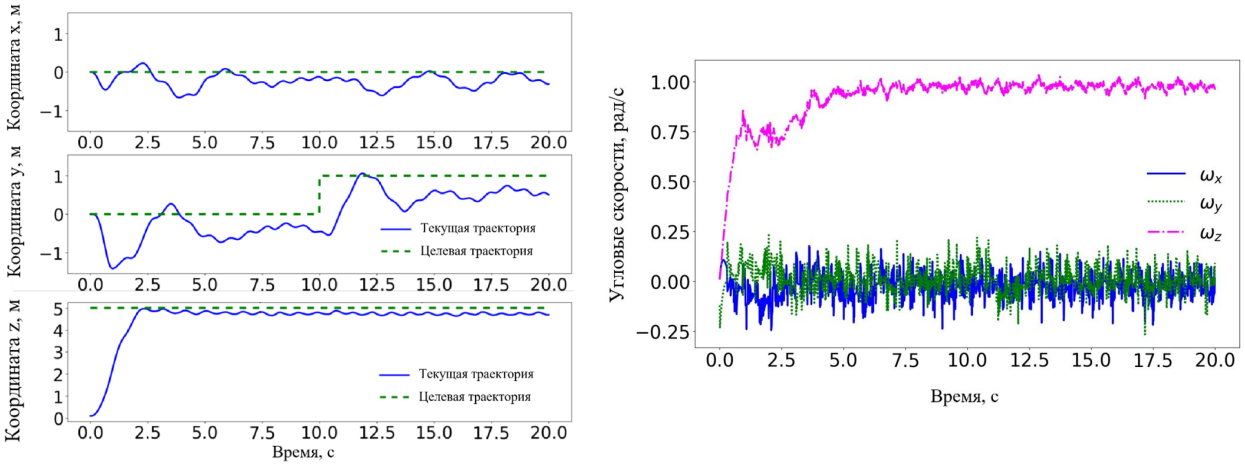
Один из двигателей не функционирует. Политика также способна отслеживать путевую точку, сохраняя стабильность квадрокоптера, однако ошибка отслеживание больше, чем для квадрокоптера со всеми функционирующими двигателями (рис.4).

Тестирование работы комбинированной системы проходило по сценарию, описанному ниже. Квадрокоптер поднимался на высоту 5 метров, далее он совершал полет в произвольно выбранные точки по осям x, y или z. Через 10 секунд после начала траектории один из двигателей выключался, далее комбинированная система обнаруживала отказ и применяла управление (рис.5).



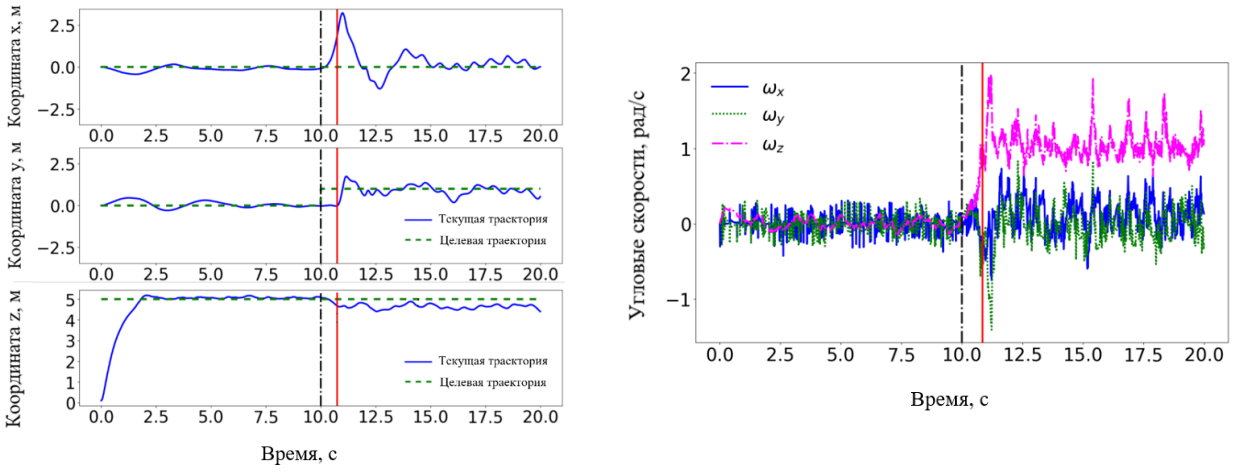
а б

Рис. 3 – Управление квадрокоптером при функционировании всех двигателей: а) координаты по осям, б) угловые скорости по осям



а б

Рис. 4 – Управление квадрокоптером при функционировании трех двигателей: а) координаты по осям, б) угловые скорости по осям



а б

Рис. 5 – Демонстрация работы комбинированной системы: а) координаты по осям, б) угловые скорости по осям

Система обнаружения неисправности идентифицирует отказавший двигатель и переключается на соответствующий агент управления. Две вертикальные линии на графиках представляют фактическое время, когда двигатель отказал, и время, когда неисправность была обнаружена, соответственно. Среднее время обнаружения отказа для десяти запусков, происходящими на случайных временных интервалах, составило 0,66 секунды.

Далее для оценки работоспособности системы был произведен замер метрики отказа квадрокоптера. В данной работе условием отказа квадрокоптера является всякий раз, когда он ударяется о землю или же вылетает за пределы полусферы радиусом $r = h + 0.3h$, где h – высота квадрокоптера в момент отказа. Интенсивность отказов регистрируется по результатам ста запусков со случайной инициализацией положения, линейной и угловой скоростей (табл.2).

Таблица 2

Коэффициент отказа квадрокоптера

	Высота квадрокоптера, м					
	0.5	**0.8**	**1.1**	**1.4**	**1.7**	**2**
Коэффициент отказа	1	0.93	0.65	0.53	0.32	0.15

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были исследованы существующие решения для проблемы отказа двигателя. В качестве подхода для решения задачи обнаружения неисправности квадрокоптера была выбрана группа моделей машинного обучения, трансформеры. Для решения задачи управления квадрокоптером после отказа двигателя была выбрана группа методов на основе машинного обучения с подкреплением.

В данной работе была предложена система для обнаружения и контроля отказов одного из двигателей квадрокоптера в середине полета. Во-первых, было показано, что обучение с подкреплением успешно справляется с управлением и стабилизацией квадрокоптера в случае 4 и 3 функционирующих двигателей. Во-вторых, была разработана системы обнаружения отказа двигателя, которая может найти аномалию в данных со стандартных датчиков БПЛА во время полета и переключиться на соответствующий контроллер. Этот метод требует только предыдущие состояния квадрокоптера и способен обнаружить неисправность двигателя в течение одной секунды, тем самым устраняя необходимость обслуживания любого дополнительного сенсорного оборудования на квадрокоптере.

Список использованных источников

1. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – V.0. – Pp. 6000–6010.
2. Tuli S., Casale G., Jennings N.R. TranAD: Deep Transformer Networks for Anomaly Detection in Multivariate Time Series Data //arXiv preprint arXiv:2201.07284. – 2022.
3. Dally K. Deep Reinforcement Learning for Flight Control: Fault-Tolerant Control for the PH-LAB. – 2021.

УДК 004.056.57

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРИОРИТЕЗАЦИИ УСТРАНЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Пепоян И.А.

Научный руководитель – Менщиков А.А., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления, директор учебно-практического центра - Киберполигон

nnjolgpo@yandex.ru

Ключевые слова

Программное обеспечение, уязвимости, защищённость, компьютерные атаки, приоритезация.

На сегодняшний день вопрос об обеспечении безопасности важен не только при организации защиты информации, но и при разработке защищённого программного обеспечения. В целях минимизации рисков организации, занимающиеся созданием различных программных решений, должны проверять свои продукты на предмет наличия уязвимостей, составляющих потенциальную опасность вызова инцидентов информационной безопасности. Для правильной организации – в частности выделения соответствующих ресурсов – устранения этих уязвимостей требуется некоторый механизм их приоритезации. В составе классификации CWE [1], преимущественной используемой для поиска уязвимостей именно в программном обеспечении, уже имеется общедоступная система оценки угроз – CWSS [2]. Система учитывает большое количество факторов – от распространённости уязвимости до её технического воздействия. Справедливо отметить, что всех этих факторов должно быть достаточно для адекватной оценки критичности угроз, но также стоит заметить, что часто атаки злоумышленников подразумевают собой эксплуатацию не одной, а целого ряда различных уязвимостей, которые в совокупности представляют собой сравнительно большую угрозу, чем если бы эти же уязвимости рассматривались индивидуально. Именно этот фактор лежит в основе разработанного механизма приоритезации уязвимостей – оценка угроз не по их индивидуальным характеристикам, по их за действенности в реальных сценариях кибератак.

Главная цель работы – повысить защищённость программного обеспечения за счёт разработки алгоритма приоритезации уязвимостей по известным шаблонам компьютерных атак. Сам процесс приоритезации уязвимостей по шаблонам компьютерных атак происходит следующим образом:

- на вход подается путь к исходному коду анализируемого программного обеспечения, по которому проводится поиск CWE уязвимостей;
- каждая CWE уязвимость просматривается по CAPEC идентификаторам для определения шаблонов атак, в которых она участвует;
- при анализе найденных шаблонов атак получаются значения серьёзности и вероятности атаки;
- на основе полученных значений, а также количества найденных в шаблоне атаки CWE уязвимостей, происходит подсчёт рисков.

Блок-схема работы разработанного алгоритма представлена на рисунке 1.

Подсчёт рисков учитывает в себе тот фактор, что одна и та же CWE уязвимость может быть найдена одновременно в нескольких шаблонах атак. Поэтому в разработанном алгоритме используется ряд внутренних метрик, связанных с подсчётом рисков:

- риск по CWE – значение риска для индивидуальной CWE уязвимости в шаблоне атаки;
- риск по CAPEC – значение риска для индивидуального шаблона атаки по CAPEC, представляющий собой сумму всех относящихся к шаблону рисков по CWE;
- суммарный риск – сумма всех рисков по CAPEC.

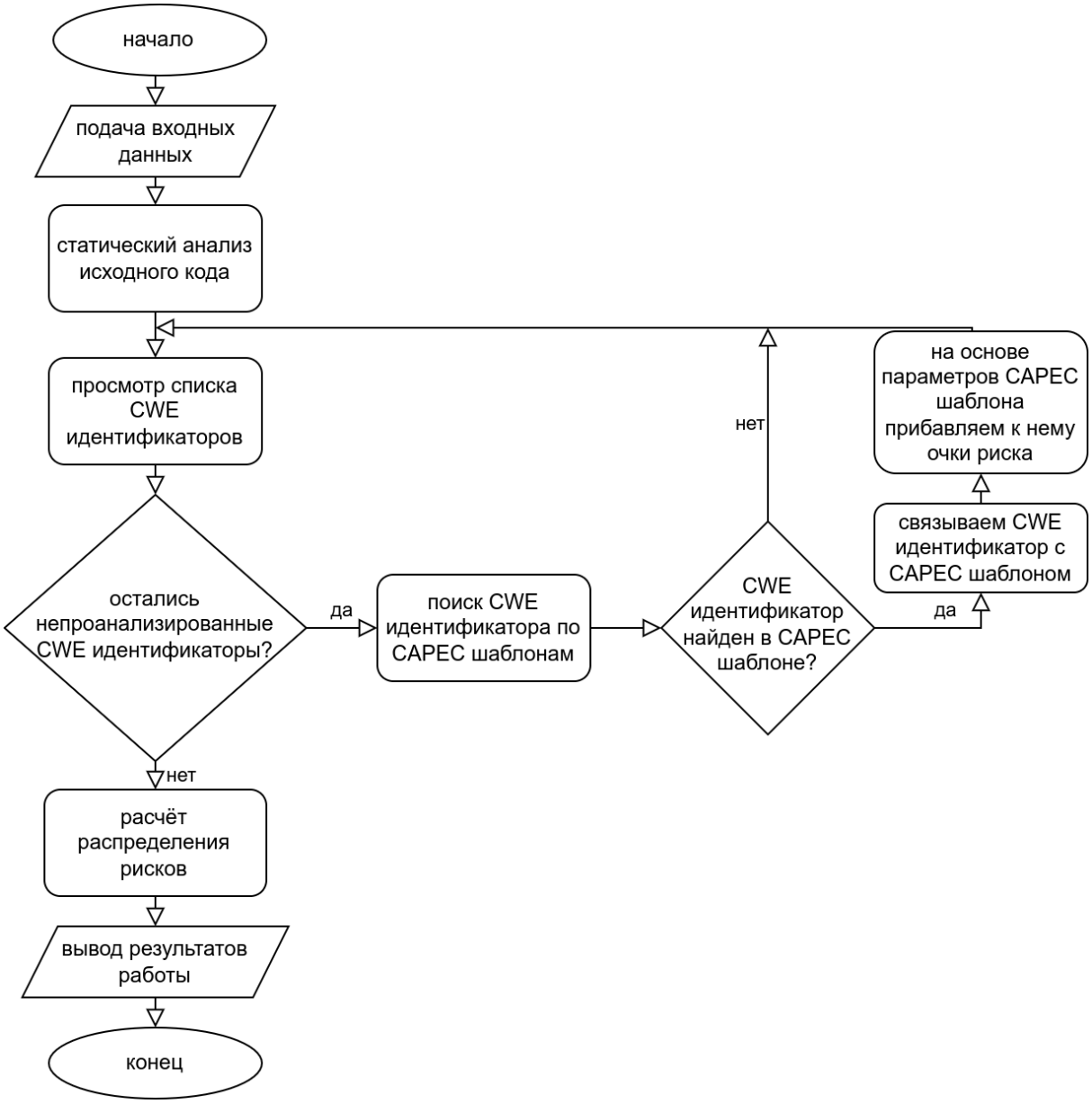


Рис. 1 – Блок-схема работы алгоритма

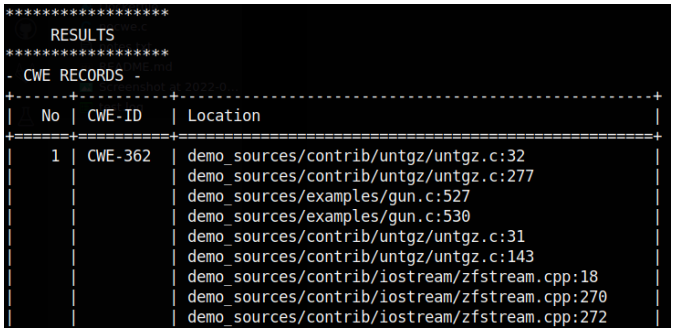
При окончании подсчётов рисков в результате работы алгоритма выдаются две ключевые записи:

- CWE Records – список всех выявленных при анализе исходного кода CWE уязвимостей;
- Prioritized CWE Records – список CWE уязвимостей, приоритезированных по известным шаблонам компьютерных атак.

Программная реализация алгоритма структурно состоит из следующих основных компонентов:

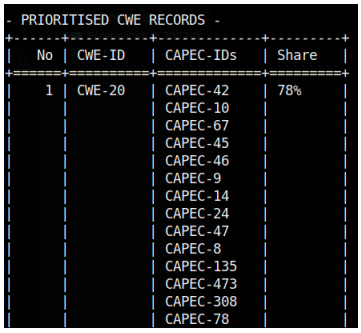
- валидатор входных данных;
- загрузчик шаблонов компьютерных атак из официального источника MITRE CTI;
- поисковик CWE идентификаторов по CAPEC шаблонам;
- механизм расчёта и распределения рисков.

На рисунке 2 изображена таблица с началом списка всех найденных в программном обеспечении CWE уязвимостей, а на рисунке 3 – начало списка уязвимостей, приоритезированных по шаблонам компьютерных атак.



```
******************
    RESULTS
******************
- CWE RECORDS -
+------+----------+-------------------------------------------------+
|   No | CWE-ID   | Location                                        |
+======+==========+=================================================+
|    1 | CWE-362  | demo_sources/contrib/untgz/untgz.c:32           |
|      |          | demo_sources/contrib/untgz/untgz.c:277          |
|      |          | demo_sources/examples/gun.c:527                 |
|      |          | demo_sources/examples/gun.c:530                 |
|      |          | demo_sources/contrib/untgz/untgz.c:31           |
|      |          | demo_sources/contrib/untgz/untgz.c:143          |
|      |          | demo_sources/contrib/iostream/zfstream.cpp:18   |
|      |          | demo_sources/contrib/iostream/zfstream.cpp:270  |
|      |          | demo_sources/contrib/iostream/zfstream.cpp:272  |
```

Рис. 2 – Начало списка всех найденных уязвимостей



```
- PRIORITISED CWE RECORDS -
+------+----------+-------------+---------+
|   No | CWE-ID   | CAPEC-IDs   | Share   |
+======+==========+=============+=========+
|    1 | CWE-20   | CAPEC-42    | 78%     |
|      |          | CAPEC-10    |         |
|      |          | CAPEC-67    |         |
|      |          | CAPEC-45    |         |
|      |          | CAPEC-46    |         |
|      |          | CAPEC-9     |         |
|      |          | CAPEC-14    |         |
|      |          | CAPEC-24    |         |
|      |          | CAPEC-47    |         |
|      |          | CAPEC-8     |         |
|      |          | CAPEC-135   |         |
|      |          | CAPEC-473   |         |
|      |          | CAPEC-308   |         |
|      |          | CAPEC-78    |         |
```

Рис. 3 – Начало списка приоритезированных уязвимостей

Разработанный инструмент был опробован при анализе уязвимостей в различных C/C++ компонентах с открытым исходном кодом. Результаты проведения опытных испытаний приведены в таблице.

Таблица

Результаты испытаний утилиты на C/C++ компонентах

Название компонента	Количество выявленных уязвимостей	Количество выявленных уязвимостей по шаблонам атак	Разница
benchmark	10	7	30.0%
fmt	11	9	18.1%
googletest	11	8	27.3%
hiredis	8	7	12.5%
libzip	11	9	18.1%
nginx	13	9	30.7%
openssl	14	11	21.4%
pugixml	7	6	14.3%
redis	14	12	14.3%
sqlite	12	10	16.7%
thrift	13	8	38.4%
zlib	9	7	22.2%

По итогам проведенного исследования можно отметить, что с помощью шаблонов компьютерных атак можно определить логику и процесс развития атаки, а также степень потенциальных потерь, вызываемых действиями злоумышленников при эксплуатации программных уязвимостей. Разработанный алгоритм позволяет выделить программные уязвимости, которые могут быть применены в совершении компьютерных атак. Соответственно, устранение этих уязвимостей существенно сокращает вероятность успешного нападения злоумышленников, а это, в свою очередь, означает, что вместе с повышением защищённости программного обеспечения растёт и уровень информационной безопасности организаций и пользователей, напрямую или косвенно использующих это программное обеспечение в своих рабочих процессах.

Список использованных источников

1. About CWE. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cwe.mitre.org/about/documents.html (дата обращения: 13.03.2022).
2. Common Weakness Scoring System (CWSS). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cwe.mitre.org/cwss/cwss_v1.0.1.html (дата обращения: 13.03.2022).

УДК 535.015; 536.4843; 538.915; 62.71

ОПТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ С УЧАСТИЕМ ФОНОНОВ В ПРИСУТСТВИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ

Пиха Д.В.

Научный руководитель – Иванов А.В., кандидат физико-математических наук, доцент факультета фотоники, заведующий лабораторией центра "Информационные оптические технологии"

pikha01@mail.ru

Ключевые слова

Оптическое охлаждение, полупроводниковые гетероструктуры, электрон-фононное взаимодействие, электрическое поле, оптический переход.

В данной работе изучается наложение электрического поля перпендикулярно плоскости квантовых ям, образованных гетероструктурой GaAs/AlAs. Как следствие этого явления, в данной работе, основной вклад в изменение картины расположения энергетических уровней и полос поглощения вносит квантово-размерный эффект Штарка, который представляет собой смещение электронных уровней при наложении электрического поля. В следствии данного эффекта изменяется поглощение света полупроводником во внешнем электрическом поле. С точки зрения оптического охлаждения интересен факт появления переходов, частота которых меньше ширины запрещенной зоны данного полупроводника, соответственно меньше и их энергия. Если осуществить переход электронов из валентной зоны в зону проводимости в электрическом поле, а далее снять поле в течение времени жизни возбужденных уровней, то переходы электронов на более низкие энергетические уровни будут обладать большей средней энергией, чем переходы на более высокие уровни. А следовательно, будет достигнуто охлаждение.

Также вклад в величину охлаждения вносит электрон-фононное взаимодействие, которое происходит в том числе и во время нахождения электрона в зоне проводимости. Вследствии этих взаимодействий, как будет показано ниже, средняя энергия электрона возрастает, а соответственно, увеличивается величина энергии, отнятой от решетки во время высвечивания кванта света и перехода электрона обратно в валентную зону.

Поскольку многие из характеристик твердотельных оптических охладителей являются конкурентными по сравнению с другими видами охладителей, то исследование такого сравнительно нового механизма охлаждения, как лазерное охлаждение гетероструктур, является актуальным.

Для охлаждения полупроводниковых структур возможно применение нескольких методов, среди которых – оптические, термоэлектрические, опто-термоэлектрические, механические. Рассмотрим особенности этих методов.

Оптическое охлаждение реализовано в настоящее время, но оно осуществляется за счет антистоксовой флуоресценции. Этот подход теоретически возможен применительно к полупроводникам, но пока оно не наблюдалось на практике. Термоэлектрическое охлаждение используется для охлаждения полупроводников, но оно обладает некоторыми существенными недостатками – высокая минимально-достижимая температура, невысокий КПД, а также присутствует необходимость отводить тепло от нагревающейся стороны. Опто-термоэлектрический метод представляет собой некоторую комбинацию двух предыдущих рассмотренных методов, здесь излучение используется в качестве способа отвода теплоты от нагревающейся стороны в элементе Пельтье. Но при такой реализации некоторые другие недостатки термоэлектрических охладителей не являются решенными. Механическое охлаждение широко распространено в научных приложениях, быту и промышленности, но

также не лишено недостатков. Этот тип охлаждения представляет собой широкий комплекс методов, в большинстве из которых присутствуют следующие недостатки – наличие вибраций, не твердое агрегатное состояние рабочего тела, не всегда высокая надежность. Оптическое охлаждение лишено этих недостатков, и может применяться областях, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Список возможных областей применения твердотельных оптических охладителей и необходимые для этого характеристики (измененный рисунок из статьи [1])

Области применения	Преимущества ТОО	Требуемая температура
Высокоскоростные инфракрасные камеры	Отсутствие вибраций, высокая надежность, небольшая масса	<150 K
Наземные инфракрасные камеры	Высокая надежность	<150 K
Спутниковые системы	Отсутствие вибраций, высокая надежность, небольшая масса	<110 K
Германиевые гамма-спектрометры	Отсутствие вибраций	<110 K
Сверхстабильные лазерные резонаторы	Отсутствие вибраций	124 K
Электронная криомикроскопия	Отсутствие вибраций	<170 K
Малошумные усилители	Высокая надежность, небольшая масса	<170 K

Этот список, очевидно, не отражает всех возможных применений твердотельных оптических охладителей (ТОО). Также стоит отметить, что эффект охлаждения как ТОО в общем виде, так и варианте на основе гетероструктуры, с приложенным полем, в частности, может использоваться не как основной. К примеру, для расширения рабочего температурного диапазона устройств, основанных на гетероструктурах. Примерами таких применений являются различные оптические модуляторы и лазеры различных конструкций, а также возможность комбинации оптического охлаждения другим методом охлаждения [2].

Вероятность оптического перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости находилось с помощью золотого правила Ферми. Было показано, что она напрямую не зависит от изменяемых параметров системы гетероструктура – электрическое поле, но зависит от интеграла перекрытия огибающих волновых функций электрона и дырки в каждой из зон. Зависимости данного интеграла перекрытия от напряженности приложенного электрического поля и ширины квантовой ямы представлены на рисунка 1 и 2.

Сравнивая данные зависимости, можно сделать вывод, что интеграл перекрытия в обоих случаях уменьшается, но остается одного порядка величины. Однако для случая варьирования ширины квантовой ямы величина интеграла перекрытия уменьшается гораздо быстрее. Это связано с тем, что слой, в который локализованы носители заряда, уширяется, а следовательно, электрону и дырке легче разойтись на большее расстояние.

В данной ВКР было получено выражение для вклада электрон-фононного взаимодействия в величину охлаждения, рассчитана скорость электрон-фононного взаимодействия. Расчет происходил только для длинноволновых фононов, поскольку электрон под действием излучения накачки лазера переходит в точку высокой симметрии, точку Γ.

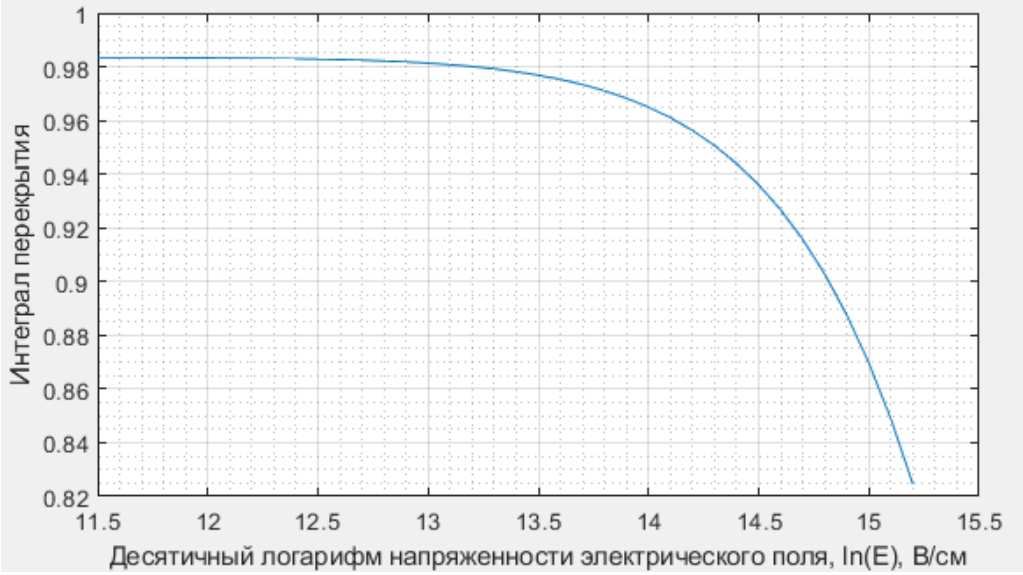


Рис. 1 – Зависимость скорости переходов от напряженности электрического поля

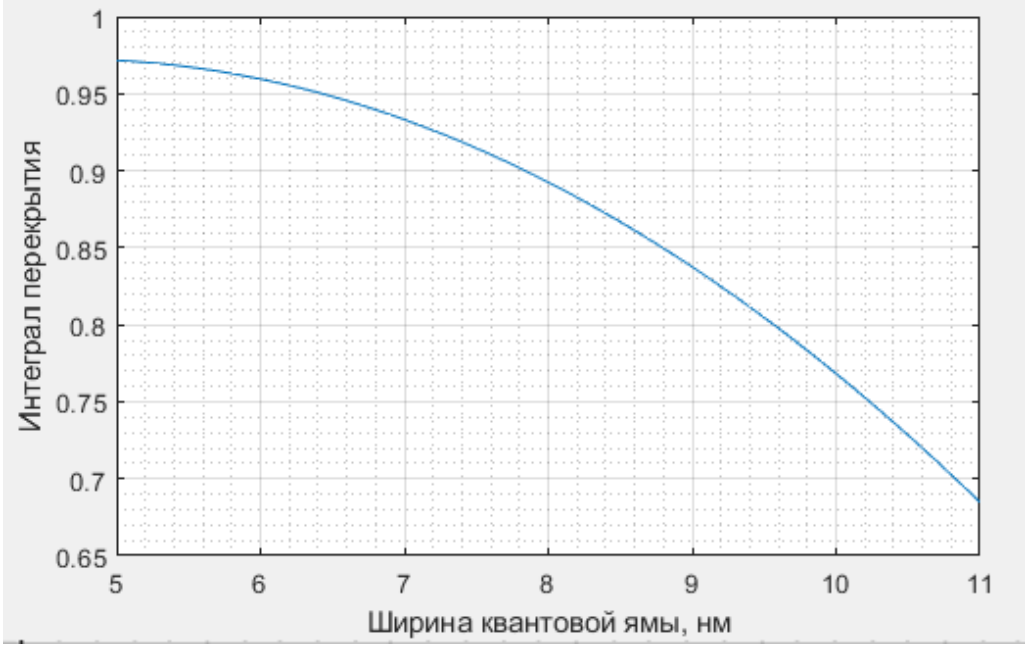


Рис. 2 – Зависимость скорости переходов от ширины квантовой ямы

Был разобран вклад электрострикции в происходящие процессы. Показано, что при наложении электрического поля гетероструктура изменяет свои геометрические размеры. Данное изменение размеров было представлено как колебания кристаллической решетки, которые были разложены на фононные моды. Взаимодействие электрона с этими фононными модами было рассчитано, и показано, что именно электрострикция обуславливает сдвиг энергетических уровней, который является причиной наблюдаемого охлаждения. Данный сдвиг наблюдался при численном моделировании носителей заряда в квантовых ямах в данной работе. Учет электрострикции объясняет, почему этот сдвиг происходит. Было показано, что величина сдвига энергетических уровней, а соответственно и величина охлаждения за один цикл наложения и снятия электрического поля, увеличивается при увеличении напряженности электрического поля и увеличении ширины квантовой ямы.

Были сопоставлены величины наблюдаемого сдвига энергетических уровней и рассчитанного вклада электрострикции, который его обуславливает. Зависимости данной величины от напряженности электрического поля и ширины квантовой ямы представлены на рисунках 3 и 4.

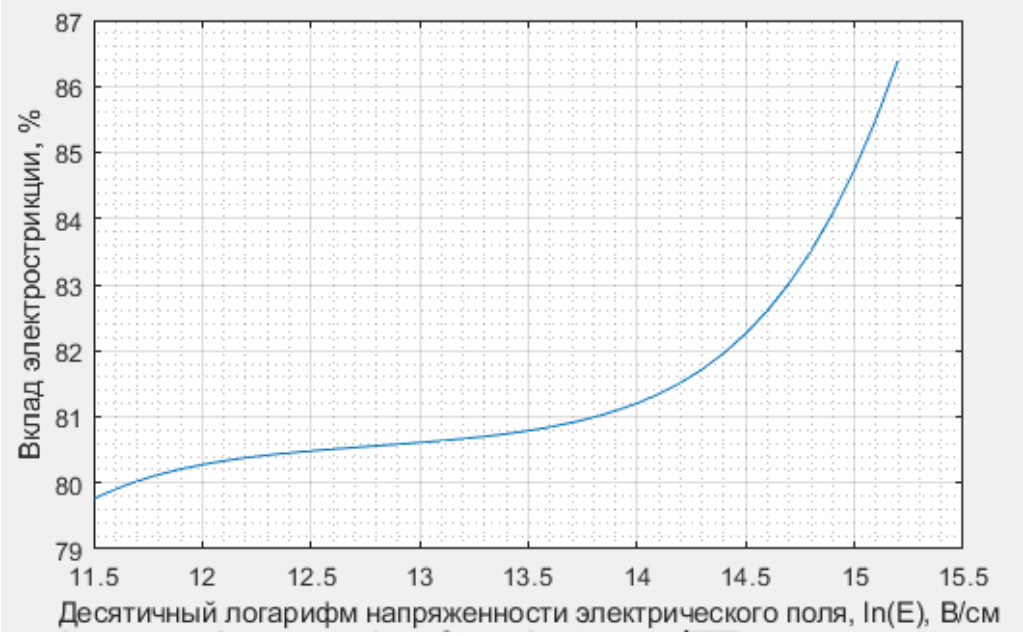


Рис. 3 – Зависимость вклада электрострикции в сдвиг энергетических уровней от напряженности электрического поля

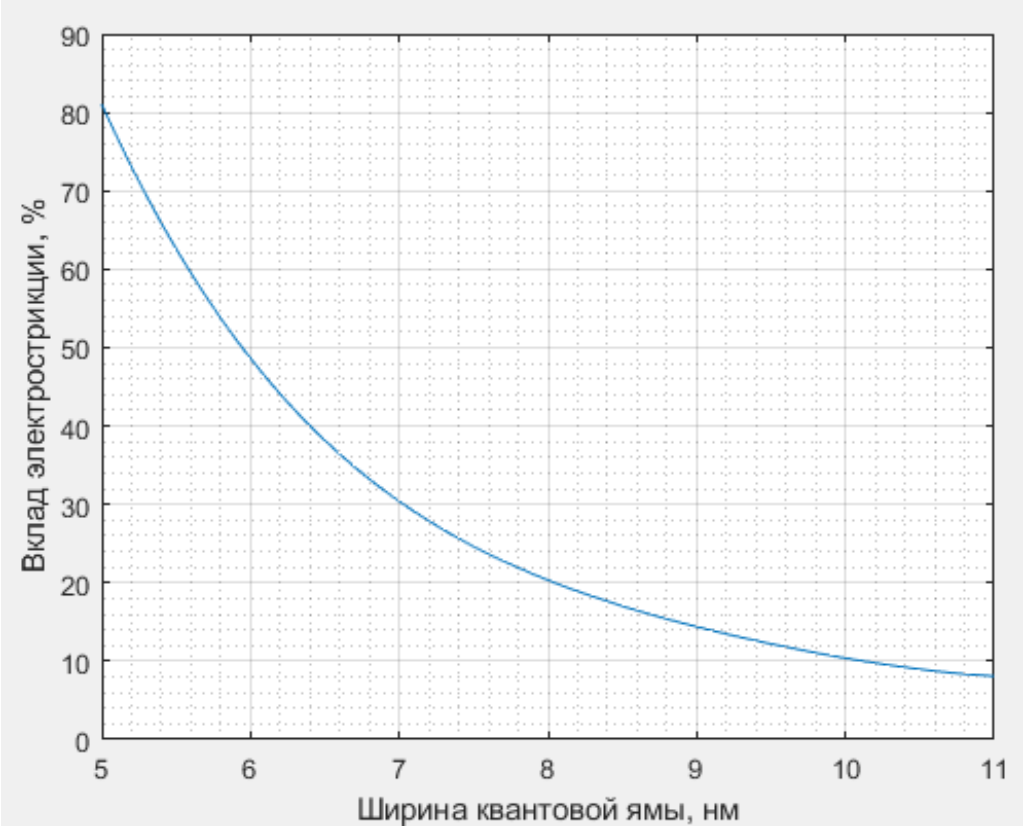


Рис. 4 – Зависимость вклада электрострикции в сдвиг энергетических уровней от ширины квантовой ямы

Стоит обозначить, что в данной ВКР производился расчет взаимодействия только с акустическими фононами. Поэтому предполагается, что несоответствие полученного при моделировании сдвига энергетических уровней и вклада электрострикции объясняется вкладом в электрострикцию оптических фононов.

В данной работе была также рассчитана относительная мощность охлаждения, которая вычислялась как произведение скорости переходов на величину сдвига энергетических

уровней. Было обнаружено, что она максимальна при максимальном значении напряженности электрического поля и ширины квантовой ямы в исследуемых диапазонах.

Были рассмотрены оптические межзонные переходы и электрон-фононное взаимодействие в гетероструктуре с квантовыми ямами в электрическом поле с позиции исследования нового механизма оптического охлаждения. Можно заключить, что для оптического перехода существенную роль играет эффект Франца-Келдыша, так как изменяется спектр поглощения структуры и некоторые запрещенные переходы становятся возможными. В контексте же охлаждения в целом ключевым является эффект Штарка, благодаря которому происходит изменение энергии электронных уровней, разница между которыми в случае с наложенным электрическим полем и без него обеспечивает основной вклад в охлаждение.

Электрон-фононное взаимодействие было рассчитано только для акустических фононов. Нельзя предварительно утверждать, каким образом вклад оптических фононов будет соотноситься с вкладом акустических. Для большего соответствия результатов данной работы, с возможным экспериментом, требуется также учитывать и это взаимодействие.

Наложение электрического поля добавляет в электрон-фононное взаимодействие слагаемое, характеризующее электрострикцию. Величина этого слагаемого, равного в данной модели деформационному потенциалу, оказалось меньше наблюдаемого сдвига энергетических уровней. Данное различие объясняется тем фактом, что в настоящей работе не учтено взаимодействие с оптическими фононами. Предполагается, что его величина будет равна разнице сдвига энергетических уровней и величины деформационного потенциала акустических фононов. Точный расчет вклада оптических фононов будет произведен позже, не в рамках данной ВКР.

Было обнаружено, что приближение бесконечно глубоких треугольных ям не позволяет с требуемой точностью корректно описать происходящие в системе процессы. Данное приближение не работает при напряженностях электрического поля, которые могут использоваться в реальном эксперименте. Для представленной системы есть некоторая максимальная напряженность электрического поля, при превышении которой эффекты туннелирования носителей заряда более вероятны, чем их нахождение в квантовой яме. Также присутствует некоторая максимальная ширина квантовых ям, при которой представленная модель оптического охлаждения работает корректно. При использовании ям большей ширины необходим учет дополнительных эффектов.

В данной работе была изучена только часть процессов, происходящих во время охлаждения при наложении электрического поля, а также было принято в расчет несколько упрощений модели. Таким образом, целесообразно дальнейшее изучение данного эффекта и получение более глубоких знаний о нем, поскольку, как обозначено ранее, данный вид охлаждения является новым и перспективным.

Список использованных источников

1. Seletskiy D.V., Epstein R., Sheik-Bahae M. Laser cooling in solids: advances and prospects // Reports on Progress in Physics. – 2016. – V.79. – №9. – P. 096401.
2. Okamoto H. et al. Cavity-less on-chip optomechanics using excitonic transitions in semiconductor heterostructures // Nature communications. – 2015. – V.6. – №1. – Pp. 1–6.

УДК 004.85

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ АТАК КОМПРОМЕТАЦИИ ДЕЛОВОЙ ПЕРЕПИСКИ В ТЕКСТЕ СООБЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ COVID-19 И УДАЛЕННОЙ РАБОТЫ

Пузикова Я.В.

Научный руководитель – Воробьева А.А., доцент, кандидат технических наук, доцент и старший научный сотрудник факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления

yanapuzikova19@yandex.ru

Ключевые слова

Машинное обучение, COVID-19, пандемия, метод k-ближайших соседей, нейронные сети с прямой связью, деревья принятия решений, наивный байесовский классификатор, атаки компрометации деловой переписки.

Согласно статистике финансовых потерь от различных типов атак от Касперского за 2021 год [1], самый сильный ущерб был нанесен атаками компрометации деловой переписки. При разработке алгоритмов распознавания с использованием методов машинного обучения используют те методы, которые позволяют проанализировать почерк автора, стилистику текста, что требует достаточно больших вычислительных ресурсов.

Обзор существующих методов выявления атак компрометации деловой переписки

Самым распространённым способом защиты от атак компрометации деловой переписки является обучение сотрудников и различные организационные мероприятия. Эффективность данного метода сложно оценить, так как он зависит от того, какие мероприятия проводятся и как сотрудники соблюдают установленные меры. Стандартные методы защиты, такие как антивирусные программы или фильтры от спам-сообщений не могут распознать атаки компрометации деловой переписки, так как рассматриваемая атака сосредоточена на социальной инженерии, и не имеют типичных признаков вредоносного письма. Письма, используемые в данном методе атаки чаще всего не имеют в себе вложений чтобы спровоцировать реакцию традиционных мер проверки почтовых сообщений, поэтому приходят к получателю без предупреждений об опасности. Как альтернативу нейронным сетям для предотвращения данного вида атак предлагается метод использования контрольной суммы счета [2]. Недостатком данного метода является необходимость доверия секретных ключей третьим лицам, затрачивает большое количество ресурсов и не гарантирует полную безопасность.

Целью данной работы является повышение точности выявления атак компрометации деловой переписки в текстах сообщений электронной почты, что позволит сократить количество обращений в службу безопасности организации и предотвратить инциденты компрометации деловой переписки и утечки информации. Автоматизация процесса распознавания позволит оптимизировать работу всех отделов, создать безопасные условия для работы и снизит риск человеческой ошибки.

Алгоритм выявления атак компрометации деловой переписки

В работе предлагается использовать динамически меняющийся словарь, на основании которого будет создаваться вектор с данными об указателях на атаку компрометации деловой переписки. Алгоритм принимает на вход текстовые сообщения, подготавливает их для дальнейшей работы, а в частности создает вектор, который в последствии и будет анализироваться. В алгоритме для выявления атак компрометации деловой переписки использован наивный байесовский метод. Выбор данного метода машинного обучения

основан на результатах экспериментальных исследований по оценке точности выявления атак компрометации деловой переписки.

Итоговые данные представлены в таблице, на основании которого можно сделать вывод, что на малом датасете атак компрометации деловой переписки наиболее эффективными себя показал наивный байесовский классификатор [3].

Таблица

Результаты сравнения точности разработанного алгоритма с использованием различных методов машинного обучения

Используемый метод	Точность, %
Метод опорных векторов	83,3
Метод k-ближайших соседей	91,4
Наивный байесовский классификатор	**94,1**
Дерево принятия решений	93,6
Нейросеть с прямой связью	83,3

Алгоритм не имеет языковых ограничений, так как поддается настройке, что было достигнуто чтением данных и их преобразованием в вектора. В будущем рекомендуется изучить особенности другого языка и продолжать исследования в данном направлении, в первую очередь собрав русскоязычную базу писем с атаками компрометации деловой переписки и провести их анализ для дальнейшего обучения модели.

Уровень полученных решений соответствует современному уровню научно-технического развития, так как алгоритм выявления атак компрометации деловой переписки в тексте сообщений в условиях COVID-19 и удаленной работы основан на современных методах обработки естественного языка и машинного обучения. Была выполнена программная реализация разработанного алгоритма с использованием библиотек языка Python последней версии. Проведены исследования точности работы разработанного алгоритма, точность составляет 94,1%, что превышает заданное необходимое значение (90%). Сравнение значений точности, достигаемой с использованием разработанного алгоритма, и точности, достигнутой в других работах, показало, что результаты являются сопоставимыми и в некоторых случаях превышают, полученные ранее другими авторами значения.

Список использованных источников

1. Social engineering in 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://go.kaspersky.com/rs/802-IJN240/images/NJ_Social_Engineering_KFP.pdf (дата обращения: 06.05.2022).
2. Teerakanok S., Yasuki H., Uehara T. A Practical Solution Against Business Email Compromise (BEC) Attack using Invoice Checksum // 2020 IEEE 20th International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C). – IEEE, 2020. – С. 160–167.
3. Денисова Д.С. Автоматическая обработка языка. Классификация текста. Наивный байесовский классификатор // Синергия Наук. – 2018. – №19. – С. 1410–1414.

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБЕЗЛИЧИВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКЕ

Сафиуллин Р.И.

Научный руководитель – Воробьева А.А., доцент, кандидат технических наук, доцент и старший научный сотрудник факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления

romsaaf@mail.ru

Ключевые слова

Обезличивание, машинное обучение, информационная безопасность, персональные данные, GDPR, ФЗ-152, k-анонимность.

На сегодняшний день, в мире ежедневно публикуются и обрабатываются обширные массивы данных, затрагивающие практически все сферы жизни человека. От сферы здравоохранения, где машинный анализ данных о пациенте может быть необходим для эффективной постановки диагноза, до обработки персональных данных агрегаторами новостей для более точных рекомендаций.

Вся эта информация является очень ценной для многих коммерческих и государственных организаций, однако, информация в своём первоначальном виде зачастую содержит достаточный объём данных для однозначной идентификации субъекта. Согласно Федеральному закону №152-ФЗ – источник [1], персональные данные – любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных). Таким образом, пользователи постоянно генерируют огромный массив ценной информации, которая при распространении может нарушить право субъекта на частную жизнь и согласно 152-ФЗ при обработке требует определённой защиты.

Учитывая высокую социальную значимость проблемы и частые инциденты с утечками огромных массивов персональных данных, в мире появилась явная тенденция к построению законодательной базы, в той или иной мере ограничивающей возможности коммерческих организаций в сфере обработки персональных данных. В соответствии с современными нормативными актами (GDPR, ФЗ–152, ФЗ–519, CCPA и т.д.), обработка данных, относящихся к персональным, накладывает на оператора персональных данных широкий перечень требований к используемым устройствам и методам обработки этих данных. Следование данным законодательным нормам является весьма сложным и ресурсоёмким процессом, поскольку активные методы защиты информации зачастую основаны на использовании сертифицированных средств защиты информации, интегрированных в операционную среду обработки персональных данных. Данные средства зачастую очень дороги, а выполнение требований законодательных актов в сфере ограничения доступа может приводить к чрезмерному искажению получаемой информации или требовать уровень допуска (доверия), недопустимый для многих сценариев совместного использования данных.

С другой стороны, работа с обезличенными данными позволяет выйти из-под ограничений, накладываемых вышеперечисленными законодательными актами (GDPR – 26 Recital, ФЗ–152 – ч.9 ст.3). Выход из-под действия этих ограничений позволит организациям более свободно и в больших объёмах использовать те массивы данных, что попадают к ним, а также обесценить попытки потенциального злоумышленника использовать полученные персональные данные во вред. Компании получат доступ к более широкому кругу подрядчиков и инструментов обработки данных, что в свою очередь приведёт к росту качества предоставляемых этими организациями услуг и значительной экономии средств. Более того, обезличенные данные позволяют добиться значительного уровня защищённости от атак на конфиденциальность, в том числе от атак типа Man In The Middle.

Анализ существующих решений по обезличиванию

На сегодняшний день существует множество различных алгоритмов обезличивания, однако, для сравнения были выбраны три часто используемых. Показатели других алгоритмов в контексте задач машинного обучения показывают похожие результаты. Для сравнения представлены соответственно алгоритмы: Incognito, Samarati's и Datafly:

- алгоритм «Инкогнито» генерирует массив всех возможных k-анонимных обобщений исходных данных с возможностью применения подавления по порогу для исключения выбросов. Алгоритм базируется на поиске по графу в ширину. Производится поиск подмножеств записей с уникальными квази-идентификаторами, а затем итеративно проверяется k-анонимность каждого подмножества. Каждая итерация состоит из двух частей. Сначала алгоритм проходит по подмножествам с низкой частотой атрибутов, а затем повторно проходит весь набор данных, проверяя k-анонимность большего числа подмножеств. Полное описание алгоритма представлено в источнике [3];
- алгоритм Samarati's ищет все возможные k-анонимные решения, перебирая различные уровни DGH (domain generalization hierarchy). Благодаря использованию бинарного поиска алгоритм требует значительно меньше времени на получение результата. Алгоритм считает лучшими решениями те, у которых в конечном результате получается минимальный уровень обобщения. Таким образом, алгоритм стремится найти пересечения и выделить наименьший уровень, на котором обнаружен хотя бы один вектор решения (тот уровень обобщения, при котором решение удовлетворяет k-анонимности с минимальным уровнем подавления). Полное описание алгоритма представлено в источнике [4];
- алгоритм Datafly – «жадный» эвристический алгоритм, производящий одномерное обобщение до уровня домена. Алгоритм считает частоту атрибутов из набора квази-идентификаторов, и, если k-анонимность ещё не достигнута – обобщает атрибуты, встречающиеся наиболее редко, до тех пор, пока набор данных не будет удовлетворять условию k-анонимности. Полное описание алгоритма представлено в источнике [5].

Сравнительный анализ достоинств и недостатков алгоритмов приведён в таблице 1

Таблица 1

Сравнение достоинств и недостатков популярных алгоритмов обезличивания

Алгоритм	Преимущества	Недостатки
Incognito	Алгоритм находит все k-анонимные обобщения Оптимальное решение может быть выбрано, основываясь на различных критериях	Алгоритм использует поиск в ширину по графу, что требует очень много времени
Samarati's	Используется бинарный поиск, быстро получающий решение Ищет решение с минимальным уровнем обобщения	Шанс получить оптимальное решение очень зависит от размера k
Datafly	Для проверки на k-анонимность используется небольшое количество элементов, что ускоряет алгоритм. Проще других при внедрении	Из-за малого количества проверяемых элементов выходные данные получаются очень обобщёнными. Может подавить очень много строк, значительно снижая полезность выходных данных

Основным недостатков всех перечисленных методов при применении в сфере машинного обучения является значительное понижение точности предсказания при увеличении значения k, как показано на рисунке 1.

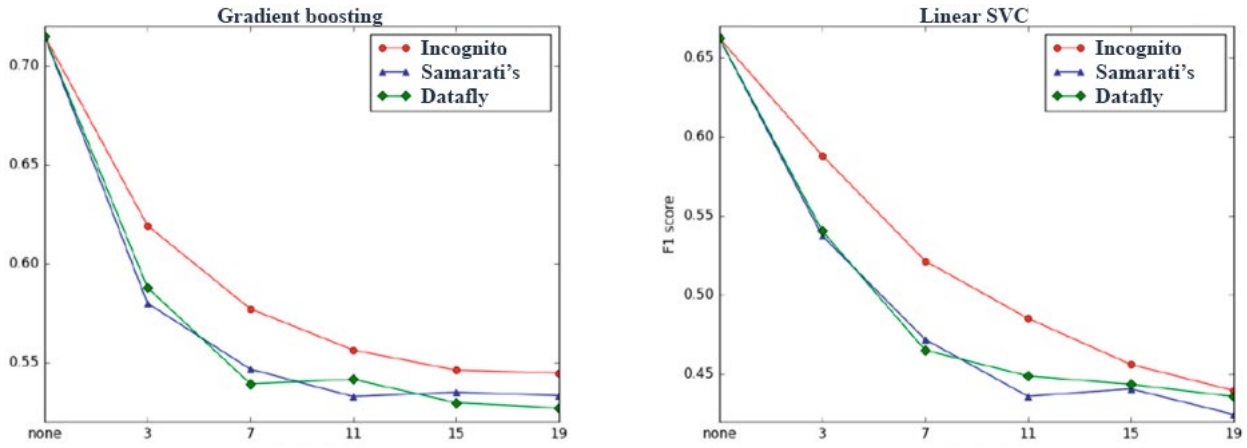


Рис. 1 – F-мера модели при различных уровнях k для исследуемых алгоритмов

Выводы по существующим решениям

Анализ рынка отечественных и зарубежных решений показал, что существующие решения не удовлетворяют потребностям государства и бизнеса, позволяя обеспечить лишь анонимность данных, но не обеспечивая их дальнейшего эффективного использования. Необходима разработка решения, позволяющего обезличивать персональные данные быстро, эффективно и с сохранением свойства применимости.

Концепция предлагаемого решения

Ранее для проведения обезличивания рассматривались алгоритмы, применяющие свойство k-анонимности. Однако, данное свойство, хоть и позволяет обеспечить должный уровень анонимности, приводит к большим затратам времени и вычислительных мощностей на проверку его выполнимости. Более того, данное свойство не может гарантировать защиту от атак на деобезличивание, особенно от внутренних нарушителей. В результате анализа литературы и поиска оптимального по времени и эффективности решения, было решено использовать хаотические функции для быстрого изменения уязвимых записей.

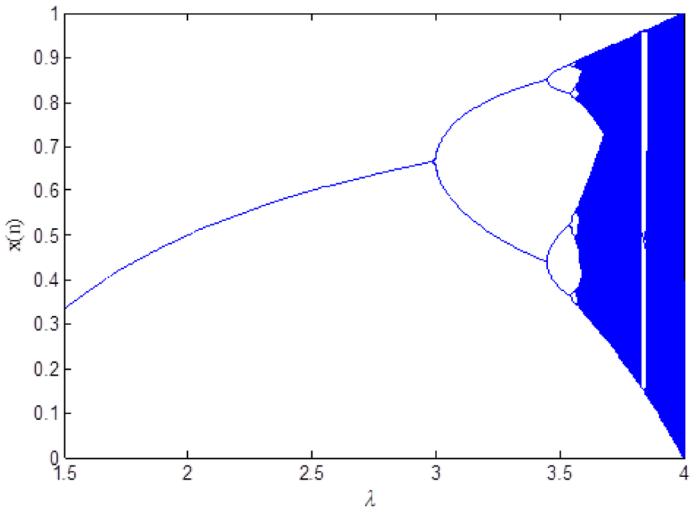


Рис. 2 – Распределение значений функции logistic map

Полное описание алгоритма:

1. На вход алгоритм получает таблицу с исходными данными (T), список квази-идентификаторов (QI), чувствительных атрибутов (SA) и идентификаторов (ID), а также значение DGH.
2. Для каждого из квази-идентификаторов вычисляются параметры NU (количество уникальных значений), UV (подмножество уникальных значений для каждого идентификатора), NR (количество записей для каждого значения из UV).

3. Для каждого QI вычисляется значение ri = round (log2 NUi). Это значение характеризует количество уязвимых записей для каждого QI.
4. Для первых r значений UV (отсортированных по возрастанию частоты) каждого QI вычисляются новые значения, основанные на хаотической функции логистического отображения (logistic map, показана на рисунке 2). Текстовые QI обобщаются до заданного уровня DGH.
5. Новые значения заносятся в исходный набор данных, заменяя наиболее уязвимые. Значения, являющиеся идентификаторами, удаляются.
6. На выход подаётся обезличенный набор данных.

Благодаря использованию эффективных алгоритмов поиска уязвимых значений, обобщения и изменения данных, разработанный алгоритм должен стать достаточно простым для внедрения и эффективным в использовании. Для схематического описания алгоритма была использована блок-схема, представленная на рисунке 3.

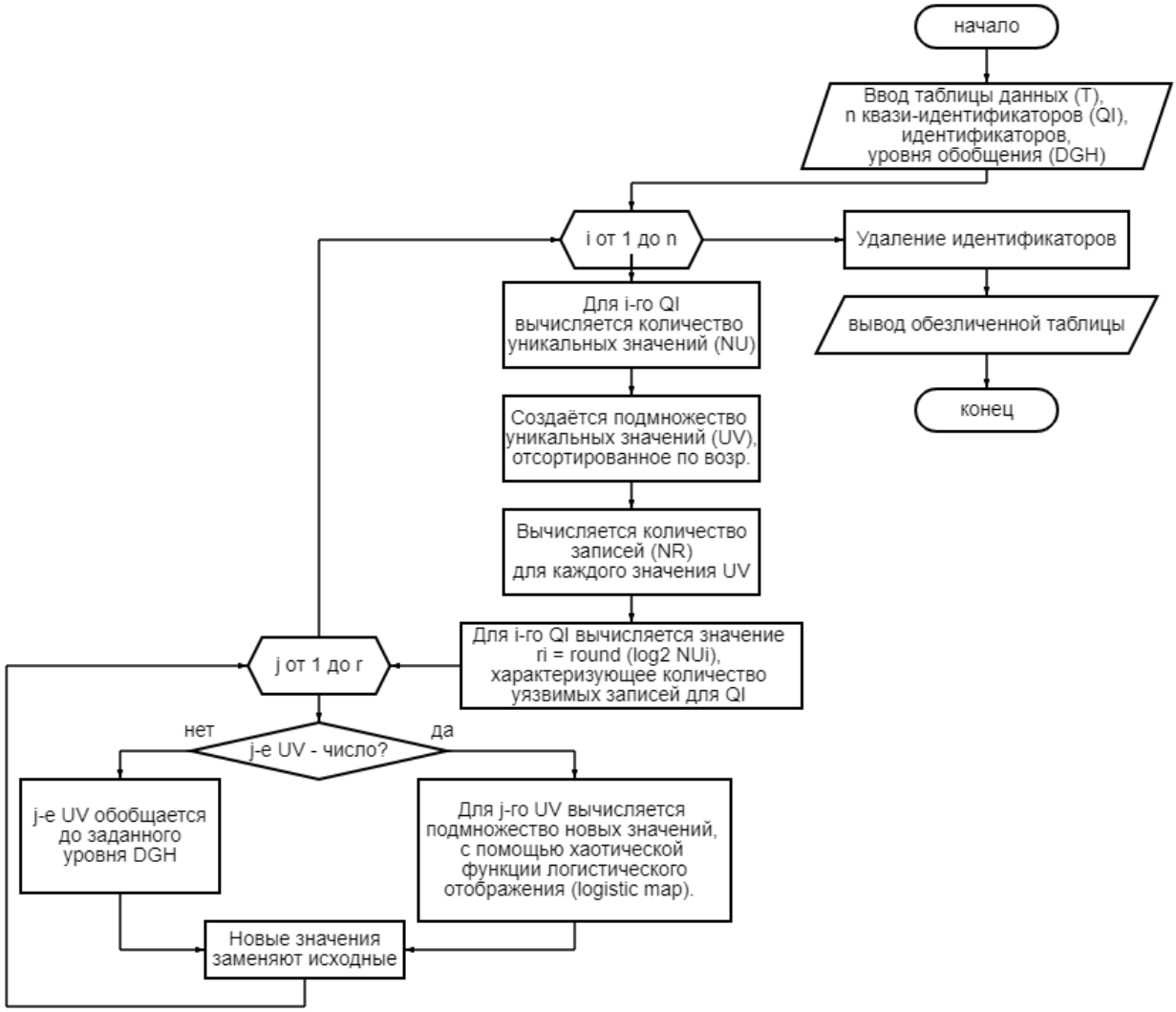


Рис. 3 – Блок-схема разработанного алгоритма

После применения разработанного алгоритма, а также алгоритмов Incognito, Samarati's и Datafly на наборе данных «Give Me Some Credit», предназначенном для расчёта кредитного рейтинга клиента банка, были получены результаты, представленные в таблицах далее. В таблице 2 представлен показатель F-меры после проведения обезличивания, а в таблице 3 – показатель вероятностной анонимности. На рисунке 4 представлено сравнение времени работы различных алгоритмов на наборах данных различного объёма.

Таблица 2

F-мера для различных алгоритмов обезличивания

Алгоритм	Значение F-меры
Отсутствие обезличивания	0.869
Incognito (k = 15)	0.717
Samarati's (k = 15)	0.728
Datafly (k = 15)	0.688
Разработанный алгоритм	0.867

Таблица 3

Вероятностная анонимность для различных алгоритмов обезличивания

Алгоритм	Значение Pa(D`)
Отсутствие обезличивания	0.8
Incognito (k = 15)	0.01
Samarati's (k = 15)	0.02
Datafly (k = 15)	0.01
Разработанный алгоритм	0.03

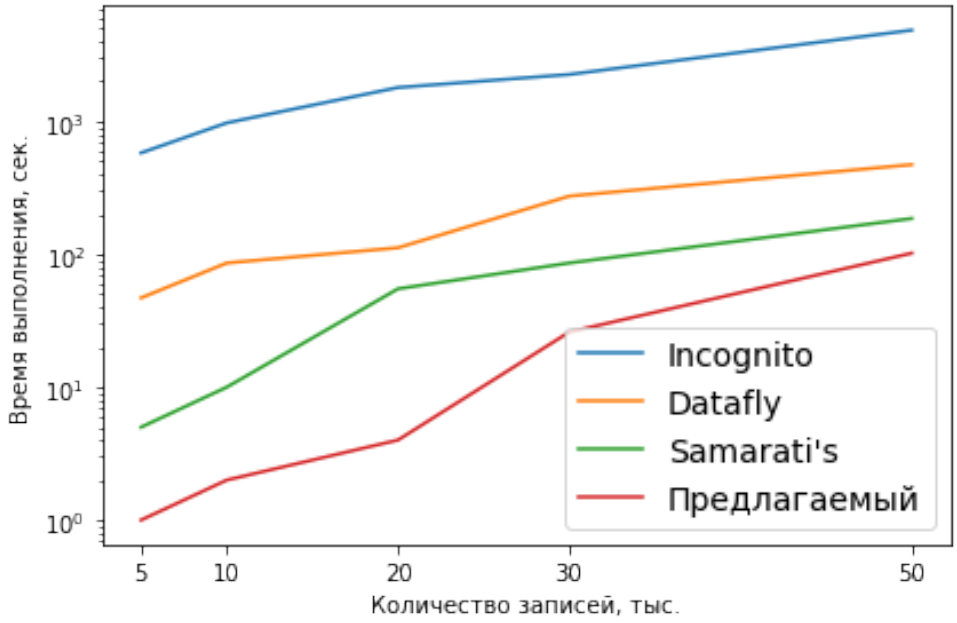


Рис. 4 – Время работы различных алгоритмов обезличивания при разном объёме записей

Применение разработанного алгоритма позволяет повысить точность итоговой модели машинного обучения при применении обезличивания на обучающей выборке, что дает возможность использовать разработанный алгоритм при передаче работы с моделью машинного обучения подрядчику, а также для экономии средств при обработке и хранении обезличенных данных. Рассмотрены методы и алгоритмы обезличивания персональных данных, применяемые на текущий момент, проведен их анализ, выявлены достоинства и недостатки данных методов. Проанализированы условия и ограничения применения каждого из методов.

1. Проведен анализ предметной области, рассмотрены модель нарушителя и основные угрозы раскрытия персональных данных.
2. Разработан алгоритм обезличивания персональных данных, позволяющий повысить F-меру обученной модели в среднем на 18.9% по сравнению с F-мерой, полученной при использовании классических алгоритмов обезличивания.
3. Исследованы показатели скорости работы различных алгоритмов обезличивания. Выявлено, что разработанный метод обрабатывает данные быстрее исследуемых в среднем на 60%.

4. Приведен сравнительный анализ разработанного алгоритма обезличивания с другими алгоритмами обезличивания. Алгоритм позволяет производить обезличивание персональных данных в обучающей выборке со средним показателем F-меры на наборе данных Give Me Some Credit – 0,867, при уровне вероятностной анонимности в 0,03. Итоговая F-мера модели примерно на 18,9% выше, чем при применении существующих алгоритмы обезличивания, вероятностная анонимность повышается лишь на 1 процентный пункт (с 0,02 до 0,03).

Список использованных источников

1. Закон Российской Федерации "О персональных данных" от 27.07.2006 №152-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2006 г. - Ст. 1-5 с изм. и допол. в ред. от 02.07.2021.
2. Директива Европейского Союза "Regulation on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (Data Protection Directive)" от 27.04.2016 №2016/679 // EUR-Lex. - 2016 г. - с изм. и допол. в ред. от 23.05.2018.
3. LeFevre K., J. DeWitt D., Ramakrishnan R. Incognito: Efficient Full-Domain K-Anonymity // SIGMOD. – 2005. – №5. – С. 49–60.
4. Ciriani V., De Capitani di Vimercati S., Foresti S., Samarati P. k-Anonymity // Secure Data Management in Decentralized Systems. – 2007. – №33. – С. 323–353.
5. Sweeney L. Datafly: a system for providing anonymity in medical data // Database Security XI. - Boston: Springer, 1998. – С. 356–381.

УДК 535.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АГРЕГАТОВ ФЕОФОРБИДА А В БИОСОВМЕСТИМЫХ СРЕДАХ

Смирнова Е.С.

Научный руководитель – Орлова А.О., доцент, доктор физико-математических наук, доцент, профессор факультета фотоники, главный научный сотрудник центра "Информационные оптические технологии"

Sm.Kate@bk.ru

Ключевые слова

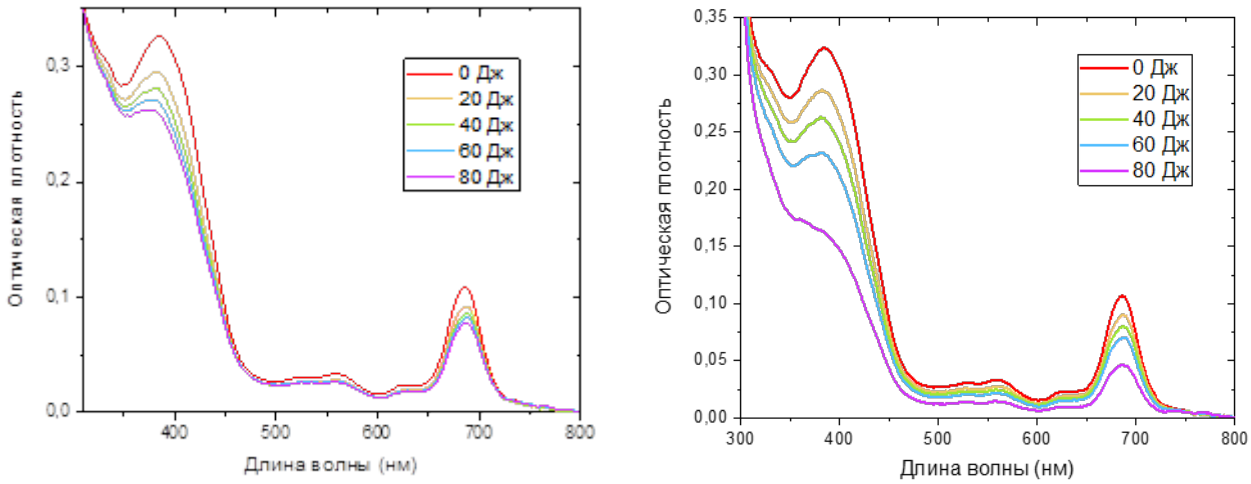
Сенсибилизатор генерации активных форм кислорода, агрегаты молекул, фотодинамическая терапия, сонодинамическая терапия, низкочастотное ультразвуковое излучение, феофорбид а.

В результате предварительных исследований Американского онкологического сообщества за 2020 год, только в США количество новых случаев заражения раком составило более 1,8 миллиона, а количество смертей превысило 600 тысяч [1]. Количество онкозаболеваемых растет с каждым годом, и поиск новых методов эффективной терапии онкологических заболеваний является актуальной проблемой. В настоящий момент используется несколько традиционных способов лечения рака: химиотерапия, хирургическое удаление, гормональная терапия, лучевая терапия, но, к сожалению, каждый из способов имеет свои побочные эффекты [2]. Следовательно, ведутся поиски новых неинвазивных методов лечения онкологических заболеваний, которые нетоксичны для человеческого организма. Одним из потенциальных кандидатов на новый вид терапии онкологических заболеваний является сонодинамическая терапия (СДТ) [3]. СДТ основывается на взаимодействии ультразвука с соносенсибилизаторами, которое приводит к деградации раковых опухолей в результате кавитационного эффекта. Предполагается, что взаимодействие ультразвука с традиционными фотосенсибилизаторами также может приводить к деградации раковых клеток [3]. Однако, для использования данного вида терапии, а также его оптимизации, необходимо понимание физических механизмов возникновения сонодинамического эффекта, в частности, при комбинированном воздействием на живые системы УЗ, и классических сенсибилизаторов активных форм кислорода (АФК). В научной литературе до сих пор не описаны точные механизмы, причастные к гибели клеток под действием ультразвука в комбинации с сенсибилизаторами АФК. Именно этим обстоятельством обусловлена актуальность настоящей работы. В современной литературе обсуждается несколько механизмов появления сонодинамического эффекта, из которых особо выделяют два вероятных механизма [4]. Первый механизм – кавитация, который основывается на процессе образования и схлопывания кавитационных микропузырьков, производящих колоссальную энергию; высвобождаемая энергия преобразуется в химическую или механические формы, что приводит к разрушению клеток. Использование агрегатов молекул способно вызывать увеличение выхода сонохимических и сономеханических реакций за счет увеличения количества кавитационных пузырьков. Другой предполагаемый механизм основывается на генерации АФК, которые в свою очередь также приводят к апоптозу или некрозу раковых клеток. При наличии стоячей волны, кавитационные пузырьки могут продуцировать сонолюминесценцию, которая может служить внутренним источником света для возбуждения соносенсибилизаторов, подобно фотодинамической терапии (ФДТ). Фотосенсибилизаторы в мономерной форме или форме агрегатов могут по-разному продуцировать сонодинамический эффект. Ранее было показано, что под действием света растворы, содержащие агрегаты молекул-фотосенсибилизаторов феофорбида а обладают квантовым выходом генерации АФК вчетверо меньшим, чем у мономерной формы за счет того, что в растворах все еще присутствует малая доля феофорбида а в мономерной форме, которая и генерирует синглетный кислород. Однако агрегаты молекул потенциально могут использоваться сразу в нескольких механизмах СДТ. Исследование

оптических и фотофизических свойств агрегатов традиционных фотосенсибилизаторов позволит определить их потенциальную возможность для использования в нескольких механизмах СДТ.

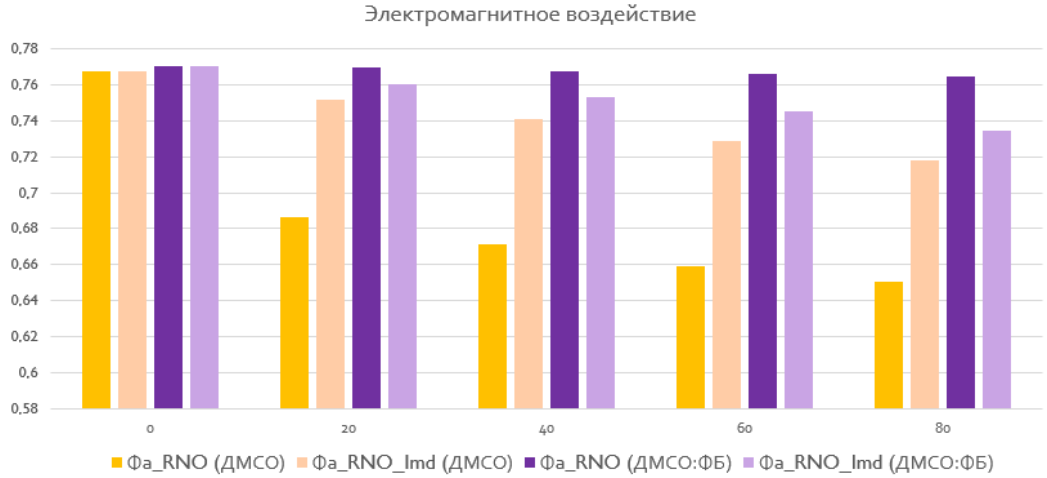
Для достижения цели ВКР: исследование фотофизических свойств молекул тетрапиррольного ряда – феофорбида а и их агрегатов были исследованы условия агрегации феофорбида а в биосовместимых средах, исследованы люминесцентные свойства феофорбида а и его агрегатов в биосовместимых средах, а также исследована эффективность генерации активных форм кислорода мономерами феофорбида а и его агрегатами в биосовместимых средах под действием электромагнитного и ультразвукового излучений. В качестве объекта исследования были выбраны растворы молекул феофорбида а, поскольку они являются традиционным фотосенсибилизатором, который используется, например, для лечения карциномы плоского эпителия рта методом ФДТ [5]. Оптические свойства молекул феофорбида а зависят непосредственно от их формы – мономерная или форма агрегатов. Таким образом, измерение электронных спектров поглощения классических тетрапиррольных молекул в случае феофорбида а позволит определять их форму по комбинации факторов: батохромным и гипсохромным сдвигам полос, уменьшению оптической плотности и формой полос поглощения молекул. Люминесценция позволит оценить возможность использования данных молекул для продуцирования синглетного кислорода, поскольку механизм генерации синглетного кислорода связан с триплет-триплетным переносом энергии от фотосенсибилизатора к молекулам кислорода. Тетрапиррольные молекулы как правило имеют подходящее расположение триплета и, в случае отличной от нуля, но не 100-но вероятной люминесценция у мономера, а также, если известно, что мономер генерирует синглетный кислород, то по сохранению люминесценции или ее исчезновению у конкретной молекулы можно косвенно судить о сохранении эффективности заселения триплета, исследование кругового дихроизма (КД) позволяет точнее оценить форму молекул в растворе, поскольку спектр КД позволяет определить наличие вырожденного состояния и, следовательно установить наличие в образце агрегатов молекул. В ходе данной работы были сформированы растворы феофорбида а в ДМСО и смеси ДМСО:ФБ (1:10). Было выявлено, что в растворе ДМСО феофорбид а находится в двух различных мономерных люминесцирующих формах, а в растворе в смеси ДМСО:ФБ феофорбид а присутствует и в форме агрегатов, и в форме мономеров. Исследование коллоидной стабильности показало, что при изменении pH феофорбид а в смеси ДМСО:ФБ в растворах с разными уровнем pH присутствует смесь форм феофорбида а, однако в сильнощелочной среде (pH14) процент мономеров максимальный, а в кислотной (pH 2) - минимальный. Определено, что под действием электромагнитного и ультразвукового излучения происходит падение оптической плотности и люминесценции, что связано с генерацией различных форм АФК. Важно отметить, что в растворе с агрегатами феофорбида а падение оптической происходило интенсивнее: на 30% под действием лазера и более чем на 56% под действием ультразвука, что можно наблюдать на рисунке 1.

Известно, что обесцвечивание химического сенсора RNO указывает на генерацию АФК. Эксперимент с сенсорами показал, что во всех растворах под действием обоих излучений генерируется синглетный кислород, причем в растворе ДМСО эффективнее, поскольку процентное содержание мономеров, способных генерировать синглетный кислород в данном растворе больше. Было установлено, что в отличии от раствора со смесью ДМСО:ФБ, в растворе ДМСО происходит генерация гидроксильного радикала и/или супероксида аниона, причем, под действием лазера падение оптической плотности в полосе поглощения RNO составило более 15%, что более чем в два раза больше, чем падение оптической плотности сенсоров, чувствительных к синглетной форме кислорода. Это свидетельствует об участии молекул растворителя, ДМСО, в фотохимических реакциях, происходящих при облучении раствора мономеров феофорбида а электромагнитным излучением видимого диапазона, в результате которой наблюдается эффективная генерация гидроксильного радикала и/или супероксида аниона. На рисунке 2 представлены диаграммы, содержащие данные о генерации исследуемых АФК в растворах ДМСО и ДМСО:ФБ под электромагнитным и ультразвуковым воздействием.

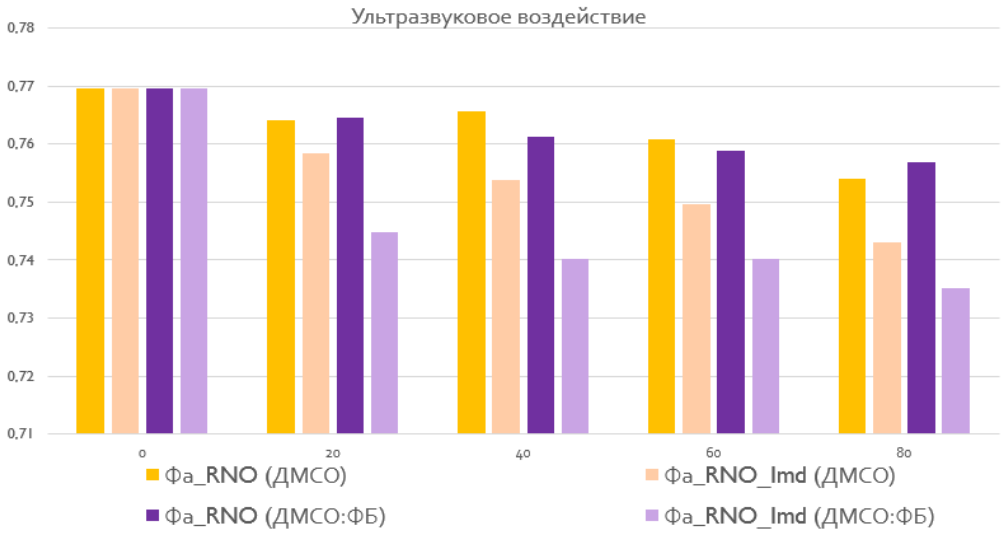


а б

Рис. 1 – Спектры поглощения феофорбида а в смеси ДМСО:ФБ: а) 1:10 до и после электромагнитного воздействия б) до и после воздействия ультразвуком



а



б

Рис. 2 – Зависимость оптической плотности в максимуме полосы поглощения (460 нм) сенсора RNO в растворах ДМСО, ДМСО:ФБ 1:10, содержащих сенсоры RNO и комбинацию сенсоров RNO и имидазола от: а) экспозиции электромагнитного излучения; б) УЗ излучения

В работе были исследованы оптические свойства мономеров и агрегатов феофорбида а в биосовместимых средах. Исследовано влияние электромагнитного и УЗ излучения на мономеры феофорбида а в ДМСО и смеси мономера феофорбида а и его агрегатов в смешенных растворах ДМСО:ФБ с соотношением 1:10. Получены новые знания о генерации различных форм АФК молекулами феофорбида а. Полученные результаты наглядно свидетельствуют о перспективности использования смеси агрегатов и мономеров феофорбида а для в обоих механизмов СДТ:

1) для усиления кавитационного эффекта агрегатами;
2) генерации АФК.

На следующем этапе, в рамках магистерской научной практики, будет исследован СДТ эффект, оказываемый смесью агрегатов и мономеров феофорбида а на клеточных линиях раковых клеток in vitro, и проведено уточнение физического механизма генерации синглетной формы кислорода мономером феофорбида а под действием низкоинтенсивного ультразвукового излучения с частотой 20 кГц.

Список использованных источников

1. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2020 // CA: a cancer journal for clinicians. – 2020. – Т.70. – №1. – С. 7–30.
2. Plaetzer K., Krammer B., Berlanda J., Berr F., Kiesslich T. Photophysicsand photochemistry of photodynamic therapy: fundamental aspects // Lasersin medical science. –2009. – №24(2). – Pp. 259–268.
3. You D.G., Deepagan V., Um W., Jeon S., Son S., Chang H., Yoon H.I., Cho Y.W., Swierczewska M., Lee S., et al., Ros-generating tio 2 nanoparticles for non-invasive sonodynamic therapy of cancer // Scientific reports – 2016. – №6(1). – Pp. 1–12.
4. Pan X. et al. Sonodynamic therapy (SDT): a novel strategy for cancer nanotheranostics // Science China Life sciences. – 2018. – Т.61. – №4. – С. 415–426.
5. Chen K. et al. Novel photosensitizer-protein nanoparticles for photodynamic therapy: photophysical characterization and in vitro investigations // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2009. – Т.96. – №1. – С. 66–74.

УДК 544.032.65

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЁТОК НА ТОНКИХ ПЛЁНКАХ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Суворов А.Р.

Научный руководитель – Синев Д.А., кандидат технических наук, научный сотрудник и ассистент института лазерных технологий

suvcom@bk.ru

Ключевые слова

Лазерное излучение, тонкие плёнки, ЛИППС, двумерный рельеф, поляризационные и дисперсионные свойства, защитный знак.

Лазерно-индуцированные поверхностные периодические структуры (ЛИППС, LIPPS – Laser-Induced Periodic Surface Structures) — это широко изучаемый результат воздействия излучения лазерного источника на материал, при котором происходит формирование совокупности периодических (квазипериодических) линий, чей период связан с длиной волны падающего излучения. Для генерации ЛИППС используют различные типы лазерных источников, но чаще всего фемтосекундные лазерные системы, в связи с тем, что многие разновидности структур наблюдаются только при облучении твердых тел ультракороткими лазерными импульсами в фемтосекундном режиме [1]. С технологической точки зрения, обработка при помощи ЛИППС представляет собой впечатляюще простой подход, который может быть использован для различных приложений. Наноструктуры могут быть получены в одноэтапный процесс, который позволяет функционализировать поверхность для управления оптическими, механическими или химическими свойствами поверхности [2]. Но получение регулярных масштабируемых покрытий на основе ЛИППС, вызывает на текущий момент сложности в связи с недостаточной исследованностью процессов и представляет актуальную научную проблему.

Для решения насущных задач фотоники, фотовольтаики, биомиметики и промышленности представляется необходимым изучение особенностей и механизмов формирования регулярных рельефов на основе термохимических ЛИППС. Предлагаемый термохимический характер воздействия позволяет снизить необходимые температурные режимы записи, и за счет этого уменьшить число термомеханических, гидродинамических, газофазных и других дефектов, свойственных записи на пленках, повышая при этом качество и упорядоченность формируемых рельефов. Термохимический механизм записи ЛИППС свойственен, к примеру тонким пленкам титана, на которых ранее были показаны возможности формирования линейных рельефов с периодом порядка 0,7 длины волны воздействующего излучения [3].

Целью данной выпускной квалификационной работы являлось исследование особенностей управляемой генерации одно- и двумерных рельефов на основе лазерно-индуцированных поверхностных периодических структур (ЛИППС) на тонкой плёнке титана на диэлектрической подложке. В процессе исследований были выполнены следующие задачи:

1. Определить режимы формирования упорядоченных ЛИППС, равномерно распределённых по всей площади трека как при однократном экспонировании для одномерных структур, так и по всей области пересечения треков при повторной записи для двумерных структур.
2. Изучить зависимости геометрии одномерных и двумерных структур от направления плоскости поляризации индуцирующего излучения.

3. Проанализировать полученные структуры при помощи метода быстрого двумерного Фурье-анализа изображений для определения величин их периодов и типа симметрии решётки; изучены оптические характеристики полученных структур методом спектрометрии отраженного и пропущенного поляризованного света.
4. Изучить оптические характеристики полученных структур методом спектрометрии отраженного и пропущенного поляризованного света.

Yb-волоконный лазер ($\lambda \approx 1{,}06$ мкм) со случайной (частичной) поляризацией и гауссовым пространственным распределением излучения использовался в качестве источника излучения, являющийся частью лазерного обрабатывающего комплекса МиниМаркер2 (ООО "Лазерный центр", Санкт-Петербург, Россия). Такие параметры лазерного излучения, как длительность импульса и скорость сканирования, оставались неизменными и были равны, соответственно, $\tau = 4$ нс и $\upsilon = 0{,}1$ мм/с. Ранее было показано [3], что режимы воздействия, способствующие формированию ЛИППС, расширяются при снижении длительности импульсов в наносекундном диапазоне. По этой причине для дальнейшего изучения режимов формирования термохимических ЛИППС на плёнках титана на кварцевой подложке была выбрана длительность импульсов 4 нс, что позволило сосредоточиться на изучении ранее недостаточно исследованных вопросов влияния подложки и значения частоты столкновения импульсов на результаты записи. Облучение образца производилось сфокусированным лазерным пучком, диаметр пучка в зоне обработки составлял примерно 55 мкм.

На рисунке 1 представлена экспериментально определённая зависимость качества формируемых структур от плотности энергии лазерного излучения и числа импульсов, попадающих на плёнку. Видно, что для режимов получения стабильных ЛИППС лежит в диапазоне от 20000 до 35000 импульсов и от 0,045 до 0,080 Дж/см^2.

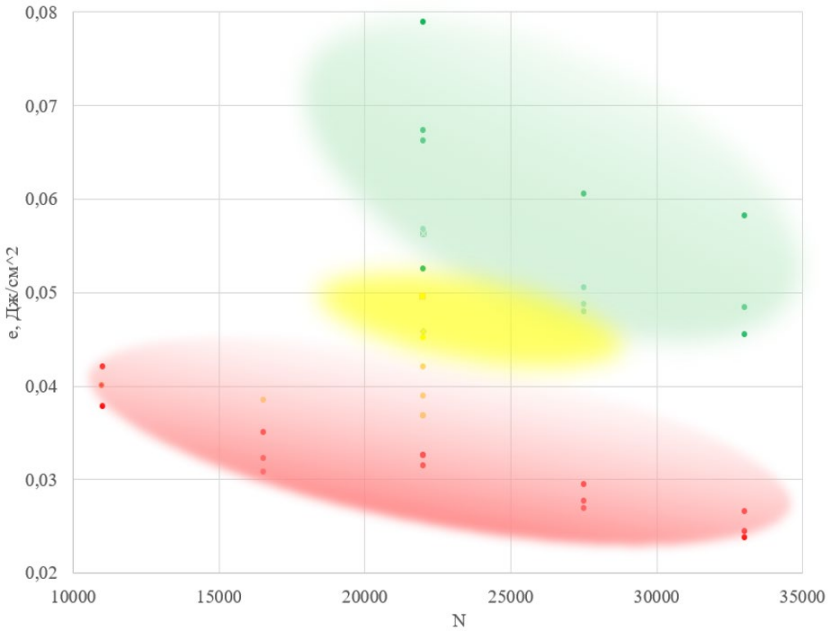


Рис. 1 – График зависимости результата воздействия лазерного излучения на плёнку от числа импульсов и плотности энергии: зелёная область – ЛИППС устойчиво генерируются на всей площади трека, жёлтая область – ЛИППС генерируются участками на краях трека, красная область – ЛИППС не образуются

Для получения одномерной решётки достаточно одного сканирования металлической плёнки лазерным пучком. Но двумерный рельеф образуется путём «суперпозиции» двух решёток ЛИППС, записанных при последовательных сканированиях, в результате которой можно получить совершенно новый рельеф. Однако для получения двумерной структуры необходимо достаточное различие в ориентации образующих её ЛИППС. Например, на рисунке 2, а можно видеть, что при повороте ориентации поляризации на 10° ЛИППС, получаемые при повторном сканировании, «подстраиваются», самоорганизуются под уже

имеющийся рельеф, в результате чего исходная решётка остаётся неизменной. При больших углах поворота имеется возможность получения двумерного рельефа различных типов симметрии, гексагонального и ортогонального (рис.2,б-е).

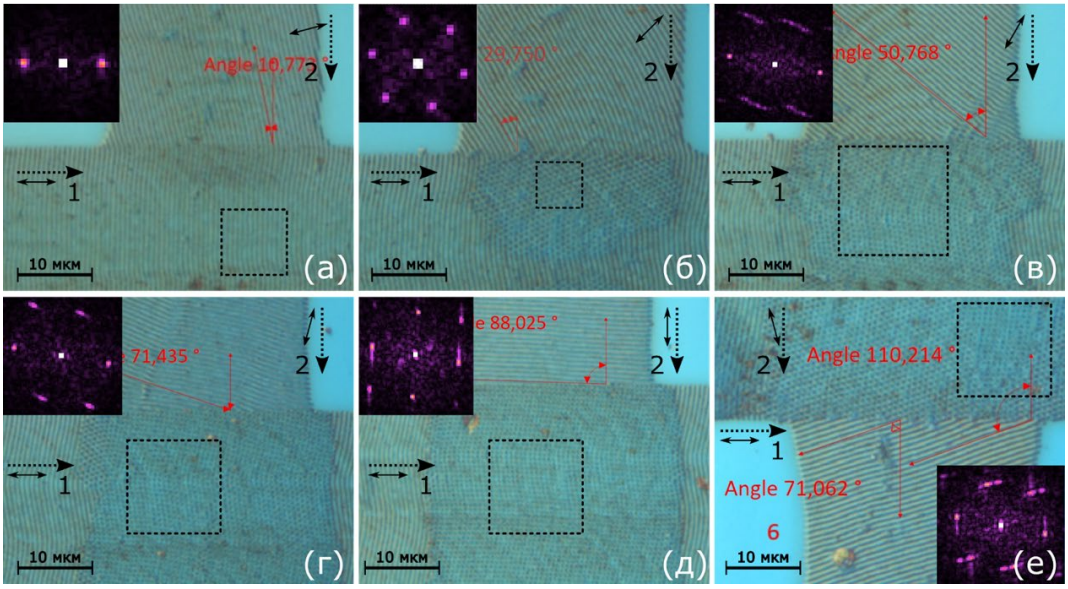


Рис. 2 – Одномерные (а) и двумерные (б-е) ЛИППС на титановой плёнке толщиной 30 нм на стеклянной подложке и соответствующие результаты 2D-БПФ (быстрого Фурье-преобразования изображения), записанные при режиме лазерного воздействия λ = 1,064 мкм, τ = 4 нс, частота следования импульсов *f* = 40 кГц, мощность излучения P = 100 мВт, скорость сканирования 0,1 мм/с. Пунктирные стрелки обозначают направление сканирования, сплошные – направление поляризации излучения

Полученные одномерные и двумерные структуры были проанализированы при помощи волоконного спектрометра Avantes, подключенного к оптическому микроскопу Carl Zeiss Axio Imager A1.m. Измерения проводились в схеме со скрещенными поляризаторами, в которой образец помещался между поляризатором и анализатором.

Спектры для отражённого и проходящего света представлены на рисунке 3. Позиции 0 градусов для одномерных структур соответствует случай, когда решётка параллельна оси первого поляризатора. Для двумерной структуры этому положению соответствует ситуация, когда одна из сторон квадрата, являющегося элементом симметрии двумерной ортогональной решётки, параллельна оси поляризатора.

Решётки значительно меняют значения оптических характеристик при повороте в оптической схеме со скрещенными поляризаторами, проявляя поляризационные свойства, при этом амплитуда изменений значительнее для одномерных решеток, чем для двумерных. Отличие отражательной и пропускающей способности связано, по всей видимости, с различной топологией записанных структур. Амплитуда изменений коэффициентов отражения и пропускания в видимом диапазоне значительнее для одномерных решеток, чем для двумерных.

Возможности управления как отражательными, так и пропускающими способностями одномерных и двумерных структур открывают пути к созданию нового типа защитных знаков. Во-первых, это связано с ярко выраженными дисперсионными свойствами одномерных решёток, которые действуют как дифракционные и выделяют ту или иную длину волны в зависимости от угла освещения образца и/или угла наблюдения. Во-вторых, дифракционные свойства двумерных решёток значительно отличаются – они не диспергируют под теми же углами, что и одномерные, а если и диспергируют, то гораздо менее интенсивно. Совокупность этих двух решёток может позволить создавать новые защитные знаки, чьи свойства будет подделать гораздо труднее, нежели защитного знака, состоящего исключительно из одномерных ЛИППС.

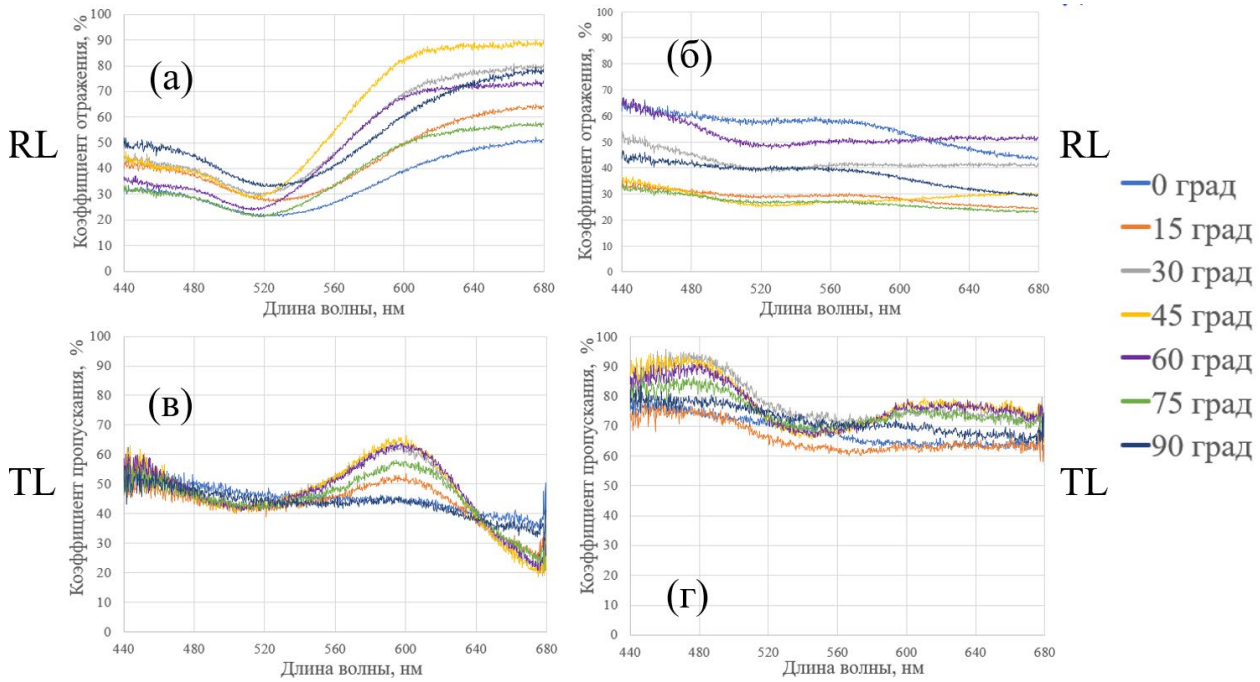


Рис. 3 – Спектры отражённого света (RL) для а) одномерных и б) двумерных ортогональных структур; спектры проходящего света (TL) для в) одномерных и г) двумерных ортогональных структур для различных углов поворота структур в поляризованном свете

К тому же управляемые свойства генерации двумерных решёток позволяют внедрять их в защитные знаки не только в качестве исключительных областей дополнения, но и в виде целых символов, изображений. Например, на рисунке 4 представлена записанная структура в виде буквы «И», причём сама буква представляет собой двумерную решётку, а фон вокруг неё – одномерную. Виден эффект, когда фон меняет свой цвет, буква остаётся неизменной по восприятию человеческим глазом (рис.4,а). При определённых наблюдениях можно добиться обратного эффект – наблюдатель будет видеть изменение цвета буквы при остающемся тёмным фоном (рис.4,б).

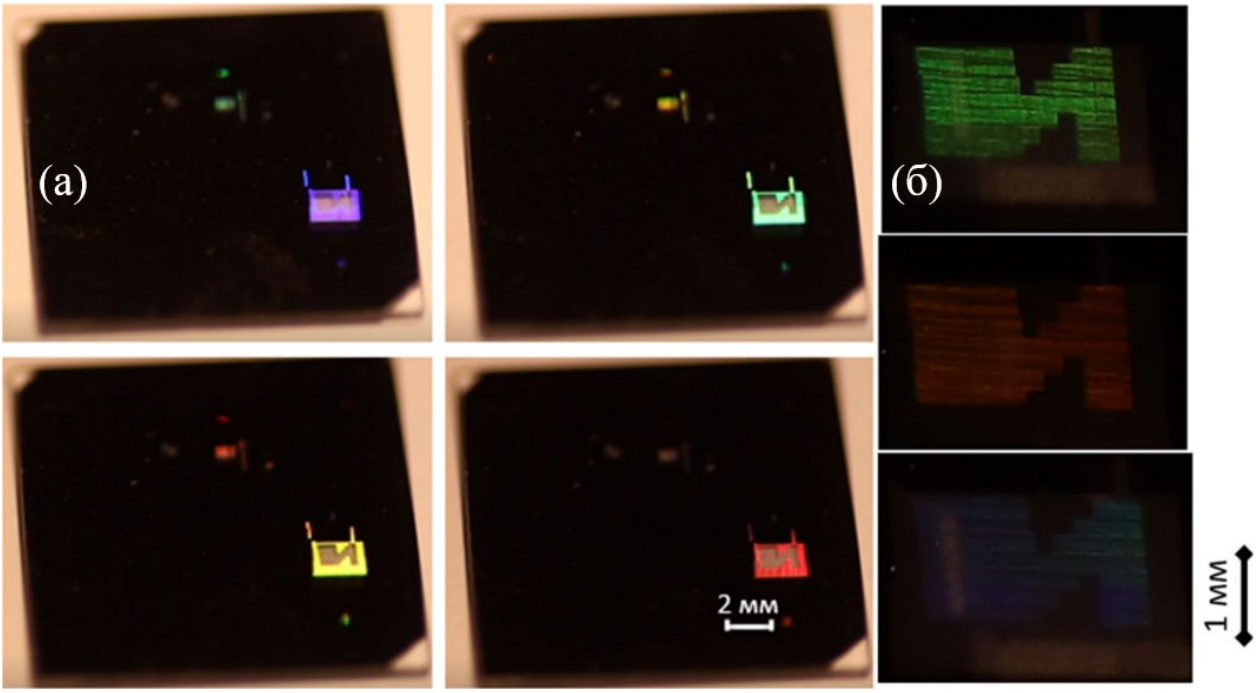


Рис. 4 – Дисперсионные свойства а) одномерных и б) двумерных структур на защитном знаке, нанесённом на титановую плёнку

В результате исследований удалось определить режимы воздействия импульсного лазерного излучения ИК-диапазона, в которых можно успешно генерировать ЛИППС на плёнках титана толщиной 30 нм, нанесённых на диэлектрическую подложку. В этих режимах имеется возможность записи двумерных структур, которые являются результатом суперпозиции новой решётки с уже имеющейся. Периоды решёток имеют величину, сравнимую с периодом одномерных ЛИППС, из которых они состоят (порядка 0,7λ); углы наклона структур подтверждают наличие того или иного вида симметрии (осевая для одномерных; гексагональная и ортогональная для двумерных). Выявлено, что одномерные и двумерные решётки проявляют поляризационные свойства в схеме со скрещенными поляризаторами, разница в интенсивности отражения в зависимости от поворота решетки может достигать 30–40%. Также оба типа структур проявляют дисперсионные свойства под различными углами освещения с различной интенсивностью. В перспективе полученные результаты могут быть применены для создания новых голографических защитных знаков и элементов маркировки.

Список использованных источников

1. Bonse J. et al. Femtosecond laser-induced periodic surface structures // Journal of Laser Applications. – 2012. – Т.24. – №4. – С. 042006.
2. Bonse J. et al. Laser-induced periodic surface structures—A scientific evergreen // IEEE Journal of selected topics in quantum electronics. – 2016. – Т.23. – №3. DOI:10.1109/JSTQE.2016.2614183.
3. Sinev D.A. et al. Formation of the Submicron Oxidative LIPSS on Thin Titanium Films During Nanosecond Laser Recording // Nanomaterials. – 2020. – Т.10. – №11. – С. 2161.

УДК 004.4’42

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРПРЕТАТОРА RISC-ПРОЦЕССОРА КАК ЦЕЛЕВОЙ МАШИНЫ

Суркис А.И.

Научный руководитель – Лаздин А.В., кандидат технических наук, преподаватель факультета программной инженерии и компьютерной техники, начальник отдела студенческого вычислительного центра

asurkis@yandex.ru

Ключевые слова
Компилятор, RISC, ассемблер, архитектура процессора, интерпретатор.

Проектирование компиляторов включает две основные фазы: анализа (frontend) и синтеза (backend) [1]. Независимо оттого, является ли разработка промышленным проектом или работой, выполненной студентом в рамках учебного задания, важной частью фазы синтеза является процесс генерации кода целевой машины. Промышленные компиляторы обычно ориентируются на набор команд процессоров, например семейства x86_64, или байт-код виртуальных машин JVM для языка Java, или исполняющей среды CLR для пакета Microsoft .NET Framework.

Данная работа ориентирована на предоставление целевой машины для выполнения программных заданий по курсу проектирования компиляторов для студентов бакалавриата или магистратуры, соответствующих специальностей.

Отсутствие общей в рамках единого курса целевой машины не позволяет студентам увидеть выполнение скомпилированного кода, и, следовательно, студенты не имеют возможности удостовериться в работоспособности разработанного компилятора. Цель исследования заключается в разработке и внедрении среды выполнения для курса.

Рассмотренные выше примеры целевых машин обладают весьма высокой сложностью для их использования в образовательных целях. Собственно, само изучение возможностей и методов их использования может быть предметом отдельных учебных курсов. Поэтому было принято решение предложить архитектуру целевой машины, которая с одной стороны была бы достаточна проста для изучения, а с другой стороны позволяла бы доводить студенческие проекты до фазы генерации кода.

Можно выделить следующий набор требований, предъявляемых к разрабатываемой архитектуре:

1. Учебный язык программирования, используемый в учебном курсе, является полным по Тьюрингу, следовательно и язык целевой машины должен обладать этим свойством.
2. RISC-ориентированный набор команд и организация вычислений. Это объясняется в первую очередь тем, что обычно для проектирования компиляторов CISC архитектура является весьма избыточной с точки зрения генерации кода, а малое число регистров общего назначения существенно усложняют процесс распределения регистров. Кроме того, применение RISC архитектуры позволяет за счет большого числа регистров (31 регистр общего назначения x1-x31 и один регистр, результат чтения из которого всегда 0 — x0) организовывать передачу фактических параметров в функции не через оперативную память (обычно стек), а посредством регистрового пула.
3. Организацию ввода-вывода.
4. Организацию представления памяти целевой машины.

Возможным решением было бы использовать один из существующих ассемблеров или интерпретаторов. Эти решения в основном делятся на два типа ассемблеры, генерирующие исполняемый машинный код реального компьютера: NASM, FASM, или интерпретаторы упрощенных архитектур, как RISC-V.

Основные выявленные недостатки ассемблеров:

- сложность архитектуры, к которой относятся:
  - система команд [2];
  - модель памяти;
  - системные вызовы, необходимые для ввода-вывода;
- отсутствие универсальности:
  - системные вызовы зависят от операционной ключи компьютера студента;
  - архитектура зависит от типа процессора. На данный момент наиболее распространенной является архитектура AMD64, также известная как x86_64, но существуют компьютеры также и с ARM64. Также встречаются 32-битные архитектуры.

Основным недостатком существующих интерпретаторов является отсутствие системы ввода-вывода.

Известны решения для целей обучения, например SPIM [3], являющийся имитатором для архитектуры MIPS32, однако это решение не лишено следующих недостатков:

1. MIPS32 без расширений полагается на системные вызовы для ввода-вывода. Это означает, что ввод-вывод будет сложным и зависимым от операционной системы;
2. MIPS32 резервирует 8 регистров из 32, что связано с расчетом на промышленные компиляторы для реальных процессоров;
3. MIPS32 использует прерывания для обработки ошибок. Правильная обработка прерываний является сложной и не рассматривается в рамках курса.

Таким образом, разработанная система позволит:

- упростить процесс разработки компилятора;
- использовать минимальный набор команд;
- осуществлять простой ввод-вывод;
- выполнять код целевой машины как пошагового, так и до останова.

Для определения будущей архитектуры был разработан компилятор простого языка на основе Bison и Flex, в соответствии с изучаемыми студентами технологиями. Итоговый ассемблер должен получаться одним проходом по абстрактному синтаксическому дереву.

За основу архитектуры была взята архитектура RISC-V [4]. Для обеспечения простоты добавлены команды посимвольного ввода-вывода eread и ewrite. Для обеспечения простоты преобразования логических выражений добавлены команды сравнения с сохранением в регистр: eq, neq, lt, geq. RISC-V уже содержит команды условных переходов со всеми указанными типами сравнений: beq, bne, blt, bge — но для преобразования выражений с использованием этих команд требуется более сложная обработка в сравнении с арифметическими командами с сохранением в регистр.

Есть 31 регистр общего назначения: x1-x31, и один регистр, результат чтения из которого всегда 0 — x0. Вместе они составляют 32 адресуемых 32-битных регистра. Нет специальных правил обработки регистров, как автоматическое смешение указателя стека, в MIPS32 и RISC-V обусловленных реализацией рекурсии. Если студент добавляет рекурсию в программу, это можно сделать на уровне компилятора, соглашение о вызовах студент может разработать самостоятельно.

Память представляется массивом из 2^{16} (65536) 32-битных ячеек, одна ячейка — минимальная единица адресации: первая ячейка памяти имеет адрес 0, последняя — адрес 65535. Команды загрузки из памяти в регистр и сохранения регистра в память всегда оперируют одним 32-битным словом. Одна команда записывается в одну ячейку. Виртуальная память не делится на страницы. Можно заметить, что подобная концепция схожа с БЭВМ, используемой в курсе «основы вычислительной техники». Это связано с тем, что в обоих случаях используется простая виртуальная машина. БЭВМ является простой с точки зрения устройства процессора, в то же время разработанный интерпретатор должен быть простым с точки зрения разработки компилятора. Производительность не является первоочередным критерием.

Пример кода компилятора для разработанной архитектуры:

```
static void translate_push(int reg) {
 printf(«\tsw x%d, x1, 0\n», reg);
 printf(«\taddi x1, x1, 1\n»);
}

static void translate_pop(int reg) {
 printf(«\taddi x1, x1, -1\n»);
 printf(«\tlw x%d, x1, 0\n», reg);
}

static void
ast_traverse_translate_push_list(
 struct ast *node,
 struct translate_context *context) {
 AST_CAST_SELF(push_list)
 ast_traverse_translate(self->next, context);
 context->register_counter = 3;
 ast_traverse_translate(self->expr, context);
 translate_push(context->register_counter);
 context->stack_depth++;
}
```

Пример программы, подаваемой на вход компилятору:

```
proc print(val) var buf[10], neg, pos
{ neg := *val < 0;
 if (*val < 0) { val := -*val; }
 if (*val == 0) { write(48); }
 else
 { pos := 10;
 while (*val)
 { pos := *pos - 1;
 buf + *pos := 48 + *val % 10;
 val := *val / 10; }
 if (neg) { write(45); }
 while (*pos < 10)
 { write(*(buf + *pos));
 pos := *pos + 1; }}}

proc main()
{ print(-12345678);
 write(10); }
```

Пример выполнения скомпилированной программы приведен на рисунке.

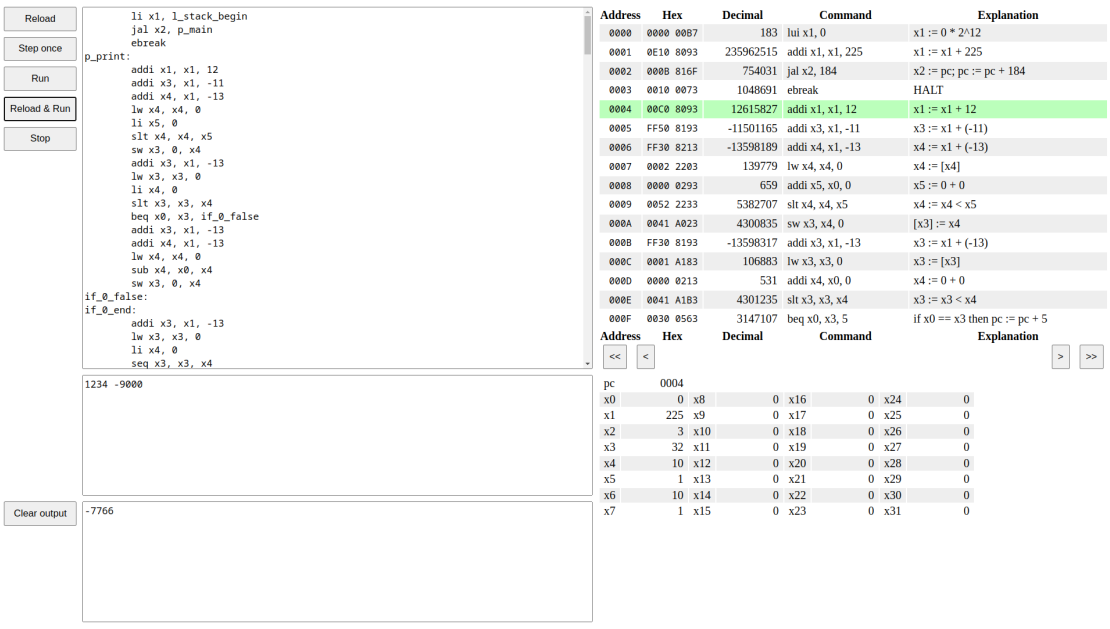


Рисунок. Пример выполнения кода

В результате работы были сформулированы требования к интерпретатору, который и был реализован с соответствием с ними. Данный интерпретатор поддерживает RISC архитектуру с определенным в ходе работы набором команд, кроме того, были решены вопросы организации хранения программы и данных в оперативной памяти, содержимое которой отображается интерпретатором.

Список использованных источников

1. Ахо А.В., Лам М.С., Сети Р, Ульман Д.Д. Компиляторы. Принципы, технологии, инструментарий, 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1184 с.
2. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer’s Manual Combined Volumes: 1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B, 3C, 3D, and 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cdrdv2.intel.com/v1/dl/getContent/671200 (дата обращения: 20.04.2022).
3. SPIM: A MIPS32 Simulator. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://spimsimulator.sourceforge.net/ (дата обращения: 20.04.2022).
4. The RISC-V Instruction Set Manual Volume I: User-Level ISA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://riscv.org/wp-content/uploads/2017/05/riscv-spec-v2.2.pdf (дата обращения: 20.04.2022).

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ФИШИНГОВЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАКТОРИЗАЦИИ МАТРИЦ

Челноков Н.П.

Научный руководитель – Менщиков А.А., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления, директор учебно-практического центра - Киберполигон

ssskifastss@gmail.com

Ключевые слова

Машинное обучение, фишинг, информационная безопасность, веб-технологии, социальная инженерия, веб-приложение, конфиденциальность.

В настоящее время в глобальной сети Интернет располагается бесчисленное множество сайтов, сервисов и приложений. Некоторые приложения являются онлайн-магазинами, некоторые являются поставщиками платежных услуг (банки, платежные шлюзы), а некоторые отвечают за работу важнейших государственных учреждений. В связи с этим вопросом высокой важности является обеспечение безопасности веб-приложений и их пользователей. Развитие и изменение веб-приложений и используемых при разработке веб-технологий происходит с большой скоростью. Вместе с технологиями разработки совершенствуются и технологии, и методы, с помощью которых потенциальные злоумышленники могут получить доступ к конфиденциальным данным пользователей. В связи с быстрым развитием веб-технологий и сети Интернет растет и угроза фишинга. Фишинг (англ., Phishing, от слова «рыбалка») – способ атаки на пользователя сети Интернет с целью получения доступа к конфиденциальным данным пользователя. По данным международной ассоциации по вопросам фишинга APWG [1], количество уникальных фишинговых атак в декабре 2021 года достигло 316 тысяч, что является самым высоким зафиксированным месячным показателем. На рисунке 1 представлен график уникальных фишинговых атак за 2021 год.

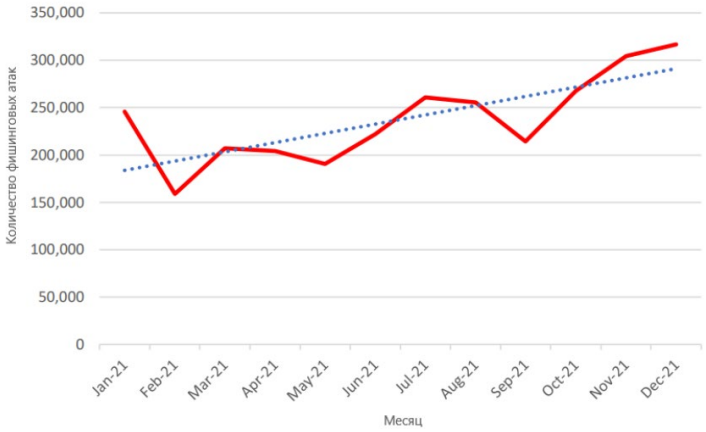


Рис. 1 – Количество уникальных фишинговых атак за 2021 год [1]

Основная проблема фишинга заключается в том, что данный тип атаки невозможно предотвратить стандартными решениями, например, межсетевыми экранами или использованием шифрования. Любой крупной компании необходимо следить за появлением фишинговых ресурсов, связанных с их брендами. В противном случае это может повлечь большие репутационные и финансовые потери. В связи с этим, компании прибегают к использованию антифишинговых систем и специалистов в Data Science. На рынке и в

Интернете существует немало подходов к реализации антифишинговых систем и поиску фишинговых веб-приложений, однако они имеют следующие недостатки:

1. Отсутствие учета «взаимодействия» характеристик.
2. Низкий уровень гибкости и масштабируемости.
3. Ограниченная возможность адаптации к развивающимся техникам атак.
4. Относительно низкая точность обнаружения.

Наиболее ранние решения, например, LinkGuard [2], предлагали алгоритм обнаружения, основанный на использовании статических шаблонов и фильтров. Очевидным недостатком данных систем и является использование данных шаблонов. Потенциальные злоумышленники могут строить свои атаки и веб-приложения таким образом, что созданные фильтры не будут обнаруживать фишинг. Более современные решения предлагают использование машинного обучения с целью создания более гибкой и адаптируемой системы. Так, в работе [3] представлено использование персептрона также на основе БД PhishTank с использованием восемнадцати признаков. Полученные метрики в виде доли правильных ответов, точности и полноты составили 0.83 каждая. Данный результат можно назвать удовлетворительным, однако у большинства работ, основанных на машинном обучении, присутствуют два ключевых недостатка: использование недостаточного количества признаков и отсутствие возможности обработки сильно разреженных данных.

Модели машинного обучения на основе факторизации матриц, машины факторизации, обладают всеми необходимыми для решения поставленной задачи характеристиками. Машины факторизации как модель машинного обучения впервые представлены Стеффеном Ренделлом в 2010 году [4]. Ренделл представил машины факторизации (FM) как новый вид моделей нейронных сетей, который совмещает в себе положительные качества как машины опорных векторов (SVM), так и факторизационных моделей. Основным выделяемым авторами плюсом машин факторизации является учет взаимодействия параметров. Одной из главных проблем в обнаружении фишинговых веб-приложений с помощью методов машинного обучения является тот факт, что в классических моделях машинного обучения не учитывают взаимодействие параметров (характеристик) анализируемых приложений. Суть взаимодействия признаков сводится к их зависимости (корреляции) друг от друга. Математически, данный объект можно выразить матрицей n*n (n^2), где n – число обрабатываемых признаков. Становится очевидным тот факт, что классические модели не в состоянии справляться с такой задачей, ведь хранение и обработка (на каждом шаге данная структура изменяется) такой структуры требует больших вычислительных мощностей и большого объема оперативной памяти. Именно машины факторизации делают возможным такие вычисления. Одно из главных преимуществ машин факторизации – линейная сложность вычислений. Сложность машин факторизации выражается как O(kn), где k – гиперпараметр, определяющий ранг факторизации, а n – количество обрабатываемых признаков веб-приложений (размерность входного вектора). Машины факторизации могут использовать в качестве входных данных любой объект реального мира, представленный в виде вектора признаков. С помощью передачи данных различного формата (изменение входных векторов) машины факторизации могут заменять специализированные модели, т.е. они универсальны. Как указывают авторы, пользователю не обязательно знать все аспекты и нюансы машин факторизации, чтобы создать эффективную модель, т.е. простота использования является также одним из неоспоримых положительных аспектов.

Модель попарного взаимодействия параметров можно описать математически в виде полиномиальной регрессией второго порядка:

$$y(x)=w_0+\sum_{i=1}^{n} w_i x_i+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=i+1}^{n} W_{ij} x_i x_i,$$

где W_{ij} – матрица весов взаимодействия элементов x_i и x_j.

Такая матрица обладает размерностью n^2 – она является большой, хранение в памяти такого объекта не представляется возможным. Как было описано вышел, данную матрицу

можно факторизовать с помощью разложения Холецкого. Таким образом, представив v_i как i-й вектор матрицы V, можно сделать вывод, что модель будет выполнять обучение скрытого вектора v_i для каждого элемента x_i и веса попарного взаимодействия параметров w_{ij} можно выразить как скалярное произведение скрытых соответствующих скрытых векторов для элементов x_i и x_j:

$$y(x)=w_0+\sum_{i=1}^{n} w_i x_i+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=i+1}^{n}\left\langle v_i,v_j\right\rangle x_i x_i, \quad (1)$$

где скалярное произведение скрытых векторов (размерности k) вычисляется следующим образом:

$$\left\langle v_i,v_j\right\rangle=\sum_{m=1}^{k} v_{i,m} v_{j,m}.$$

Формула (1) является математическим представлением модели машин факторизации. Параметры, содержащиеся в формуле, обновляются с учетом оптимизационных методов (стохастических). Производится псевдослучайное изменение параметров с целью улучшения результата. На практике зачастую используется метод стохастического градиентного спуска (SGD), так как он показывает оптимальную (практически самую) высокую производительность в сравнении с другими методами.

Машины факторизации с учетом специфики полей (FFM) являются вариацией моделей машин факторизации (FM). Полностью представленная и сформулированная концепция машин факторизации с учетом специфики полей была представлена Ючином Хуаном и др. в 2016 году [5]. Краткое отличие от машин факторизации заключается в обработке взаимодействия характеристик. Как было сказано выше, машины факторизации учитывают попарные взаимодействия характеристик, однако они принимают за факт то, что взаимодействия (объект1, объект2) и (объект2, объект1) одинаковые. Машины факторизации с учетом специфики полей же, принимают данные взаимодействия за различные. Более обобщенно – данная модель представляет концепцию полей.

Введенный дополнительный параметр, поле – это группа, объединение характеристик. Например, отдельные свойства URL веб-приложений (длина, символы и т.д.) являются характеристиками, а полем для них всех может быть «URL». Поля не являются фиксированным объектом. Их можно формировать в произвольном виде, например, можно выделить поле характеристик, относящихся так или иначе только к коду страницы, например, «CODE» (HTML-теги, ссылки, JavaScript и т.д.).

В данной работе особый интерес представляют базы данных фишинговых ресурсов, которые собираются и обновляются пользователями сети Интернет со всего мира, такие как PhishTank, OpenPhish и Phishing.Database. Основное преимущество представленных открытых баз данных заключается в том, что каждый сайт проходит ручную проверку перед тем, как попасть в базу. Также за каждый сайт происходит голосование пользователей с целью верификации, является ли предоставленный ресурс фишинговым или нет.

Для обработки данных использовался скрипт, написанный на языке программирования Python, который выполнял обработку адреса (URL) приложения, запрашивал и обрабатывал информацию о DNS, ранге страницы и других признаках. Далее была выполнена обработка и агрегация данных. Для наглядности была сделана выборка из десяти тысяч элементов, в которых соотношение фишинговых и легитимных веб-приложений примерно равно.

Также было проведено исследование современных фишинговых атак, что позволило выполнить корректное и наиболее полное выделение признаков для классификаторов, устраняя один из недостатков большинства работ, основанных на машинном обучении. В качестве примера в работе был представлен анализ атаки на криптовалютную биржу Coinbase в 2022 г.

Основным языком программирования для реализации системы обнаружения фишинговых веб-приложений был выбран Python. Выбор был сделан в пользу двух библиотек:

FastFM и XLearn, так как их создатели заявляют, что данные библиотеки многофункциональны и работают быстрее их предшественника – libfm Стеффена Ренделла.

На рисунке 2 представлена общая схема работы разработанной системы. На вход в систему подается строка, содержащая адрес (URL) веб-приложения. Далее выполняется обработка полученного адреса в зависимости от того, выделение какого признака происходит на данном этапе. Для обработки некоторых признаков достаточно самой строки с адресом, для других необходимо выполнять запросы на сторонние ресурсы с целью получения информации об анализируемом веб-приложении. После выполнения обработки числовых значений признака (например, количество поддоменов) происходит классификация данного признака. Деление происходит на фишинговые, подозрительные и легитимные признаки. Всего выполняется обработка тридцати признаков. На рисунках 3 и 4 представлены типовые схемы обработки признаков веб-приложения.

Рис. 2 – Общая схема работы системы

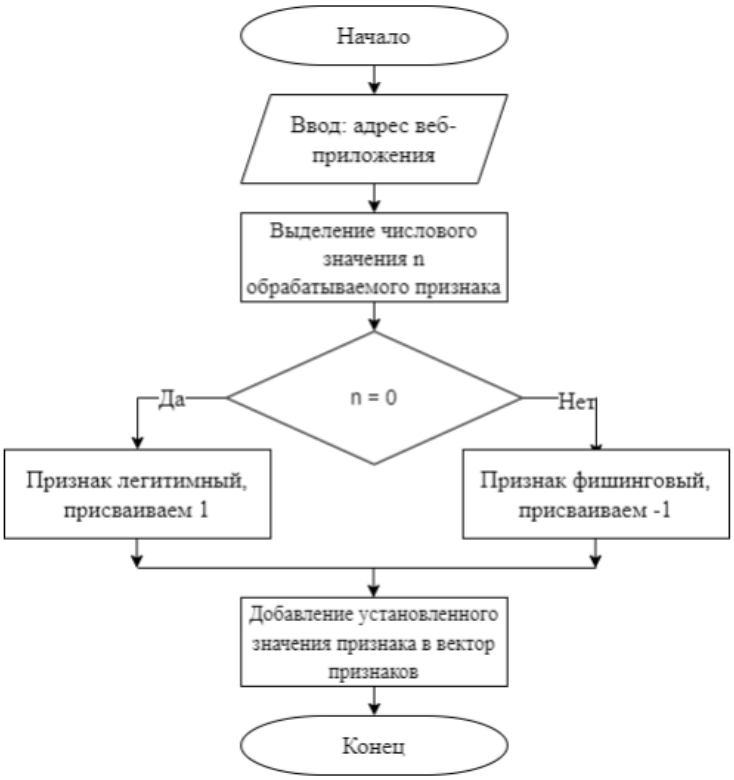


Рис. 3 – Общая схема работы системы

Типовые схемы, представленные на рисунках 3 и 4, различаются в градации устанавливаемых значений. Типовая схема, представленная на рисунке 4 отличается наличием трех устанавливаемых значений: «-1», «0» и «1», где «-1» и «1» совпадают с таковыми на схеме на рисунке 3 («-1» - фишинговый, «1» - легитимный), а «0» означает подозрительный признак. В блоках «Условие 1» и «Условие 2» происходит сравнение выделенного числового значения признака с предопределенным значением. Предопределенное значение было определено для каждого признака после этапа изучения современных фишинговых атак.

Стоит отметить, что количество признаков может быть расширено до любого числа, поэтому в данном разделе были представлены типовые схемы без конкретных значений.

Подбор параметров выполнялся с помощью автоматизированной программы на языке программирования Python. Таким образом, были подобраны оптимальные значения параметров для обучения моделей. В таблице показаны максимальные достигнутые значения метрик при обучении трех моделей на базе библиотек FastFM и xLearn.

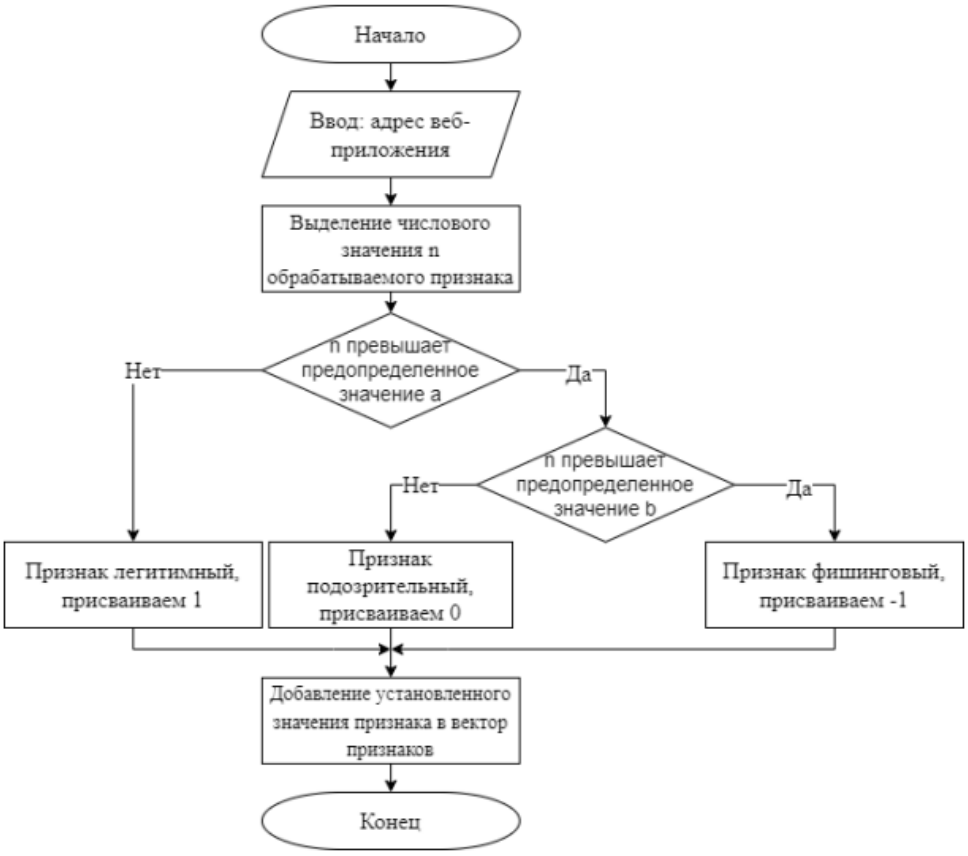


Рис. 4 – Общая схема работы системы

Таблица

Сравнительная таблица результатов обучения моделей

Метрика\Модель	FastFM	xLearn(FM)	xLearn(FFM)
Доля правильных ответов	0.93	0.94	0.95
Точность	0.93	0.95	0.97
Полнота	0.95	0.95	0.96
AUC	0.96	0.98	0.99
Время	2.15	15.46	41.57

Обученные модели показали высокий результат в производительности. Можно сделать вывод, что самой оптимальной моделью с точки зрения скорости работы (при условии высокого параметра ранга факторизации) является xLearn (FM). Если же системе приходится работать с данными очень сильной разреженности, следует использовать модель xLearn (FFM). Стоит отметить, что созданная система является легко расширяемой и масштабируемой. Дальнейшее развитие данной работы состоит в разработке программного или веб интерфейса для мгновенного выполнения анализа веб-приложений. Кроме того, можно также исследовать зависимость производительности расширенных моделей в зависимости от количества признаков и полей.

Список использованных источников

1. APWG Phishing Activity Trend Report 4th quarter 2021: отчет APWG. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.apwg.org/reports/apwg_trends_report_q4_2021.pdf?_ga=2.148124660.2117106432.1650644954-1863188452.1648742513&_gl=1*3fdv7d*_ga*MTg2MzE4ODQ1Mi4xNjQ4NzQyNTEz*_ga_55RF0RHXSR*MTY1MDY0NDk1My4yLjEuMTY1M DY0NDk1My4w (дата обращения: 22.01.2022).

2. Chen J., Guo C. Online detection and prevention of phishing attacks // 2006 First International Conference on Communications and Networking in China. – IEEE, 2006. – С. 1–7.
3. Pratiwi M.E., Lorosae T.A., Wibowo F.W. Phishing site detection analysis using artificial neural network // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2018. – Т.1140. – №1. – С. 012048.
4. Rendle S. Factorization machines // 2010 IEEE International conference on data mining. – IEEE, – 2010. – С. 995–1000.
5. Juan Y. et al. Field-aware factorization machines for CTR prediction // Proceedings of the 10th ACM conference on recommender systems. – 2016. – С. 43–50.

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНУЮ ИНФОРМАЦИЮ, НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Щиголев Н.А.

Научный руководитель – Воробьева А.А., доцент, кандидат технических наук, доцент и старший научный сотрудник факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления

nschigolev@yandex.ru

Ключевые слова

Чувствительная информация, персональные данные, методы распознавания образов, оптическое распознавание символов, искусственные нейронные сети, машинное обучение, информационная безопасность.

Актуальность темы исследования заключается в том, что в изображениях, например в отсканированных документах, отправляемых на удаленные серверы, может присутствовать чувствительная информация с конфиденциальными или же персональными данными, для которых необходимо гарантировать информационную безопасность [1]. Для того, чтобы предотвратить случаи неправомерного доступа злоумышленником к этим сведениям, необходима разработка надежных превентивных методов обеспечения конфиденциальности данных в файлах изображений документов, а именно обнаружения и извлечения текстовой информации с помощью инструментов оптического распознавания символов (OCR), а также ее классификации и последующего предотвращения утечки. Выявление частных документов до сих пор остается сложной задачей, являющейся причиной многочисленных исследований и разработок [2,3,4]. Однако авторы в этих статьях делают больший акцент на этапе классификации извлеченной информации, используя современные подходы глубокого обучения, и применяют устаревшие инструменты OCR. Повышение корректности распознавания текста в данном случае является первоочередной задачей прежде всего потому, что качество результата отнесения изображения к классу частных документов напрямую зависит от того, насколько точно информация была извлечена. На практике документ не всегда имеет удобочитаемый формат для распознавания текста алгоритмами OCR, что объясняется наличием на изображении множества вариантов стилей шрифтов, языков, нестандартных фонов, а также узоров, бликов и т.д. [5]. Научная новизна работы заключается в применении конвейера, представляющего из себя связку эффективных алгоритмов OCR и классификации, для исследования повышения точности выявления частных документов. Целью работы является повышение точности выявления документов, содержащих чувствительную информацию, посредством разработки модификации алгоритма на основе методов распознавания образов.

Чувствительная информация [6] – это данные, которые должны быть защищены от потери, неправильного использования, модификации или несанкционированного доступа в целях обеспечения информационной безопасности. Неправомерные действия с такой информацией могут негативно повлиять на благополучие или частную жизнь человека, активы бизнеса или даже на безопасность и международные отношения страны. Одной из категорий чувствительной информации является персональная информация, которая позволяет прямо или косвенно установить личность. Потеря, компрометация или раскрытие такой информации без разрешения может привести к существенному моральному ущербу по отношению к физическому лицу. В данной работе рассматривалось выявление персональных данных, так как они имеют более структурированный характер относительно других категорий чувствительной информации.

Выявление чувствительной информации в документах заключается в последовательной обработке изображения алгоритмами распознавания образов и классификации. В данной статье приоритетной областью для исследования и улучшения существующих методик выявления чувствительных данных в документах были выбраны именно системы распознавания текста, так как на сегодняшний момент точность обработки этого вида информации, от которой напрямую зависит успех выполнения рассматриваемой задачи, не идеальна [7,8]. Для проведения экспериментального исследования и определения лучшего инструмента по оценке их качественных критериев было выбрано четыре популярных OCR решения, а именно ABBYY FineReader Engine, Google Cloud Vision, Tesseract [9] и EasyOCR [10].

Tesseract и EasyOCR оказались самыми доступными и конкурентно способными программными продуктами. Также важно отметить наличие в EasyOCR “из коробки” детектора текста CRAFT, показавшего свою эффективность среди других алгоритмов решения задачи определения местонахождения ограничивающих рамок текста на изображении [11]. Поэтому предполагается, что EasyOCR улучшит показатели точности в сравнении с существующим решением на основе Tesseract [3], и в будущем предлагаемый алгоритм на основе этого фреймворка будет способен легко интегрироваться в любую информационную систему, где потребуется обеспечение высокого уровня информационной безопасности. Сравнение качественных критериев инструментов OCR представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение качественных критериев инструментов OCR

Качественный критерий	**ABBYY FineReader Engine**	**Google Cloud Vision (OCR)**	**Tesseract**	**EasyOCR**
Открытый исходный код	Нет	Нет	Да	Да
Архитектура	–	–		
Бесплатный	Нет	Нет	Да	Да
Доступен в виде онлайн-сервиса	Нет	Да	Да	Да
Возможность интеграции в приложение	Да	Да	Да	Да
Доступен в виде услуги	Да	Да	Да	Да
Поддерживает мультиязычность	Да	Да	Да	Да
Поддержка ОС	Windows, Linux, Mac OS	Windows, Linux, Mac OS и др. UNIXподобные	Windows, Linux, Mac OS и др. UNIXподобные	Windows, Linux, Mac OS и др. UNIXподобные

Также немаловажным аспектом исследуемой задачи является классификация распознанного текста. Подходы к ее реализации можно разделить на несколько категорий: подход, основанный на нейронных сетях [12,3], подход, основанный на классических алгоритмах машинного обучения [13], а также подход, основанный на сопоставлении со списком ключевых слов [14,3]. Для проверки гипотезы о потенциальной эффективности инструмента EasyOCR в сравнении с Tesseract были использованы два последних подхода в силу их легковесности и относительно простой реализации. Первый метод заключается в сопоставлении распознанных алгоритмом OCR токенов текста с элементами списка чувствительных атрибутов, который составляется на основе анализа датасета на наличие определенного подмножества приватной информации. Второй метод классификации заключается в использовании классических алгоритмов машинного обучения, а именно Naive Bayes, Decision tree, K-nearest neighbors, Random forest, Stochastic gradient descent, Support

vector machine [15] и Logistic regression. Подход нейронной классификации не рассматривался и, следовательно, был исключен из сравнения результатов эксперимента с существующим научно-техническим уровнем, поскольку нейронные сети занимают значительное пространство памяти вычислительного устройства за счет требуемого большого количества обучающих данных, а также требуют высоких вычислительных мощностей [16].

Был сформирован датасет из 700 изображений, в качестве положительного класса которого выступили изображения отсканированных идентификационных карт (id-card) и паспортов из набора данных MIDV, а также найденных в открытом доступе квитанций, счетов-фактур, чеков и т.п. В качестве отрицательного класса выступили изображения отсканированных страниц из наборов данных Ghega и DIQA, включающих в себя художественные тексты, научные статьи, руководства и т. п.

Согласно предлагаемому алгоритму, входящее изображение подвергается следующим последовательным преобразованиям: предварительной обработке изображения, распознаванию текста глубокими нейронными сетями EasyOCR, предварительной обработке извлеченного текста, классификации на основе метода опорных векторов.

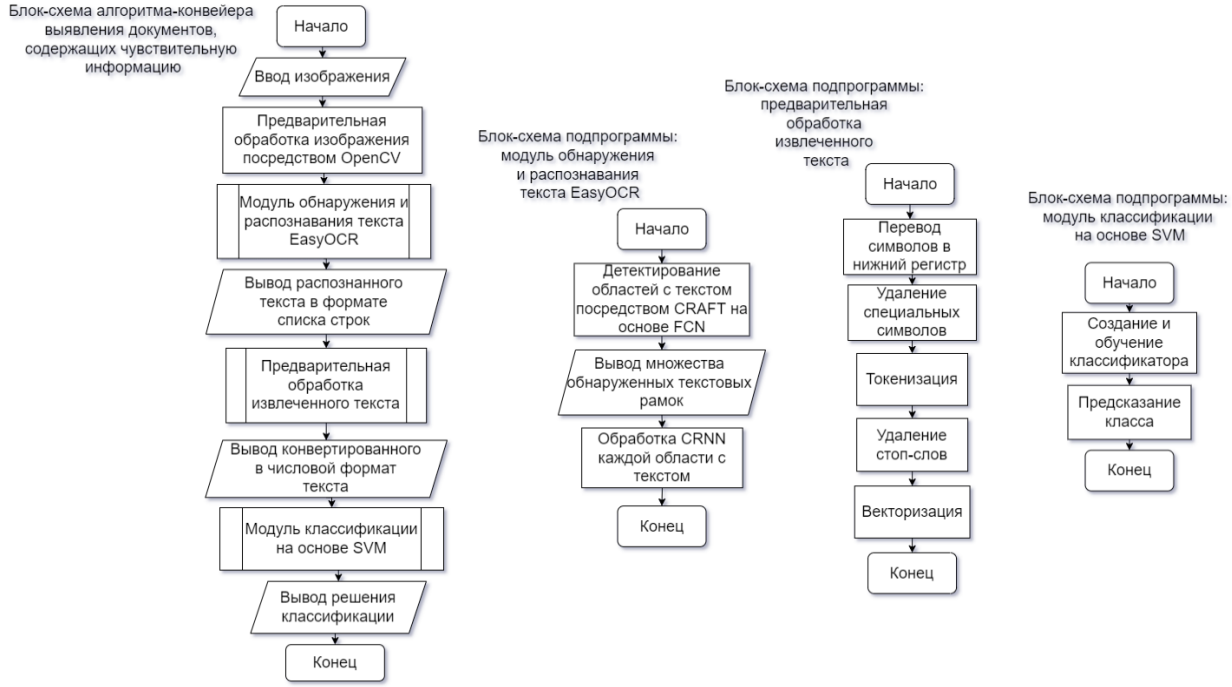


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма выявления документов, содержащих чувствительную информацию

На первом этапе был использован классический метод предобработки – преобразование входящего отсканированного изображения документа в изображение в градациях серого посредством библиотеки обработки изображений OpenCV. Далее изображение конвертируется в текст посредством модуля EasyOCR, в котором происходит обнаружение ограничительных рамок текстовых областей с помощью CRAFT, основанного на архитектуре FCN с VGG-16, и извлечение текста из каждой обнаруженной рамки с помощью CRNN модели распознавания, которая является комбинацией ResNet (извлечения признаков), RNN (LSTM – маркировка последовательности) и CTC (BeamSearch декодирование). После этого происходит предварительная обработка извлеченного текста из формата списка строк в числовой согласно следующим этапам: перевод символов в нижний регистр, удаление специальных символов, токенизация, удаление стоп-слов, векторизация. Наконец, конвертированный в числовой формат текст поступает в модуль классификации на основе метода опорных векторов SVM. В нем создается и обучается соответствующий классификатор на специально собранной выборке изображений. Далее происходит предсказание принадлежности поданного на вход алгоритму отсканированного документа к одному из двух

классов: приватному или публичному. На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма-конвейера выявления документов, содержащих чувствительную информацию, а также блок-схемы соответствующих этому алгоритму подпрограмм.

В ходе эксперимента реализация CRNN модели распознавания оказалась более эффективной: в то время, как точность Tesseract с LSTM на тестовом наборе данных равна 90,20%, предложенная модификация алгоритма увеличила этот показатель до 91,33%. Использование же стандартного для EasyOCR текстового детектора CRAFT в эксперименте повысило показатель точности Precision с 91,33% до 92,49%. Количественные результаты показателей точности представлены в таблице 2.

Таблица 2

Количественное сравнение показателей точности с использованием различных инструментов OCR и сопоставлением с ключевыми словами (СКС)

OCR решение	Метод классификации	Accuracy, %	Precision, %	Recall, %	F1 score, %	Error rate
Tesseract 4.0 (LSTM) + East	Сопоставление с ключевыми словами	83,30	90,20	76,50	82,80	0,1670
EasyOCR (CRNN) + модификация с East	Сопоставление с ключевыми словами	90,86	91,33	90,29	90,80	0,0914
EasyOCR (CRNN) + CRAFT	Сопоставление с ключевыми словами	92,00	92,49	91,43	92	0,0799

И все же метод классификации, основанный на сопоставлении распознанных токенов текста со списком чувствительных слов, не идеален. Весомый недостаток этого подхода заключается в том, что в случае присутствия в публичном документе не употребляющихся в контексте чувствительной информации ключевых слов, а их наличие в тексте статистически неизбежно, алгоритм отнесет его к классу приватных, не прибегая при этом к выявлению более сложных закономерностей в данных. Поэтому для эффективного решения этой проблемы и, следовательно, получения более точных результатов были применены классические алгоритмы машинного обучения с учителем. Для определения наилучшего метода использовалась 5-кратная перекрестная проверка. Для обучения моделей был применен простой и эффективный фреймворк прогнозного анализа данных Scikit-learn. Таким образом, метод, основанный на связке EasyOCR и классификатора SVM с TF-IDF векторизацией, превзошел все остальные варианты по баллу перекрестной проверки – Accuracy = 98,57%, Precision = 100%. По сравнению с простым методом сопоставления с ключевыми словами прирост точности предлагаемого решения составил 7,51%. В таблице 3 показано сравнение показателей точности модели в зависимости от ее преобразований.

Это исследование было направлено на разработку алгоритма, позволяющего производить автоматизированный анализ отсканированных документов на наличие чувствительной информации (персональных данных), на основе методов распознавания образов посредством нейронных сетей, а также метода классификации с помощью классического алгоритма машинного обучения SVM.

В дальнейших исследованиях в рамках данной темы возможно рассмотрение задачи выявления поддельных водительских прав, заключающейся в сопоставлении распознанной информации с помощью существующего алгоритма на основе EasyOCR с базой данных зарегистрированных документов.

Таблица 3

Количественное сравнение показателей точности с использованием различных классических алгоритмов машинного обучения

OCR решение	Метод классификации	Векторизация	Accuracy, %	Precision, %	Recall, %	F1 score, %	Error rate
EasyOCR (CRNN) + CRAFT	Сопоставление с ключевыми словами	–	92,00	92,49	91,43	92	0,0799
	Naive Bayes	Count	98,29	100	96,57	98,26	0,0171
		TF-IDF	98,29	100	96,57	98,26	0,0171
	Decision tree	Count	98,29	100	96,57	98,26	0,0171
		TF-IDF	94,86	97,58	92,00	94,70	0,0514
	Random forest	Count	97,71	100	95,43	97,66	0,0229
		TF-IDF	97,43	100	94,86	97,36	0,0257
	SGD	Count	97,43	99,40	95,43	97,38	0,0257
		TF-IDF	98,86	99,42	98,29	98,85	0,0114
	SVM	Count	98,29	99,42	97,14	98,27	0,0171
		TF-IDF	98,57	100	97,14	98,55	0,0143
	Logistic regression	Count	99,14	98,31	100	99,15	0,0086
		TF-IDF	98,00	100	96,00	97,96	0,0200
	KNN	Count	88,86	99,28	78,29	87,54	0,1114
		TF-IDF	98,00	100	96,00	97,96	0,0200

Список использованных источников

1. Share of corporate data stored in the cloud in organizations worldwide from 2015 to 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.statista.com/statistics/1062879/worldwide-cloud-storage-ofcorporate-data/ (дата обращения: 01.04.2022).
2. Myasnikov E., Savchenko A. Detection of sensitive textual information in user photo albums on mobile devices //2019 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – IEEE. – 2019. – С. 0384–0390.
3. Kopeykina L., Savchenko A.V. Automatic privacy detection in scanned document images based on deep neural networks // 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – IEEE, 2019. – С. 1–6.
4. Копейкина Л.Н., Савченко А.В. Обнаружение персональных данных в фотоальбоме на основе кластеризации лиц и классификации текста сканированных документов //Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020). – 2020. – С. 236–243.
5. Current State of OCR: Is OCR dead or is it a solved problem? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://research.aimultiple.com/ocrtechnology/#:~:text=OCR%20is%20not%20a%20stand,structured%20data%20 from%20their%20documents. (дата обращения: 01.04.2022).
6. Information sensitivity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Information_sensitivity (дата обращения: 05.04.2022).
7. Comparison of OCR tools: how to choose the best tool for your project. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medium.com/dida-machinelearning/comparison-of-ocr-tools-how-to-choose-the-best-tool-for-yourproject-bd21fb9dce6b (дата обращения: 07.04.2022).
8. Tafti A.P. et al. OCR as a service: an experimental evaluation of Google Docs OCR, Tesseract, ABBYY FineReader, and Transym // International Symposium on Visual Computing. – Springer, Cham, 2016. – С. 735–746.
9. Tesseract. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/tesseract-ocr/tesseract (дата обращения: 07.04.2022).
10. EasyOCR. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/JaidedAI/EasyOCR (дата обращения: 07.04.2022).

11. Baek Y. et al. Character region awareness for text detection // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2019. – С. 9365–9374.
12. ML & AI for Software Developers - Part 18 Binary Classification with Neural Networks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.atmosera.com/blog/binary-classification-with-neural-networks/ (дата обращения: 07.04.2022).
13. 5 Types of Classification Algorithms in Machine Learning. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://monkeylearn.com/blog/classificationalgorithms/ (дата обращения: 07.04.2022).
14. Retsinas G. et al. Efficient learning-free keyword spotting //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2018. – Т.41. – №7. – С. 1587–1600.
15. Advantages and Disadvantages of Neural Networks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.baeldung.com/cs/neural-net-advantagesdisadvantages (дата обращения: 07.04.2022).
16. SVM. Объяснение с нуля и реализация на python. Подробный разбор метода опорных векторов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/company/ods/blog/484148/ (дата обращения: 17.04.2022).

УДК 629.3.069

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

Щтенников Р.А.
Научный руководитель – Власов С.М., кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники

derrostikwe@mail.ru

Ключевые слова
Телеуправление, беспилотный автомобиль StarLine OSCAR, программно-аппаратный комплекс ALPHA, Сигма 10, захват сигнала ШИМ на микроконтроллере stm32.

В компании ООО «НПО «СтарЛайн» в проекте OSCAR занимаются разработкой беспилотного автомобиля четвертого уровня автономности на платформе Lexus RX450h. В автомобиль установлен программно-аппаратный комплекс ALPHA, представленный на рисунке 1, который интегрируется в штатную систему управления автомобиля и предоставляет интерфейс программного управления по USB и CAN с открытым протоколом передачи данных.

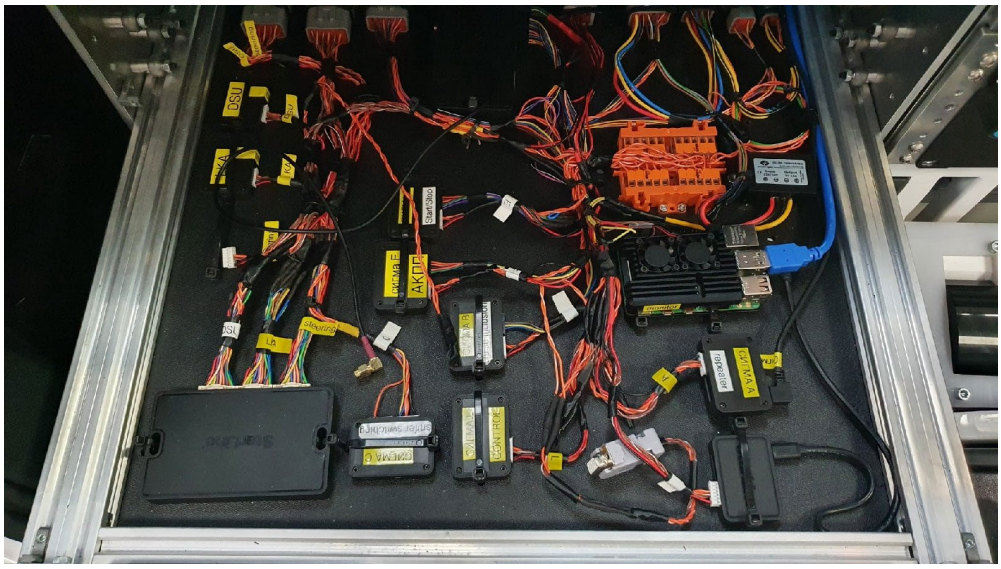


Рис. 1 – Программно-аппаратный комплекс ALPHA

Данный комплекс – набор модулей на базе серийного изделия StarLine Сигма 10, реализует управление узлами автомобиля – руль, педали газа и тормоза, коробка переключения передач и др. При установке и подключении необходимо протестировать работу комплекса. Сделать это можно двумя способами: отправкой команд управления вручную с компьютера при помощи конвертера USB-CAN каждому модулю по отдельности, подключение беспилотного оборудования и поездкой полностью в беспилотном режиме. Поэтому я решил разработать модуль, который позволит получать управляющий сигнал от дистанционного пульта управления, обрабатывать его и генерировать команды управления по интерфейсу CAN, что позволит быстро подключиться и управлять автомобилем (основными его органами управления) [1].

Для решения поставленной задачи необходимо было выбрать пульт дистанционного управления и приемник, исследовать сигнал от приемника и способы его обработки, выбрать программируемое устройство, разработать программное обеспечение и провести апробацию работы модуля.

У меня в наличии был пульт управления Futaba 4PK-2.4G и четырехканальный приемник Futaba R614FS, работающие на частоте 2.4 ГГц. Сигнал от приемника – широтно-импульсная модуляция (ШИМ). На рисунке 2 видно, что амплитуда сигнала в районе 3 В, частота 300 Гц, изменение длительности положительного импульса от 980 мкс до 2065 мкс. Для обработки данного сигнала необходимо в каждый момент времени определять длительность положительного импульса путем измерения времени между передним фронтом и задним фронтом [2].

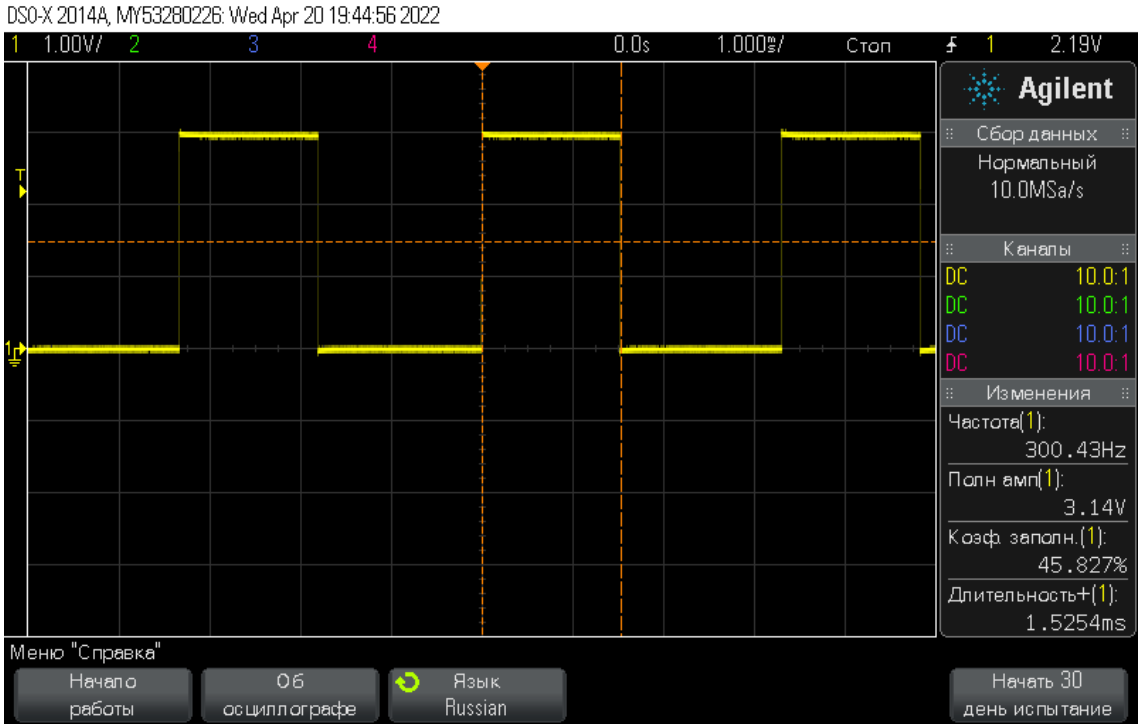


Рис. 2 – Сигнал ШИМ с первого канала приемника

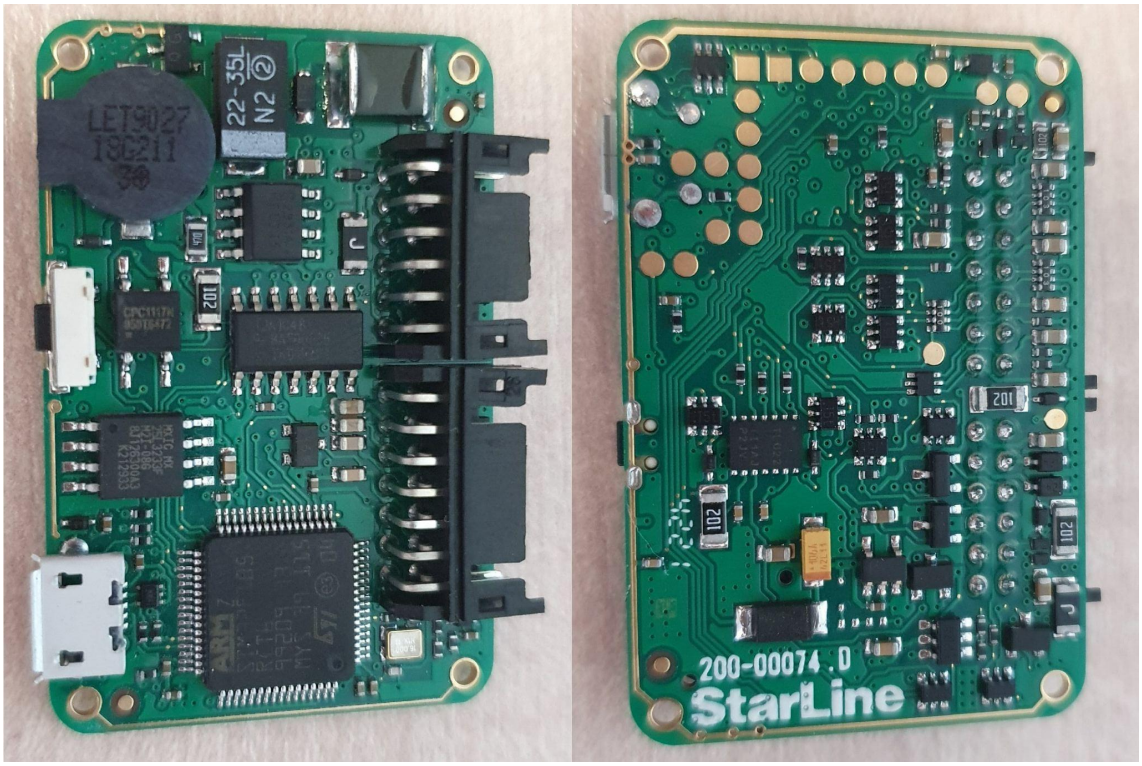


Рис. 3 – Устройство StarLine Сигма 10

Для выбора программируемого устройства был проведен анализ имеющихся устройств, которые пригодны для выполнения поставленной задачи – это отладочная плата NUCLEO-G071RB, Arduino UNO и StarLine Сигма 10. Сравнив их характеристики, было выбрано устройство Сигма 10, представленное на рисунке 3, по причине того, что у нее питание 12 В, что важно при установке и подключении к питанию от автомобильного аккумулятора, микроконтроллер stm32F105RC с наибольшей частотой тактирования 72 МГц, у нее имеется два интерфейса CAN, что упрощает работу с ним, у нее достаточное количество таймеров и портов ввода/вывода для реализации захвата четырех сигналов ШИМ и удобная среда разработки CubeMX, Keil µVision. К тому же, данное устройство используется в комплексе ALPHA, что поддерживает модульность системы и универсальность ее использования. Недостатком Сигма 10 является то, что она предназначена для подключения к цифровым шинам автомобиля. Поэтому необходимо было ее модернизировать – определить какие таймеры будут использоваться, на каких пинах микроконтроллера они располагаются и как они задействованы в схемотехнике устройства, и, изучив схемотехнику, выпаять лишние элементы на плате для прямого соединения пинов микроконтроллера с выходом на разъеме [3].

Программное обеспечение разработано на языке С, код оформлен согласно стандарту кодирования, принятого в компании СтарЛайн. Программное обеспечение состоит из двух программных модулей – один реализует захват сигналов ШИМ при помощи таймеров и DMA – прямого доступа к памяти, чтобы не нагружать процессор. Таймеры настроены на захват входного сигнала, таймер обнуляет свой счетчик при захвате переднего фронта, записывает значение счетчика в регистр при захвате заднего фронта. Данное значение и есть длительность положительного импульса. Второй модуль реализует обработку данного значения, формирование поля данных кадра CAN, и его отправку по интерфейсу CAN программно-аппаратному комплексу.

Апробация работы модуля заключалась в управлении беспилотным автомобилем StarLine OSCAR на полигоне под присмотром водителя-оператора, обеспечивающего безопасность эксперимента. Функционал пульта, представленный на рисунке 4, следующий: путем вращения маленького колесика сверху (канал 4) происходит включение беспилотного режима, далее при помощи кнопок (канал 3) переключается коробка передач в режим драйв, нейтраль, реверс, при помощи курка (канал 2) осуществляется управление ускорением (на себя) и торможением (от себя), управление рулением происходит при помощи большого колеса справа (канал 1): вращение по часовой стрелке – поворот руля вправо, вращение против часовой стрелки – поворот руля влево.

Рис. 4 – Органы управления пульта и их назначение

Таким образом, была проверена корректность работы комплекса управления автомобилем при помощи модуля телеуправления, предоставляющего инструмент для тестирования с быстрым подключением и интуитивно понятным, полноценным и комфортным управлением узлами автомобиля. В настоящее время модуль телеуправления установлен и активно используется в проекте OSCAR для тестирования комплекса ALPHA. Стоит отметить, что данный комплекс не привязан к конкретной марке и комплектации автомобиля, так и модуль телеуправления может быть применен и в дальнейшем будет использоваться для тестирования нижнего уровня управления беспилотным автомобилем, куда установлен комплекс ALPHA.

Список использованных источников

1. StarLine ALPHA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://alpha.starline.ru/ (дата обращения: 01.06.2022).
2. Документация Futaba 4PK-2.4G. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://manuals.hobbico.com/fut/4pks-2_4ghz-manual.pdf (дата обращения: 01.06.2022).
3. Документация stm32F105RC. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f105rc.html (дата обращения: 01.06.2022).

УДК 535.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОРТЕКС МОДУЛЯЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧА В ОТКРЫТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Яшин Д.А.

Научный руководитель – Наседкин Б.А., научный сотрудник лаборатории квантовых процессов и измерений, лаборатория квантовых коммуникаций

yashindan0023@gmail.com

Ключевые слова

Вихревые пучки, квантовое распределение ключа, атмосферная турбулентность, открытое пространство, фазовое кодирование.

Квантовые коммуникации или квантовое распределение ключа (КРК) с использованием атмосферного канала связи – это один из передовых разделов квантовых технологий. В настоящее время существует множество протоколов КРК, осуществляющих кодирование информации при помощи различных характеристик электромагнитного излучения. Так, наиболее часто применяемые протоколы КРК в открытом пространстве базируются на кодировании информации с использованием поляризационных состояний излучения. Несмотря на распространенность данного подхода, он имеет целый ряд существенных недостатков. Во-первых, такие системы требуют использования элементов комплекса КРК, обеспечивающих сохранение поляризации излучения, что снижает коммерческий потенциал таких систем. Во-вторых, системы на основе поляризационного кодирования не обеспечивают пространственную инвариантность ориентации приемо-передающих телескопических устройств, использующихся для ввода/вывода излучения из оптического волокна, что требует введения дополнительных методов компенсации поворота поляризации, усложняющих систему и ограничивающих ее производительность. В качестве альтернативы вышеупомянутому методу предлагается использовать протокол фазового кодирования, снимающий представленные ограничения и применяемый, например, в системе квантового распределения ключа на боковых частотах (КРКБЧ) [1]. Важной особенностью всех систем КРК, использующих атмосферный канал связи, является воздействие рассеивающих частиц и турбулентности атмосферы на распространяющееся излучение, выраженное в снижении предельной дальности передачи сигнала и ограничении скорости генерации ключа. Мерой противодействия данной проблеме может стать использование в качестве носителей информации вихревых пучков, например мод Лагерра-Гаусса, которые характеризуются большей стабильностью при распространении в открытом пространстве по сравнению с Гауссовыми пучками [2].

Таким образом, цель настоящей работы состоит в исследовании влияния использования вортекс модуляции (применения в качестве носителей информации вихревых пучков излучения) на характеристики системы КРКБЧ в атмосферном канале связи. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд поставленных задач, в числе которых:

1. Реализация математической модели процесса распространения сигналов в виде вихревых пучков в атмосферном канале связи с учетом влияния турбулентности.
2. Проведение численного моделирования процесса распространения сигнала по атмосферному каналу для вычисления потерь излучения в канале связи.
3. Выявление зависимостей коэффициента квантовых ошибок и скорости передачи квантовых бит от длины линии связи.
4. Проведение анализа эффекта от использования вихревых пучков в системах квантового распределения ключа в атмосферном канале связи путем сравнения случаев применения в качестве носителей информации Гауссовых пучков и вихревых пучков.

Теоретическая модель процесса распространения сигнала, представляющего собой вихревой пучок излучения, в атмосферном турбулентном канале опирается на метод случайных фазовых экранов [3] в приближении статичной турбулентности (полагается, что параметры турбулентности не зависят от времени и постоянны на всей длине канала распространения). Оценка параметров системы КРК проведена в соответствии с разработанной моделью процесса квантового распределения ключей на боковых частотах [4]. В теоретической модели учитывается вклад потерь от рассеяния Ми в атмосфере, зависящих от условий видимости [5], а также рассматриваются геометрические потери при детектировании сигнала, ввиду «блужданий» пучка как следствие влияния турбулентности. На основании описанной теоретической модели выполнено численное моделирование в среде программирования MATLAB, в результате которого получены зависимости величины потерь в канале коммуникации, коэффициента квантовых ошибок и скорости генерации квантовой битовой последовательности от длины канала связи. Ниже приведены результаты компьютерного моделирования.

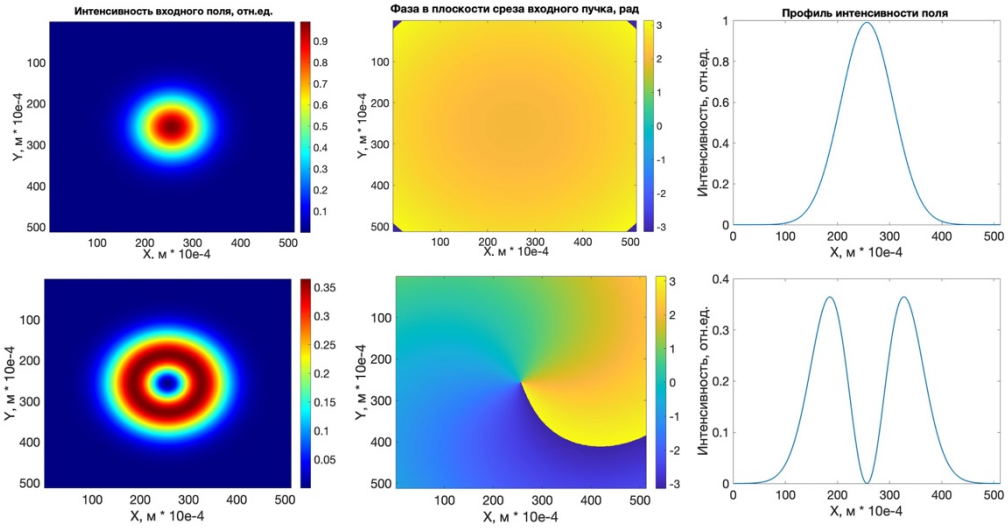


Рис. 1 – Распределение интенсивности, фаза в плоскости сечения и профиль интенсивности в плоскости источника Гауссова пучка (сверху) и вихревого пучка (снизу)

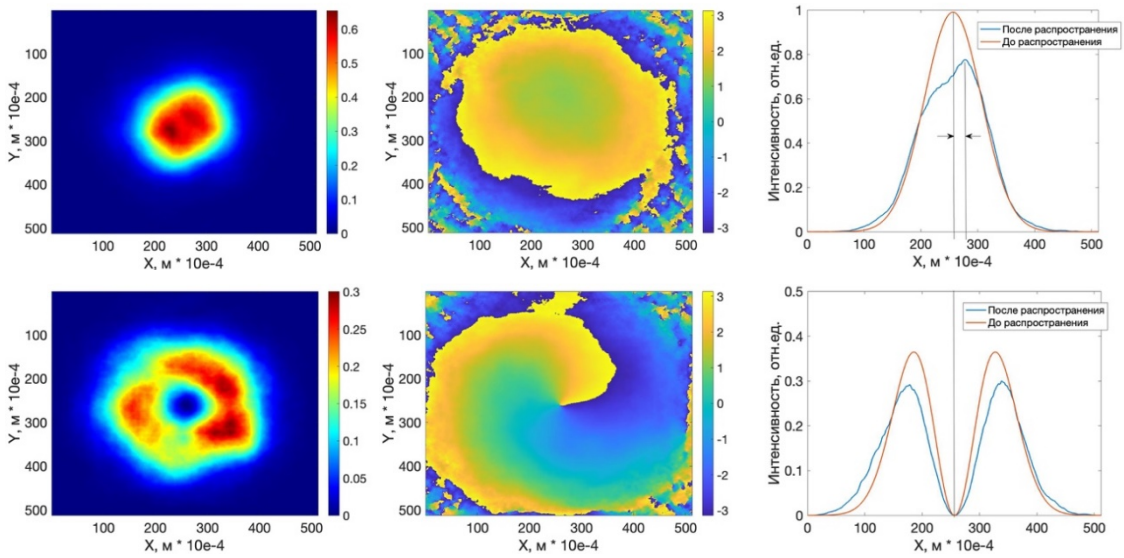


Рис. 2 – Распределение интенсивности, фаза в плоскости сечения и профиль интенсивности в плоскости детектора на расстоянии L = 100 м от плоскости источника Гауссова пучка (сверху) и вихревого пучка (снизу). Использовано 3 фазовых экрана, сила турбулентности соответствует величине радиуса когерентности атмосферы r_c = 1 м (слабая турбулентность)

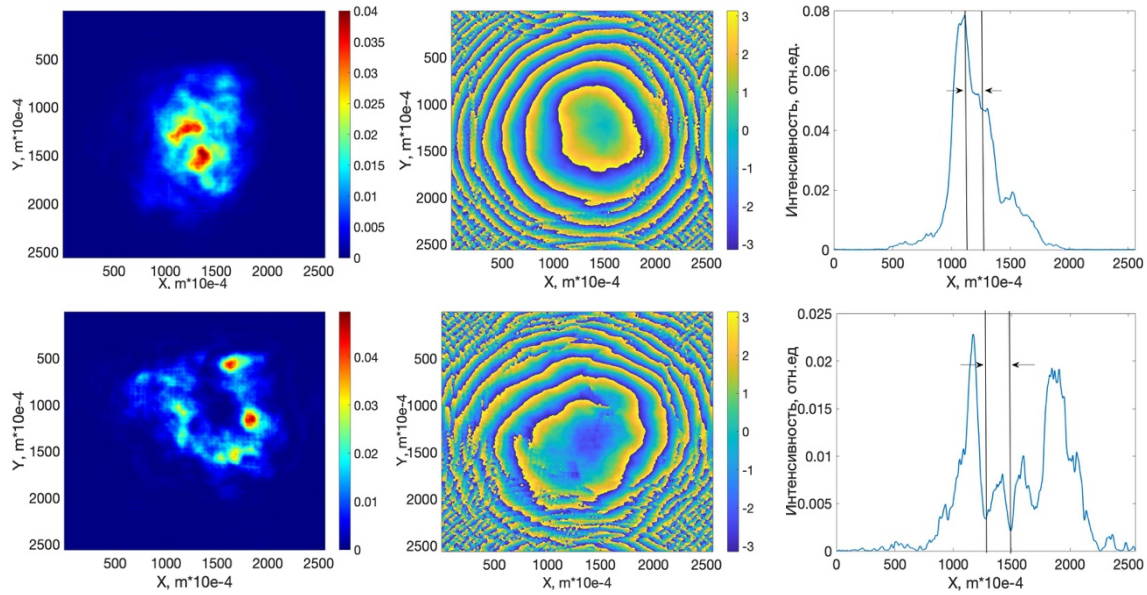
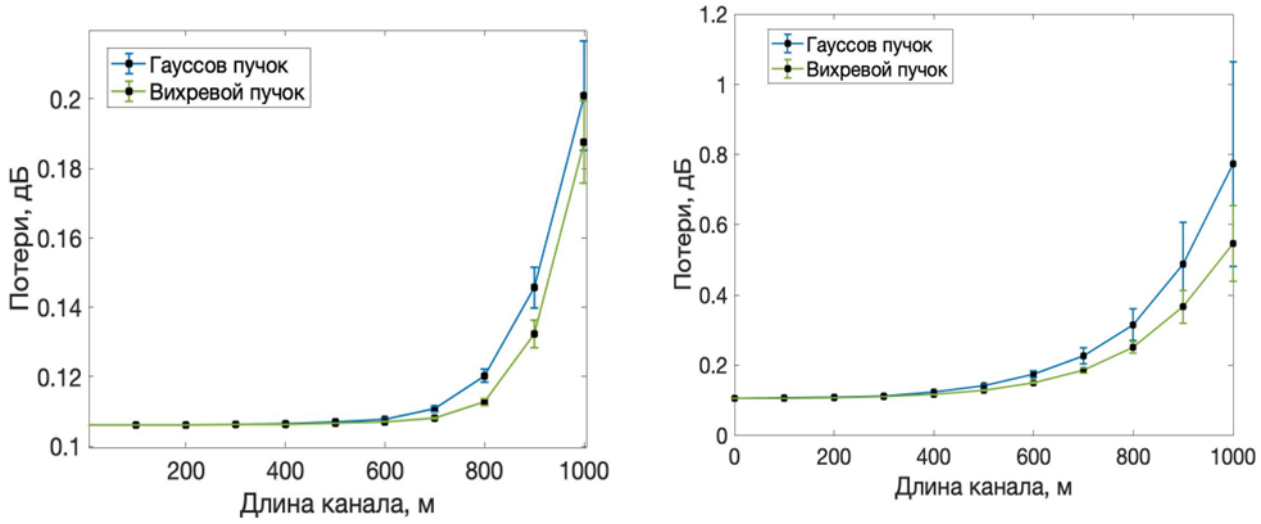


Рис. 3 – Распределение интенсивности, фаза в плоскости сечения и профиль интенсивности в плоскости детектора на расстоянии L = 100 м от плоскости источника Гауссова пучка (сверху) и вихревого пучка (снизу). Использовано 11 фазовых экрана, сила турбулентности соответствует величине радиуса когерентности атмосферы r_c = 0,1 м (сильная турбулентность)

Таблица

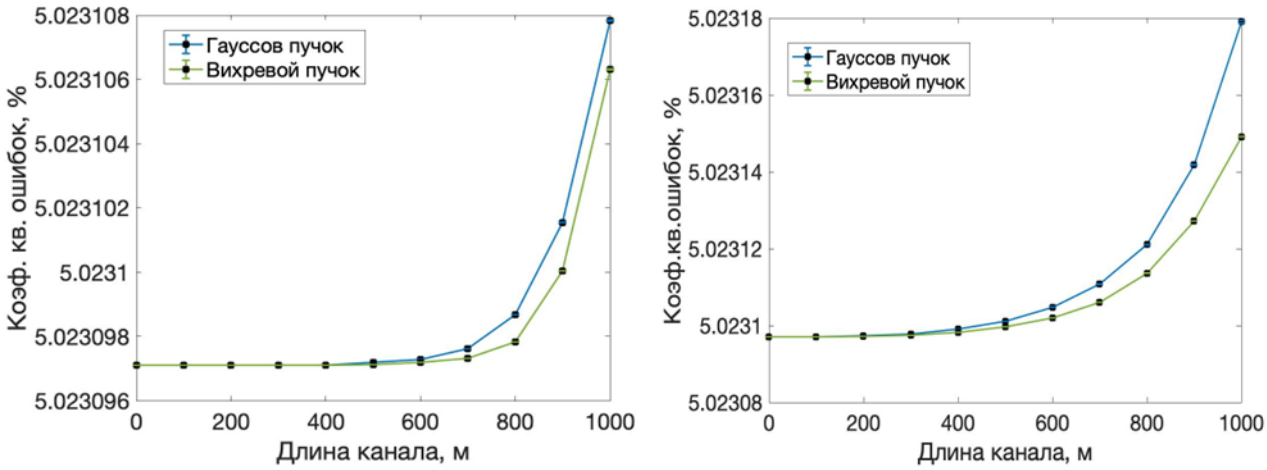
Результаты анализа сдвига пучков на расстоянии L = 1000 м

	r_c, м	Среднее значение сдвига центра пучка, мм	Среднеквадратическое отклонение (СКО) величины сдвига, мм
Гауссов пучок	1	8,5	±6,5
	0,1	47,5	±25,6
Вихревой пучок	1	3,3	±1,2
	0,1	19,2	±12,0



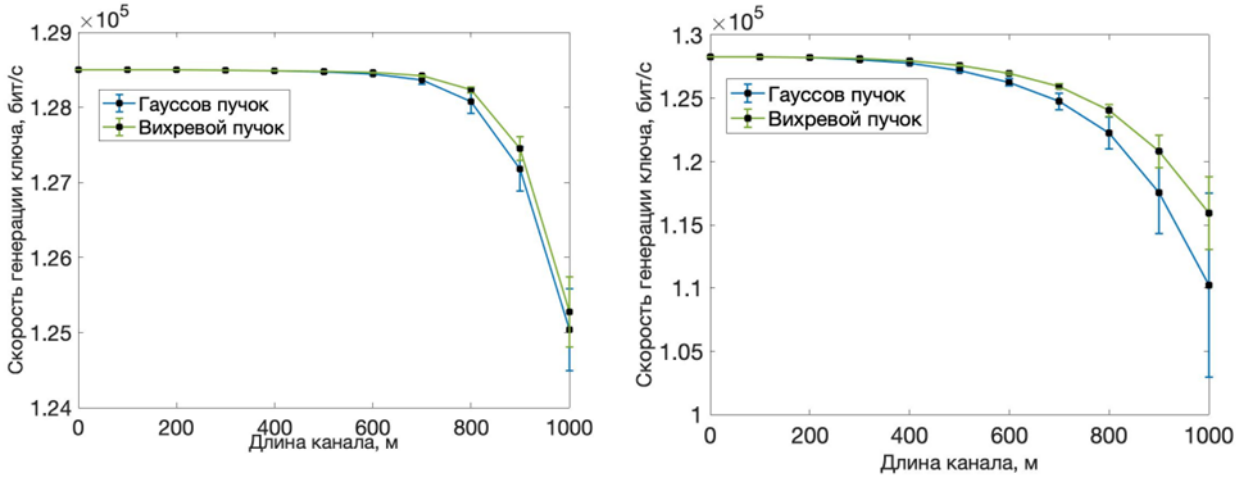
а б

Рис. 4 – График зависимости потерь излучения в атмосферном канале связи от его длины для: а) r_c = 1 м; б) r_c = 0,1 м



а б

Рис. 5 – График зависимости коэффициента квантовых ошибок от длины канала связи для: а) r_c = 1 м; б) r_c = 0,1 м



а б

Рис. 6 – График зависимости скорости генерации ключа от длины канала связи для: а) r_c = 1 м; б) r_c = 0,1 м

Таким образом, в настоящей работе применена математическая модель распространения излучения в виде Гауссовых и вихревых пучков в турбулентной атмосфере, а также проведена сравнительная оценка величины «блуждания» пучков с учетом турбулентности. Были рассчитаны потери мощности излучения, содержащие в себе вклад от геометрических потерь, обусловленных отклонением пучков от заданного направления распространения, а также вклад от потерь, вносимых аэрозольным рассеянием. Помимо этого, на основе полученных зависимостей потерь мощности излучения в атмосферном канале связи проведена оценка характеристик производительности системы КРКБЧ при использовании рассматриваемых пучков.

По результатам оценки величины «блуждания» пучков при их распространении на расстояние L = 1000 м значения сдвигов их центров от изначального направления составили 8,5 ± 6,5 мм для Гауссова пучка и 3,3 ± 1,2 мм для вихревого пучка в случае с r_c = 1 м и 47,5 ± 25,6 мм для Гауссова пучка и 19,2 ± 12,0 мм для вихревого пучка в случае с r_c = 0,1 м. Показано, что вихревой пучок в меньшей степени подвержен «блужданиям» ввиду турбулентности в канале связи по сравнению с Гауссовым пучком. Величины, по которым производилась оценка, могут выступать в качестве меры устойчивости пучков при распространении в турбулентном канале связи.

Общий вид зависимостей потерь мощности излучения в канале связи также свидетельствует о том, что вихревой пучок имеет преимущество относительно Гауссова пучка при распространении в турбулентной среде. Средняя величина потерь для вихревого пучка на расстоянии L = 1000 м при r_c = 0,1 м на 30% ниже, чем для Гауссова. Данные результаты соответствуют оценкам отклонения пучков.

Результаты сопоставления коэффициентов квантовых ошибок и скоростей генерации ключа также говорят о небольшом преимуществе вихревых пучков. Коэффициент квантовых ошибок на масштабах моделирования меняется слабо для пучков обоих типов, тогда как средняя скорость генерации ключа для вихревого пучка на расстоянии L = 1000 м при r_c = 0,1 м на 6% выше, чем для Гауссова.

Необходимо упомянуть, что в настоящей модели не рассматривается непосредственный процесс вортекс модуляции, что является задачей для последующих исследований. Также важно отметить, что распространение сигналов по каналу связи описывается в классическом приближении. Такое допущение было сделано, опираясь на тот факт, что используемый в системе КРКБЧ протокол основан на применении когерентных состояний (подчиняющихся статистике Пуассона), а не строго однофотонных состояний (относящихся к пространству состояний Фока).

Несмотря на вышеупомянутые приближения, можно заключить, что применение вортекс модуляции в системе КРКБЧ обоснованно, поскольку сравнение исследуемых пучков проводилось в одинаковых условиях. Тем не менее, модель, используемая в настоящей работе, требует усовершенствования. В перспективе планируется переход к динамической модели турбулентности, описывающей изменчивость во времени параметров турбулентности, а также расчет непосредственно процесса вортекс модуляции.

Список использованных источников

1. Gleim A.V. et al. Secure polarization-independent subcarrier quantum key distribution in optical fiber channel using BB84 protocol with a strong reference // Optics express. – 2016. – V.24. – №3. – Pp. 2619–2633.
2. Vasilev V.S. et al. Experimental investigation of the stability of Bessel beams in the atmosphere // Computer Optics. – 2019. – V.43. – №3. – Pp. 376–384.
3. Grimault C. A multiple phase screen technique for electromagnetic wave propagation through random ionospheric irregularities // Radio Science. – 1998. – T.33. – №3. – C. 595–605.
4. Miroshnichenko G.P. et al. Security of subcarrier wave quantum key distribution against the collective beam-splitting attack // Optics express. – 2018. – V.26. – №9. – Pp. 11292–11308.
5. Kim I.I., McArthur B., Korevaar E.J. Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications // Optical wireless communications III. – International Society for Optics and Photonics, 2001. – V.4214. – Pp. 26–37.

МАГИСТРЫ

Участники конкурса на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу магистров Университета ИТМО»

УДК 544.032.65

ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ ИЗ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Авилова Е.А.

Научный руководитель – Синев Д.А., кандидат технических наук, научный сотрудник и ассистент института лазерных технологий

eaavilova@itmo.ru

Ключевые слова

Эвтектические растворители, лазерно-индуцированное осаждение, ИК-излучение, токопроводящие структуры, медь.

На данный момент мировой рынок микроэлектроники составляет около 500 миллиардов долларов (по оценкам на 2020 год), из них на Россию приходится меньше 1% [1]. Так как доля продуктов Российского производства на глобальном рынке мала, встает вопрос о причинах и следствиях этого дисбаланса. На данный момент большинство предприятий, которые производят спроектированные на территории РФ компоненты, находятся за ее границами (Тайвань и Китай), машины и устройства для производства с достаточной точностью и функциональностью производятся в Европе, а внутри страны недостаточно специалистов для обеспечения нужд сферы. С 2020 года остро встал вопрос внутреннего развития электронной промышленности. В рамках стратегии развития электронной промышленности [1] правительство Российской Федерации обозначило заинтересованность в поддержании межотраслевого и междисциплинарного взаимодействия для дальнейшего развития сферы.

Лазерная прямая запись позволяет, в том числе, формировать токопроводящие структуры на поверхности полупроводников и диэлектриков, что делает метод перспективным в сфере создания различного рода электроники. Метод позволяет формировать неограниченные геометрическими особенностями структуры при использовании соответствующего программного обеспечения, а также формировать такие структуры как на сложных формах подложек, так и на гибких подложках, что позволяет использовать метод в гибких и гибкожестких печатных плат, которые на данный момент являются одним из ключевых направления [1] развития электронной промышленности.

Поскольку метод лазерно-индуцированного осаждения является методом прямой лазерной записи, его технологический процесс отличается простотой, особенно в сравнении с многостадийными и технологически сложным процессом литографии. Этот метод позволяет создавать токопроводящие структуры на широком спектре материалов – стекло, пластмассы и т.д. однако скорости производства токопроводящих структур остаются низкими (0,01 мм/с). Перспективной в этом ключе представляется замена водных растворов металлоорганических прекурсоров на эвтектические растворители, появившиеся в фокусе фундаментальных химических исследований в последние несколько лет [2,3]. Составы растворителей и особенности их взаимодействия с лазерным излучением, однако, остаются недостаточно подробно изученными, а их потенциал не раскрыт в полной мере.

В настоящей работе для формирования токопроводящих элементов методом лазерно-индуцированного осаждения меди из эвтектических растворителей использовалась коммерчески доступная технологическая установка «Минимаркер-2» на базе волоконного импульсного иттербиевого лазера с длиной волны $\lambda = 1{,}070$ мкм и максимальной средней мощностью 20 Вт. В качестве акцепторной подложки и вспомогательного стекла использовались предметные боросиликатные стекла, толщина $1{,}1 \pm 0{,}1$ мм. Предварительно стекла были очищены изобутиловым спиртом, излишки спирта были удалены промыванием стекла в воде. После очистки стекла были высушены на воздухе.

Очищенную акцепторную подложку предварительно структурировали методом лазерно-индуцированной микроплазмы. В качестве мишени был использован титан [4]. Режим обработки для процесса структурирования подложки: мощность 11,4 Вт, частота следования импульсов 99 кГц, длительность импульсов 200 нс, скорость сканирования 700 мм/с, разрешение записи по оси y 40 лин/мм. При таком режиме обработке треки получались наиболее равномерными. Таким образом, на акцепторной поверхности формировалась дополнительная шероховатость, которая позволяла улучшить адгезионные свойства.

Несмотря на то, что обычно для осуществления осаждения используются источники непрерывного излучения, было показано, что использование импульсного излучения позволяет контролировать больше параметров, что делает возможной точную настройку условий обработки при сравнимом качестве итоговых результатов [4].

На структурированное стекло тонким (порядка 1 – 2 мм) и равномерным слоем наносился растворитель.

Метод лазерного осаждения металла из раствора электролита состоит в том, что лазерное излучение фокусируется на границе раздела «подложка–раствор» и вследствие термически или фотолитически инициированной химической реакции происходит осаждение металла на поверхности диэлектрической подложки. В рамках данной работы термохимическая запись осуществлялась путем сканирования сфокусированным лазерным пучком поверхности стеклянной подложки, на которую был нанесен растворитель. Под действием лазерного излучения в микрообъеме используемого эвтектического растворителя происходит локальная реакция восстановления ионов меди.

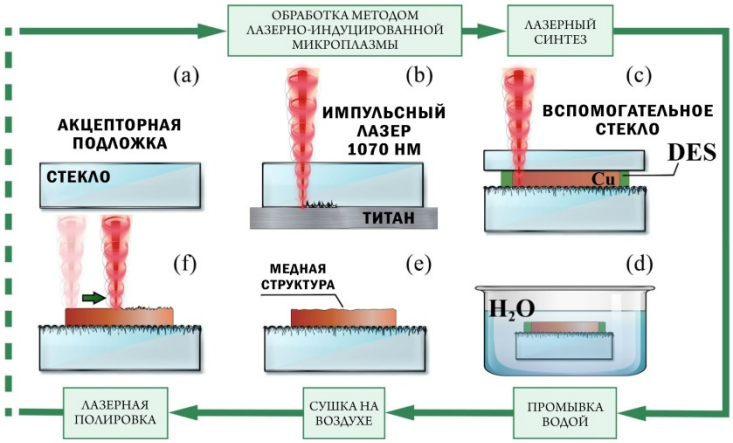


Рис. 1 – Метод лазерно-индуцированного осаждения: a) предварительно очищенная в спирте, промытая в воде и высушенная подложка; b) предварительное структурирование методом лазерно-индуцированной микроплазмы; c) формирование медных структур под действием лазерного излучения; d) смывание остатков слоя DES в воде; e) сушка на воздухе; f) лазерная полировка (опционально)

В качестве объекта исследования были изучены растворители с целью определения оптимального состава для наиболее эффективного осаждения. Составы растворителей представлены в таблице.

Таблица

Состав исследуемых растворителей

№ раствора	Компонент, г				
	Холин хлорид	Лимонная кислота	Винная кислота	Хлорид меди	Ацетат меди
1	1	1,38	-	2	-
2	1	1,38	-	-	2
3	1	-	1,07	2	-
4	1	-	1,07	-	2

В силу того, что эффективнее всего создание медьсодержащих треков происходило при использовании раствора 4, именно он был использован в дальнейших исследованиях.

Исследования с использованием исходного (очищенного и никак не обработанного) стекла показали очень малые скорости формирования структур. Получаемые структуры имели много разрывов, характеризовались неровными краями, а также формировались при скоростях порядка 0,05 мм/с. При этом во время обработки невооруженным взглядом было видно, что в объеме растворителя активно происходил процесс восстановления меди, но она не закреплялась на подложке. По всей видимости, слабая адгезия исходной поверхности стекла не позволяла частицам меди надежно фиксироваться, из-за чего нами было предложено внедрение в метод дополнительного шага – предварительной подготовки акцепторной подложки. В качестве метода модификации поверхности был предложен метод структурирования лазерно-индуцированной микроплазмой (ЛИМП).

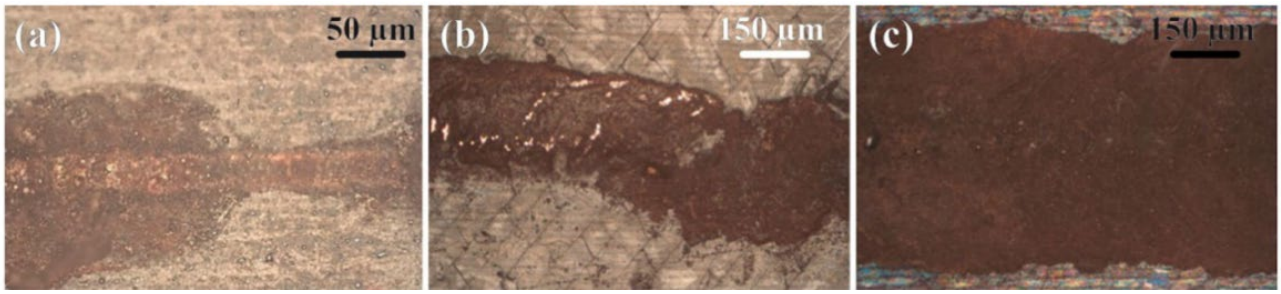


Рис. 2 – Морфология медных дорожек на: a) исходной (необработанной подложке); b) на обработанной и очищенной лазером подложке; c) на обработанной и неочищенной подложке. Параметры обработки: f = 20 кГц, τ = 200 нс; a): V = 0,05 мм/с, P = 1,31 Вт; b,c): V = 0,5 мм/с, P = 3,1 Вт

В случае наличия остаточных продуктов предшествующей обработки (рис.2,c) на поверхности стекла трек формируется значительно лучше. Морфология однородна, края трека более ровные, значительно повышается количество осажденной меди, которая обладает хорошей адгезией (частицы меди надежно закреплены на поверхности стекла). По всей видимости, частицы, оставшиеся на акцепторной поверхности, выступают в роли локальных центров повышения температуры, а также увеличивают адгезию и являются дополнительными центрами кристаллизации меди.

Для компенсации уменьшающейся во время обработки вязкости растворителя и его растекания от зоны воздействия излучения было предложено использовать вспомогательное стекло, которое располагалось непосредственно на поверхность растворителя. Такое использование стекла позволило за счет силы поверхностного натяжения удерживать растворитель в зоне обработки более продолжительное время. Однако при использовании режимов с большими мощностями в зоне обработки все равно формируются воздушные пузыри, что говорит о том, что раствор покидает зону обработки.

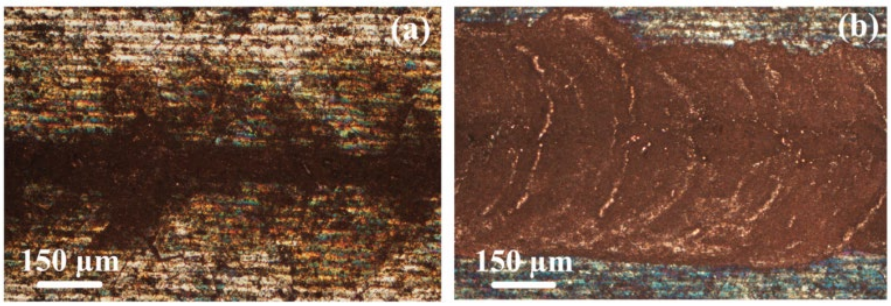


Рис. 3 – Морфология осажденной структуры: a) без использования; b) с использованием вспомогательного стекла

На рисунке 3,b видно, что при использовании стекла осаждение меди происходит значительно лучше. Формируется сплошной токопроводящий трек с явным металлическим блеском и относительно равномерной морфологией.

В ходе исследования результатов осаждения в зависимости от значения варьируемых параметров обработки (длительность импульса, частота следования импульсов, скорость сканирования, средняя мощность излучения) была сформирована карта режимов для формирования токопроводящих структур.

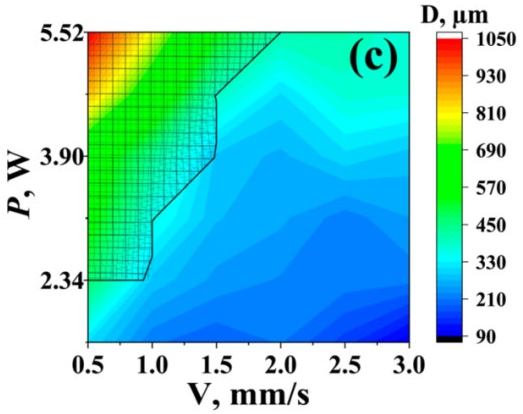


Рис. 4 – Диаграмма режимов обработки в зависимости от параметров обработки, где D в рамках данного графика – ширина структуры. Заштрихованной областью на карте обозначена зона формирования токопроводящих структур

В рамках настоящего исследования показана эффективность использования метода повторных экспонирований. За счет формирования дополнительных центров кристаллизации в каждое предшествующее экспонирование и поддержания необходимого для осаждения температурного режима возможно формирование элементов при скоростях выше 2 мм/с.

Токопроводящие структуры, полученные методом лазерно-индуцированного осаждения, были исследованы с применением методов энергодисперсионной спектроскопии (EDX) и рентгенофазового анализа (РФА) для определения компонентного и структурного состава.

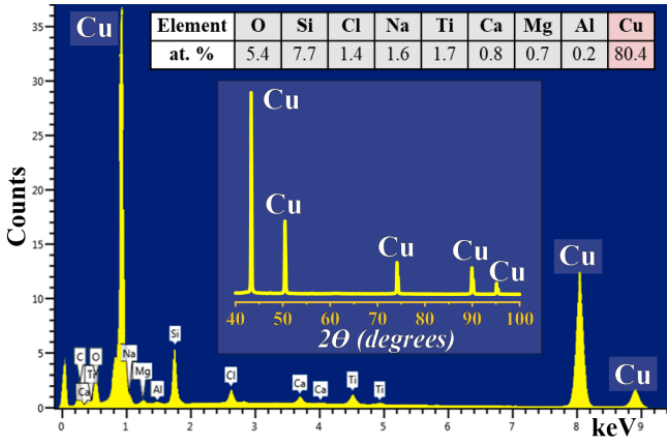


Рис. 5 – Суммарный спектр и рентгенофазовый анализ (вставка) на соединения меди

Энергодисперсионный анализ показал, что в составе трека, состоящего на 80 – 98% из меди, присутствует небольшое количество примесей хлора и титана. Рентгенофазовый анализ показал, что осажденная медь является металлической, то есть не формирует оксидов во время обработки.

Исследование с применением контактной профилометрии использовалось для исследования морфологии поверхности полученных треков.

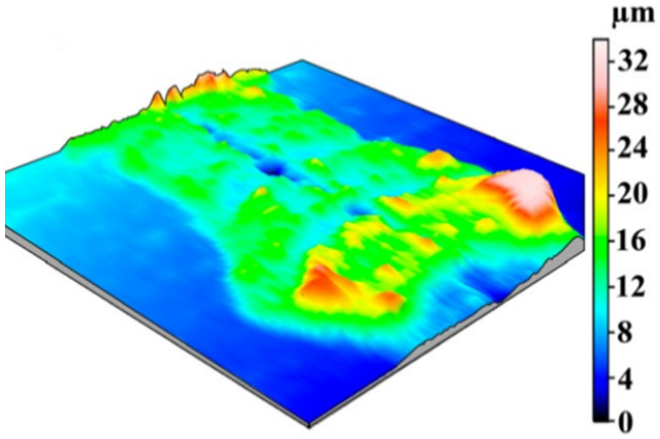


Рис. 6 – Профилометрия характерной электропроводящей структуры. Параметры лазера: P = 3.1 Вт, V = 0.5 мм/с, f = 20 кГц, τ = 200 нс

На структуре присутствуют неоднородности по высоте. Несмотря на то, что трек, представленный на рисунке 6, является токопроводящим в его середине отчетливо видно углубление, соответствующее траектории сканирования луча. Также в структуре помимо однородных по высоте h участков, где значение h порядка 4 мкм, присутствуют пики с h = 28 мкм.

Для количественной оценки проводящих свойств было исследовано сопротивление осажденного медного трека. Сопротивление трека полученного методом лазерно-индуцированного осаждения составляет 0,15 Ом*мм^2/м, что примерно в 10 раз больше сопротивления чистой меди (0,017 Ом*мм^2/м). В аналогичных работах сопротивление трека в 100 – 1000 раз больше результатов, полученных в настоящей работе.

В настоящей работе предложена схема формирования сплошных массивных элементов, принцип которой представлен на рисунке 7.

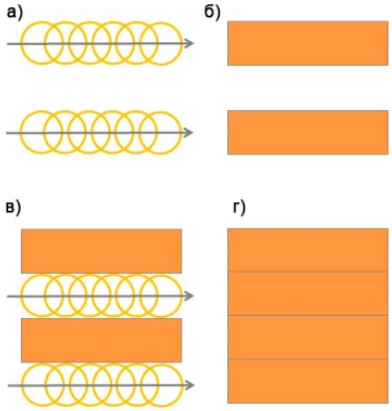
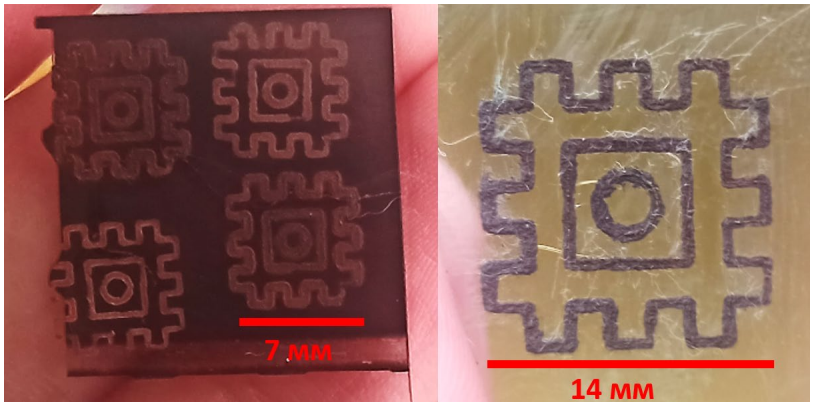


Рис. 7 – Схема формирования прямоугольной структуры методом нанесения линий с отступом и дальнейшим заполнением пробелов

Такое формирование позволяет получить структуру, сохраняющую проводимость по всей площади структуры. Временные затраты на формирование минимальны, так как не требуются повторные экспонирования.

В качестве сложных контуров (структур произвольной топологии, рис.8) был сформирован элемент, состоящий из нескольких замкнутых контуров, сформированных за один раз. Внешний контур состоит из некоторого количества коротких линий, формирующих собой углы, средний контур – квадрат, внутренний контур – круг. В случае формирования токопроводящих элементов произвольной конфигурации предложено использовать многократные экспонирования, а также корректировать режимы в зависимости от конфигурации элемента.



а б

Рис. 8 – Макрофотографии структур произвольной конфигурации, полученных на: а) акцепторной поверхности; б) вспомогательном стекле

Так как в рамках исследуемого метода все еще наблюдаются некоторые ограничения, в дальнейшем планируется работа над модификациями метода для достижения более высоких скоростей формирования токопроводящих элементов. Также планируется исследование осаждения меди из эвтектических растворителей под действием лазерного излучения ближнего ИК-диапазона на гибкие подложки (полиимид) для создания прототипов гибкой электроники.

Список использованных источников

1. Концепция развития электронной промышленности [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 17 января 2020 г. №20-р // Собр. Законодательства РФ. – 2020. – №29(17 января). – С. 7434–7443 (ст. 2991).
2. Hansen B.B. et al. Deep Eutectic Solvents: A Review of Fundamentals and Applications // Chemical Reviews. – 2020. – V.121. – №3. – Pp. 1232–1285.
3. Perna F.M., Vitale P., Capriati V. Deep eutectic solvents and their applications as green solvents // Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. – 2020. – V.21. – Pp. 27–33.
4. Tran N., Hoang H., Duong T., Kim H. Using a nanosecond laser to pattern copper nanowire-based flexible electrodes: From simulation to practical application // Appl. Surf. Sci. – 2020. – V.520. – №146216.

УДК 663.483

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Апьянцева Ю.В.

Научный руководитель – Бараненко Д.А., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий, старший научный сотрудник факультета биотехнологий, эксперт центра трансфера технологий, руководитель международного научного центра "Биотехнологии третьего тысячелетия"

y_apyantceva@itmo.ru

Ключевые слова

Солодовые ростки, высокобелковый напиток, растительный напиток, ферментативный гидролиз, инкапсулированные пробиотические микроорганизмы, переработка вторичного сырья, инкапсулирование.

В настоящее время рациональное использование вторичного сырья является приоритетным направлением пищевой промышленности для расширения ассортимента продуктов питания, создания малоотходного производства и повышения его эффективности. В качестве дополнительного сырьевого ресурса для производства пищевых продуктов мы предлагаем использовать солодовые ростки, являющиеся ценным вторичным ресурсом за счет богатого химического состава. Однако высокое содержание клетчатки ограничивает их использование. Поэтому актуальными являются исследования по разработке способов размягчения пищевых волокон [1].

Пробиотические микроорганизмы и связанное с ними благоприятное влияние на здоровье человека в последние несколько десятилетий стали областью растущего интереса. Пробиотики оказывают благотворное воздействие на здоровье с помощью различных механизмов действия, таких как предотвращение адгезии, или колонизации патогенов, выработки метаболитов и модуляции иммунной системы путем образования антител к иммуноглобулинам. Таким образом, использование пробиотических микроорганизмов в качестве функционального пищевого ингредиента является актуальным [5]. Однако прямое внесение пробиотиков в пищевой продукт не обеспечивает полное их усвоение, так как решающую роль играет агрессивная среда желудочно-кишечного тракта. Для решения данной проблемы предлагается использование инкапсулирования с целью ограничения повреждения или потери пробиотических микроорганизмов и одновременного контроля их высвобождения в кишечнике.

Целью работы является разработка функционального напитка на растительной основе с пробиотическими свойствами, обеспечиваемыми содержанием пробиотиков в количествах рекомендуемой суточной дозы для человека согласно МР 2.3.1.1915-04.

Задачи исследования: обосновать режимы ферментативного гидролиза солодовых ростков; исследовать эффективность технологических параметров переработки сырья; оценить эффективность инкапсулирования пробиотиков и проверить их жизнеспособность в результате хранения; разработать рецептуру готового продукта, рассчитать его пищевую и биологическую ценность.

На разных этапах исследования использовались современные методы определения физико-химических, микробиологических, органолептических показателей.

Использованные в работе методы исследований представлены в таблице 1. Экспериментальная часть исследований была проведена на базе лабораторий МНЦ «Биотехнологии третьего тысячелетия» Университета ИТМО. Исходя из поставленных задач, были сформулированы основные этапы исследования.

Таблица 1

Методы исследований

Объект	Измеряемый параметр	Метод исследования	Нормативная документация
солодовые ростки	влажность	Определение содержания влаги	ГОСТ Р 54951-2012
солодовые ростки, гидролизат готовый продукт	КМАФАнМ	Определение КМАФАнМ	Правила бактериального исследования кормов ГОСТ 10444.15-94
солодовые ростки, гидролизат, готовый продукт	белок	Измерение концентрации белка по Брэдфорду	Методика лаборатории «ЦАГГИ»
препарат «Лактобактерин», капли с пробиотиками	количество пробиотических микроорганизмов	Определение количественного содержания пробиотиков	ГОСТ 33951-2016, ГОСТ Р 56139-2014
готовый продукт	показатели качества	Определение органолептических показателей	ГОСТ 28188-2014 ГОСТ 6687.5-86

Технологический процесс переработки солодовых ростков состоит из следующих этапов. Сырье очищали от металлопримесей и посторонних загрязнений. Далее проводили измельчение сырья при помощи перетирания в ступке с дальнейшим экстрагированием в фильтрованной воде при гидромодуле 1:10 в течение 6 ч при 4 ± 2°С. После добавления фильтрованной воды к солодовым росткам полученную смесь стерилизовали в течение 3 мин при 134°С. Ферментативный гидролиз проводили с поддержанием pH 5 при помощи цитратного буфера. Вносили ферментный препарат целлюлолитического действия ЦеллоЛюкс F при следующих условиях гидролиза: температура 50°С, продолжительность 120 мин, количество препарата 0,06 г. Далее добавляли ферментный препарат ксилолитического действия Декстрозайм 1,5Х и проводили гидролиз при 55°С, продолжительностью 30 мин, количество препарата 50 мкл [2,3]. Полученный гидролизат очищали от твердых частиц сырья (шрота) и центрифугировали 20 мин при 10.000 g для осаждения веществ, придающих раствору мутность. После центрифугирования раствор гидролизата был отфильтрован с дальнейшем установлением pH 6,6. Очищенный гидролизат использовали в качестве компонента рецептуры разрабатываемого напитка. Схема технологических параметров переработки сырья представлена в таблице 2.

Таблица 2

Технологические параметры переработки сырья

Предварительная подготовка солодовых ростков	
очищение от металлопримесей и посторонних загрязнений	измельчение сырья до 1,5 мм
↓	
Экстрагирование солодовых ростков (гидромодуль 1:10, 6 ч при 4 ± 2°С)	
стерилизация солодовых ростков 3 мин при 134°С	
↓	
Ферментный гидролиз солодовых ростков при pH 5 ± 0,2	
фермент ЦеллоЛюкс F (0,06 г, 50°С, 120 мин)	фермент Декстрозайм 1,5Х (50 мкл, 55°С, 30 мин)
↓	
Очищение гидролизата от твердых частиц (шрота)	
↓	
Центрифугирование гидролизата 20 мин при 1000g	

Для определения эффективности процесса ферментативного гидролиза применяли спектрофотометрический метод определения концентрации белка Брэдфорда в следующих образцах: экстракт солодовых ростков (образец №1); после обработки ферментным препаратом ЦеллоЛюкс F (образец №2); гидролизат (образец №3).

Результаты исследования эффективности процесса ферментативного гидролиза представлены в таблице 3.

Таблица 3

Эффективность процесса ферментативного гидролиза

	Оптическая плотность	**Концентрация белка, %**
Образец №1	0,651	2,76
Образец №2	0,746	5,61
Образец №3	0,864	9,13

Анализируя результаты, можно сделать вывод об эффективности процесса гидролиза солодовых ростков: количество белка в гидролизате увеличилось в 4 раза по сравнению с экстрактом сырья.

Для инкапсулирования пробиотических клеток проводили предварительную активацию препарата “Лактобактерин” при помощи культивирования лиофилизированной культуры пробиотиков. Образовавшийся в ходе культивирования осадок центрифугировали 20 мин при 3.000 g с дальнейшим промыванием физиологическим раствором. К осадку добавляли 1,5% альгинат натрия в соотношении 1:9. Полученную смесь диспергировали 3 мин при 3.000 об/мин и проводили инкапсулирование. В качестве раствора-отвердителя использовали 4% лактат кальция, объем которого превышал объем инкапсулируемой смеси в два раза. Раствор лактата кальция с каплями оставляли на полчаса при постоянном перемешивании. Далее промывали капли дистиллированной водой [4,5].

Оценку эффективности инкапсулирования проводили при помощи микробиологического анализа количества пробиотиков в следующих образцах: осадок с пробиотиками после активации препарата (образец №1); капли с инкапсулированными пробиотиками (образец №2); первый смыв с капель (образец №3); второй смыв с капель (образец №4). Результаты исследования эффективности инкапсулирования пробиотиков представлены в таблице 4.

Таблица 4

Эффективность инкапсулирования пробиотиков

Образец №1	**Образец №2**	**Образец №3**	**Образец №4**
19×10^7 КОЕ/г	5,89×10^7 КОЕ/г	6,9×10^2КОЕ/г	4,2×10^2 КОЕ/г

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что незначительная часть пробиотических микроорганизмов в ходе инкапсулирования остается на поверхности капель. Содержание пробиотиков после активации препарата и после инкапсулирования соответствует рекомендуемой суточной дозе пробиотических микроорганизмов.

Для оценки жизнеспособности инкапсулированных пробиотиков проводили микробиологический анализ количества бактерий в ходе хранения капель. Для этого капли с пробиотиками хранили на протяжении 7 суток и оценивали жизнеспособность бактерий на 3 (образец №1), 5 (образец №2) и 7 сутки хранения (образец №3). Результаты исследований жизнеспособности инкапсулированных пробиотиков изложены в таблице 5.

Таблица 5

Жизнеспособность инкапсулированных пробиотиков

Образец №1	**Образец №2**	**Образец №3**
5,61×10^7 КОЕ/г	5,45×10^7 КОЕ/г	5,27×10^7КОЕ/г

Для обеспечения функциональности инкапсулированных пробиотиков, согласно методическим рекомендациям, был установлен срок хранения капель не более 7 суток.

Для разработки рецептуры готового напитка использовали следующие компоненты: гидролизат солодовых ростков; рапсовое масло; эмульгатор (моно- и диглицериды жирных кислот); стабилизатор (каррагинан+камедь); финики; инкапсулированные пробиотики.

Выбор количества вносимого стабилизатора осуществляли путем исследования внешнего вида смеси и стабильности эмульсии при температуре пастеризации и холодильном хранении. С целью сбалансирования пищевой ценности готового напитка методом органолептической оценки проводили подбор необходимого количества вносимых фиников.

В гидролизат вносили пищевые добавки в сухом виде, финики в виде пасты и рапсовое масло. Полученную смесь выдерживали 5 мин при 65°С для растворения сухих компонентов. Далее проводили диспергирование смеси 3 мин при 10.000 об/мин с дальнейшей пастеризацией в течение 20 сек при 76°С. После охлаждения смеси вносили инкапсулированные пробиотики. Рецептура готового напитка представлена в таблице 6.

Таблица 6

Рецептура готового напитка

Гидролизат, мл	Стабилизатор, г		Эмульгатор, г	Рапсовое масло, мл	Финики, г	Инкапсулированные пробиотики, г
	Каррагинан	Камедь				
100	0,05	0,03	0,06	1	6	1

С целью оценки микробиологической безопасности гидролизата солодовых ростков и готового продукта, а также для установления сроков годности напитка был использован метод микробиологического анализа с целью определения КМАФАнМ. Объектами исследования являлись: гидролизат солодовых ростков (образец №1); напиток в день разработки (образец №2), на 3 (образец №3), 5 (образец №4) и 7 сутки (образец №5) хранения. Результаты исследований оценки микробиологической безопасности представлены в таблице 7.

Таблица 7

Оценка микробиологической безопасности

Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
1×10^2 КОЕ/мл	3×10^4 КОЕ/мл	2×10^4 КОЕ/мл	3×10^4 КОЕ/мл	5×10^4КОЕ/мл

По показателю микробиологической безопасности гидролизат соответствует предъявляемым требованиям, рекомендуемый срок годности для готового продукта составляет семь суток.

Для оценки органолептических показателей готового продукта проводили анализ соответствия полученного образца предъявляемым к напитку требованиям нормативно-технической документации. По пятибалльной шкале оценивали следующие показатели: внешний вид, консистенция, цвет, вкус и запах. Были получены следующие результаты: непрозрачная однородная жидкость, с кусочками фиников, инкапсулированными пробиотиками на дне образца, без посторонних включений, цвет коричнево-желтый, запах и вкус свойственный финикам.

Для обоснования технологического и функционального потенциала готового напитка был исследован его химический состав и проведен анализ процентного содержания веществ по отношению к их процентному содержанию от суточной потребности. Химический состав готового напитка представлен в таблице 8.

Таблица 8

Химический состав готового напитка

Наименование вещества	Содержание в 100 г	% от суточной потребности
Белки, г	9,1	10,7
Жиры, г	1,2	1,1
Углеводы, г	11,2	2,9
Энергетическая ценность, ккал	72,2	

В соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 разработанный продукт относится к категории «с высоким содержанием белка», так как 50% энергетической ценности пищевого продукта обеспечивается белком.

Исследование биологической ценности готового напитка проводили при помощи расчетного метода аминокислотного скора белка гидролизата солодовых ростков. Согласно данным оценки биологической ценности напитка триптофан, лейцин и изолейцин являются лимитирующими аминокислотами в гидролизате солодовых ростков.

В результате проведения научно-исследовательской работы были решены все поставленные задачи. Для дальнейшего исследования возможно изучение оптимизации процесса ферментативного гидролиза солодовых ростков при помощи планирования многофакторного эксперимента с целью получения максимального выхода белка, моделирование условий желудочно-кишечного тракта и проведение микробиологических исследований количественного содержания инкапсулированных пробиотиков, масштабирование технологического процесса разработки функционального напитка на растительной основе с пробиотическими свойствами, экономическое обоснование производства готового напитка, разработка технических условий и технологической инструкции на функциональный напиток.

Список используемой литературы

1. Ветрова О.Н. Разработка технологии глубокой переработки побочных продуктов солодоращения и оценка потребительских свойств полученных продуктов / О.Н. Ветрова: дисс. канд. техн. наук: 05.18.15 – Орел, 2021. – С. 19–24.
2. Еремина О.Ю., Серегина Н.В. Побочные продукты солодового производства как ингредиенты для функционального питания // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. Научный журнал: ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ». – 2014. – №4(8). – С. 74–78.
3. Забодалова Л.А., Кузнецова Л.М., Доморощенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф. Применение комплекса гидролитических ферментов при получении концентрата белков люпина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых прозводств. – 2012. – №1. – С. 24–25.
4. Dong Q.Y. et al. Alginate-based and protein-based materials for probiotics encapsulation: a review // International journal of food science & technology. – 2013. – Т.48. – №7. – С. 1339–1351.
5. Šipailienė A., Petraitytė S. Encapsulation of probiotics: proper selection of the probiotic strain and the influence of encapsulation technology and materials on the viability of encapsulated microorganisms // Probiotics and Antimicrobial Proteins. – 2018. – Т.10. – №1. – С. 1–10.

УДК 663.05

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ ПИЩЕВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ *OCIMUM BASILICUM*

Астафьева П.А.

Научный руководитель – Бараненко Д.А., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий, старший научный сотрудник факультета биотехнологий, эксперт центра трансфера технологий, руководитель международного научного центра "Биотехнологии третьего тысячелетия"

poly.astafiewa2011@yandex.ru

Ключевые слова

Базилик, экологическая экстракция, инкапсуляция, пектин, функциональное питание, антиатеросклеротическая функция.

Базилик душистый является ароматическим растением, которое содержит в себе большое количество биологически активных веществ с научно доказанными эффектами, такими как антиоксидантная, иммуностимулирующая и антидиабетическая активность [1]. Экстракты базилика влияют на липидный обмен в основном за счет своей высокой антиоксидантной активности и содержания линалоола, который снижает свободнорадикальное окисление липидов, а также ингибирует накопление холестерина в стенках крови сосудов [2], что обеспечивает снижение риска атеросклероза. При этом потенциал данного растения ограничен и в настоящее время используется не в полной мере из-за особенностей его химического состава, где важную часть составляют летучие и чувствительные компоненты, которые разрушаются при воздействии классических методов экстракции и под влиянием факторов внешней среды. Процесс экстракции таких веществ требует оптимизации процесса путем использования щадящих и эффективных методов, таких как современные методы зеленой экстракции с применением ультразвукового и микроволнового воздействия в сочетании с небольшим количеством растворителя или его отсутствием. Процесс экстракции также включает в себя сохранение активности полученных экстрактов путем их стабилизации. Современная технология инотропного гелеобразования с использованием пектина успешно применяется в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности для сохранения активности чувствительных компонентов, в том числе полученных из ароматических растений [3]. Этот материал обеспечивает стабильность, а также обладает ценными качествами в отношении сердечно-сосудистой системы. Капсулы, полученные по этой технологии, обеспечивают механизм адресной доставки и контролируемого высвобождения, что будет способствовать максимальному удержанию и абсорбции активных ингредиентов и минимальной потере летучих и других активных веществ, при этом обеспечивая дополнительные положительные эффекты на сердечно-сосудистую систему за счет природных свойств пектина. Этот метод активно применялся при инкапсулировании активных веществ [3] в связи с его простотой, экологической и экономической целесообразностью, но до сих пор не применялся в отношении водного экстракта базилика. В то же время данная технология имеет большой потенциал и требует детального рассмотрения.

Для получения достоверных сведений, указывающих на эффект воздействия физических методов экстракции, таких как ультразвук и микроволны при частоте 40 кГц, 15 минут при 30°C и мощности 580 Вт, 15 минут при 30°C, соответственно. Для сравнения была проведена классическая экстракция в качестве контроля. Для всех видов экстракции в качестве растворителей использовались вода и 70%-й водно-спиртовой раствор. Оценка оптимизации была проведена для всех шести экстрактов по анализу содержания общих фенольных веществ, определенных с помощью реактива Фолина-Чокалтеу, антиоксидантной активности с

применением свободного радикала DPPH и оценке химического состава ароматической фракции при помощи газового хроматографа с масс-спектрометрическим детектором. Основываясь на комплексной оценке исследуемых показателей, наиболее перспективный экстракт в отношении кардиопротекторной функции был использован для последующей инкапсуляции. Инкапсуляция включала в себя образование пектината кальция при взаимодействии карбоксильных групп пектина и ионов кальция. Пектин в двух концентрациях (2% и 4%) был использован при проведении инкапсуляции. Полученные капсулы были охарактеризованы в сравнении с контрольными в отношении межмолекулярного взаимодействия между пектином и экстрактом (инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье), морфологических характеристик (размер и форма), эффективности и выхода инкапсуляции, и кинетики выпуска линалоола и антиоксидантов из капсул в разной кислотности среды. При этом анализ показал, что ультразвуковой водный экстракт был наиболее перспективным для будущего применения с высоким содержанием фенолов (3,02 ± 0,02 мкг/ГК/г) на рисунке 1.

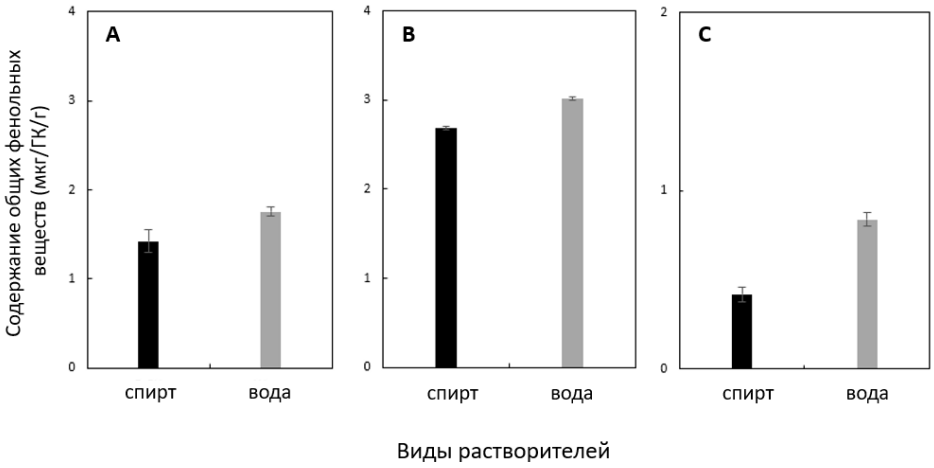


Рис. 1 – Содержание общих фенолов в водных и этанольных экстрактах:
A) контроль; B) ультразвук; C) микроволны [1]

Также была показана самая высокая способность связывать свободные радикалы (1,48 ± 0,93 мг/мл) на рисунке 2 по сравнению с остальными экстрактами.

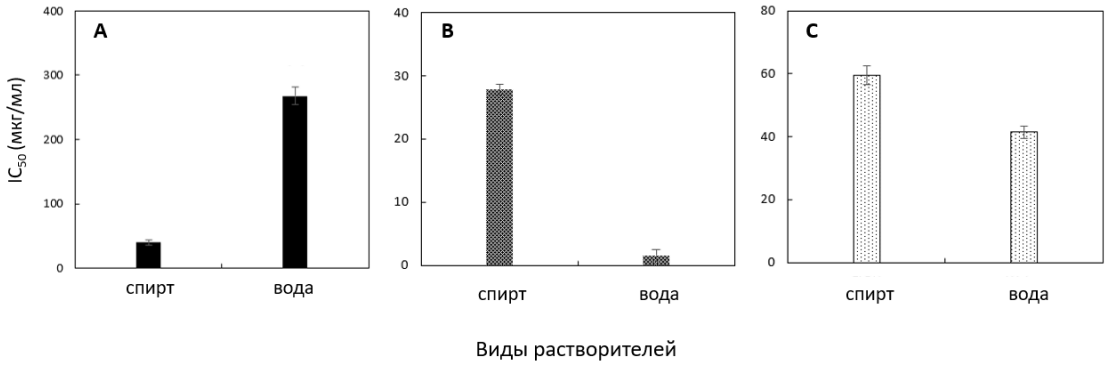


Рис. 2 – Антиоксидантная активность водных и этанольных экстрактов:
A) контроль; B) ультразвук; C) микроволны [2]

Наилучший упомянутый экстракт был инкапсулирован пектином. Капсулы были получены в физиологически активной дозировке водного экстракта 60 мкг/мл, основанной на литературных данных [4], для теоретически возможной профилактики развития атеросклероза. Установлено, что наиболее эффективное применение полученных капсул соответствует кислой среде как для 2%, так и для 4% концентраций пектина соответственно (36,77 ± 2,03% и 35,31 ± 1,5%) по сравнению с нейтральной (38,15 ± 2,15%). и 35,35 ± 2,29%) и щелочной средами (39,25 ± 2,29% и 37,94 ± 2,0%) по антиоксидантам на рисунке 3.

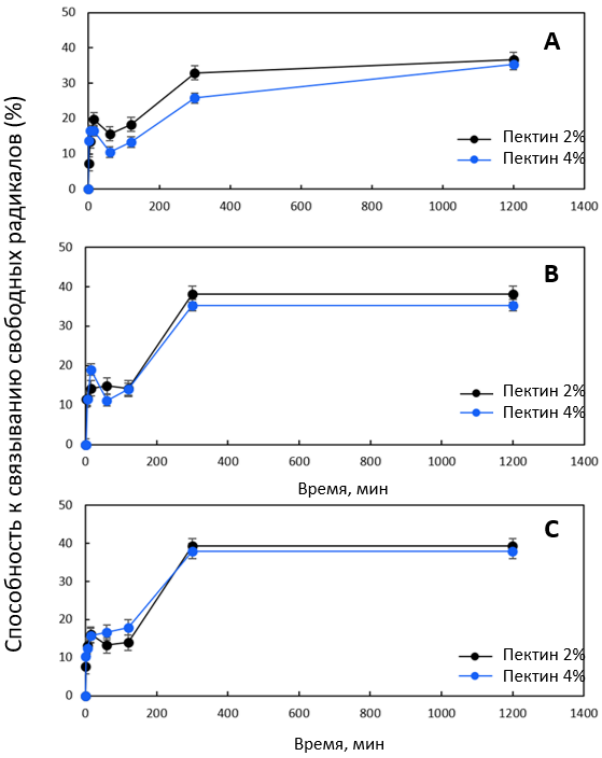


Рис. 3 – Кинетика высвобождения антиоксидантов для капсул с различной концентрацией пектина в модельной среде: A) pH 3; B) pH 7; C) pH 9 [3]

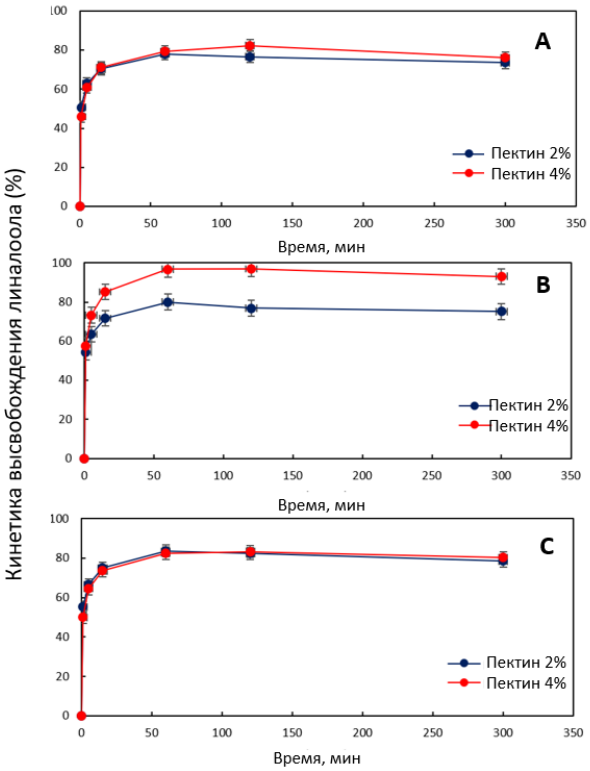


Рис. 4 – Кинетика высвобождения линалоола для капсул с различной концентрацией пектина в модельной среде: A) pH 3; B) pH 7; C) pH 9 [4]

А также (78,03 ± 3,2% и 79,29 ± 2,9%) по сравнению с нейтральной (80,01 ± 4,15% и 96,77 ± 2,29%) и щелочной средой (83,63 ± 3,20% и 82,54 ± 2,05%) для линалоола на рисунке 4.

Морфологические признаки показали изменения в структуре капсул при использовании различных концентраций пектина, что также показывает эффективность использования 4%-го пектина и подтверждается повышением качества связей при увеличении концентрации пектина, а также при добавлении экстракта на рисунке 5.

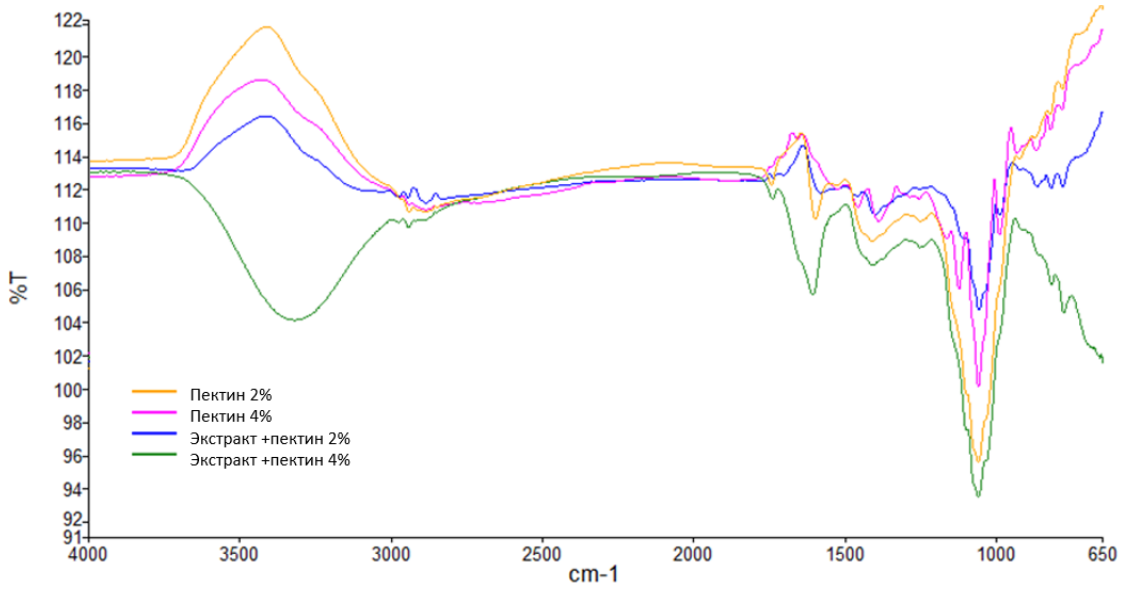


Рис. 5 – Инфракрасные-Фурье-спектры капсул с различным содержанием [5]

Полученные результаты в отношении применения экологической экстракции биологически активных веществ ароматического растения *O. basilicum* указывают на эффективность применения ультразвуковой энергии как оптимизирующего метода экстракции для сохранности антиоксидантных веществ, и отдельных компонентов ароматической фракции. Вода показала себя как наиболее эффективный экологически безопасный и выгодный растворитель. Микроволновое воздействие в нашей работе оказало разрушительное воздействие на исследуемые компоненты и требует более детального рассмотрения в дальнейших исследованиях. Полученные пектиновые капсулы с концентрацией пектина 4% показали эффективность в отношении стабильности антиоксидантов и линалоола в кислой среде (pH 3). Также показано наличие взаимодействия между капсулой и компонентами экстракта, что может быть обусловлено образованием водородных связей между фенольными веществами экстракта и молекулами пектина [5], что приводит к более длительному удержанию экстракта в капсуле при увеличении концентрации пектина. Полученные капсулы в дальнейшем могут быть применены как функциональная добавка при создании продуктов с кардиопротекторной функцией, а именно для предотвращения развития атеросклероза. Основываясь на исследованных характеристиках, капсулы будут иметь наибольшую стабильность в продуктах с низким pH среды, например, в кисломолочных продуктах, пользующихся большим спросом на современном рынке. Пектин в качестве инкапсулирующего агента обеспечивает таргетную доставку активных веществ экстракта базилика и, следовательно, их наилучшее усвоение в организме человека. Положительные физиологические эффекты полученных капсул в отношении сердечно-сосудистой системы являются весомым вкладом в обеспечение активной жизнедеятельности населения.

Список использованных источников

1. Filip S. Basil (Ocimum basilicum L.) a Source of Valuable Phytonutrients // International Journal of Clinical Nutrition & Dietetics. – 2017. – №1(3). – Pp. 192–197.
2. Shahrajabian M.H., Sun W., Cheng Q. Chemical components and pharmacological benefits of Basil (Ocimum basilicum): a review // International Journal of Food Properties. – 2020. – №1(23). – Pp. 1961–1970.
3. Ćorković I. Microencapsulation of Chokeberry Polyphenols and Volatiles: Application of Alginate and Pectin as Wall Materials // Gels. – 2021. – №4(7). – 231 p.
4. Harnafi H., Aziz M., Amrani S. Sweet basil (Ocimum basilicum L.) improves lipid metabolism in hypercholesterolemic rats // European Journal of Clinical Nutrition and Metabolism. – 2009. – №4(4). – 181–186 p.
5. Kurozawa L.E., Hubinger M.D. Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation // Current Opinion in Food Science. – 2017. – №1(15). – Pp. 50–55.

УДК 621.575.9

АНАЛИЗ СИСТЕМ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ АБСОРБЦИОННЫХ МАШИН С АККУМУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Байрамов Ш.З.

Научный руководитель – Бараненко А.В., профессор, доктор технических наук, советник при ректорате

bairamov.shamil@mail.ru, avbaranenko@itmo.ru

Ключевые слова

Энергосбережение, теплоиспользующая холодильная машина, абсорбционные преобразователи теплоты, имитационная модель, разработка программного расчетного комплекса.

Современные системы холодоснабжения, применяемые в кондиционировании зданий различного назначения таких, как общественные и административные, жилые, а также производственные здания должны отвечать ряду требований по проектированию подобных инженерных систем [3]. На сегодняшний день, для решения такого рода задач наиболее часто применяются парокомпрессионные системы охлаждения [3]. В то же время, при наличии вторичного энергетического ресурса, либо альтернативного источника энергии целесообразнее использование теплоиспользующей холодильной машины для получения холода [1].

Основным недостатком распространенных систем кондиционирования воздуха, работающим на основе парокомпрессионного цикла, является большой расход электрической энергии на привод компрессора. А также, поскольку компрессор – конструктивно сложное механическое изделие, большие затраты на обслуживание и ремонт подобных систем холодоснабжения [3].

Для работы абсорбционного преобразователя теплоты требуется подвод тепловой энергии, а электрическая энергия, в много меньшем объеме, затрачивается на насосы подачи теплоносителей [1].

Значительным шагом к энергосбережению является применение аккумуляторов тепловой энергии, позволяющих снизить как капитальные, так и эксплуатационные затраты на систему кондиционирования воздуха. В целях повышения энергоэффективности АБХМ, на практике применяются преобразователи солнечной энергии для обеспечения тепловой энергией (солнечные коллекторы), аккумуляторы тепловой энергии и прочее оборудование, которое позволяет сократить затраты на выработку холода [4].

Также в нынешних экономических условиях, учитывающих высокий темп развития различных систем холодоснабжения, имеется необходимость в качественном производстве и определении оптимальной методики проектирования таких систем. Подобная методика должна удовлетворять условиям универсальности и гибкости. Иными словами, она должна быть применима к большинству видов холодильных машин, и при этом обеспечивать наиболее высокую точность полученных результатов и возможность предсказать показатели и рентабельность системы холодоснабжения еще на ранних стадиях проектирования [5].

Для решения подобных инженерных задач применяются различные методы моделирования поскольку проведение реального эксперимента сопряжено с риском, высокими временными или экономическими затратами [2]. Энергосберегающая система представляет собой сложную структуру и характеризуется стохастичностью связей между элементами, большим количеством параметров и переменных характеристик, характером воздействия окружающей среды, поэтому такие системы относятся к классу больших схем, которые без моделирования анализировать невозможно [5].

С целью проектирования системы охлаждения на базе абсорбционной холодильной машины с применением преобразователя солнечной энергии и аккумулятора тепловой энергии был разработан программный комплекс. Данный комплекс реализует такой способ анализа, как имитационное моделирование, которое находит все большее применение в современных реалиях. Имитационное моделирование характеризуется многофакторностью связей функционирования различных частей системы, что значительно затрудняет процесс ручного расчета подобных систем. Разработанное на основе имитационной модели программное обеспечение, главное окно которого показано на рисунке 1, представляет собой расчетный комплекс для анализа различных параметров системы.

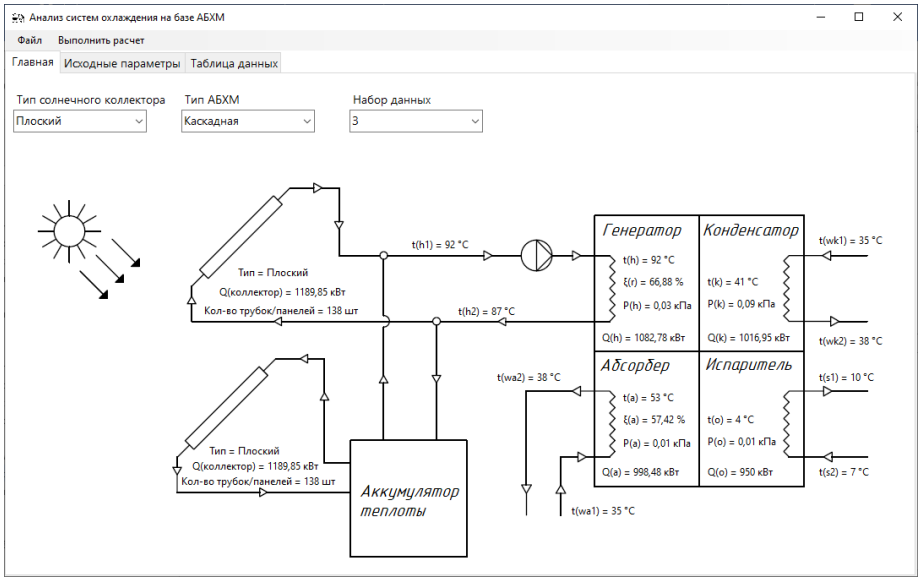


Рис. 1 – Главное окно, разработанного программного обеспечения

В разработанном программном комплексе проанализированы различные режимы работы системы, с учетом различных её конфигураций, детали работы которых могут быть просмотрены в окнах вывода и анализа расчетной информации представленных на рисунках 2 и 3. Количество рассмотренных конфигураций энергокомплекса составляет 192, ввиду различных типов цикла холодильной машины, подачи, охлаждающей аппараты, воды и типов солнечных коллекторов.

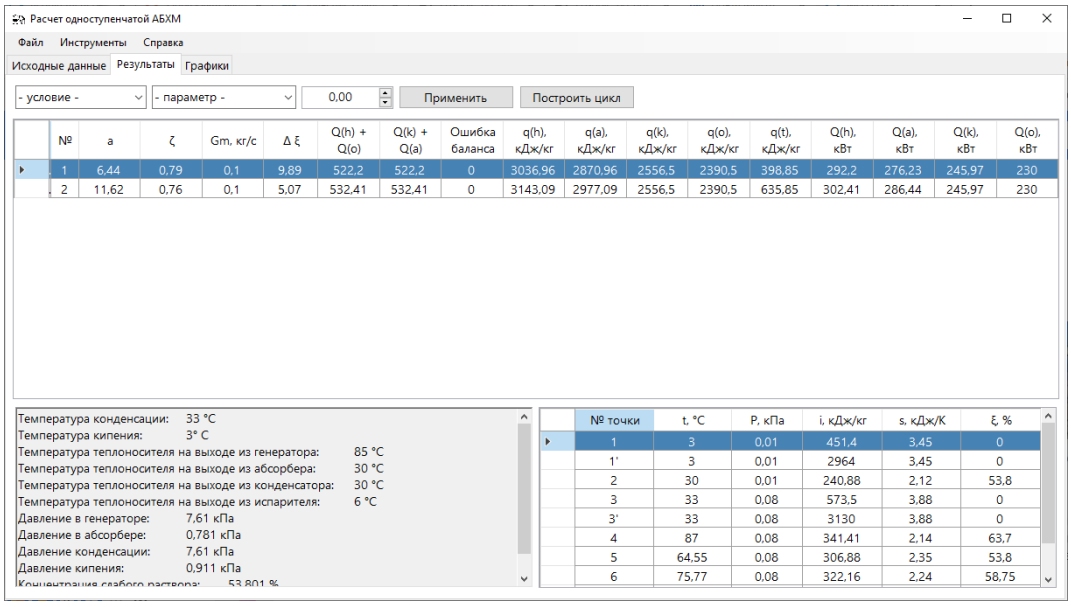


Рис. 2 – Окно вывода расчетной информации, разработанного программного обеспечения

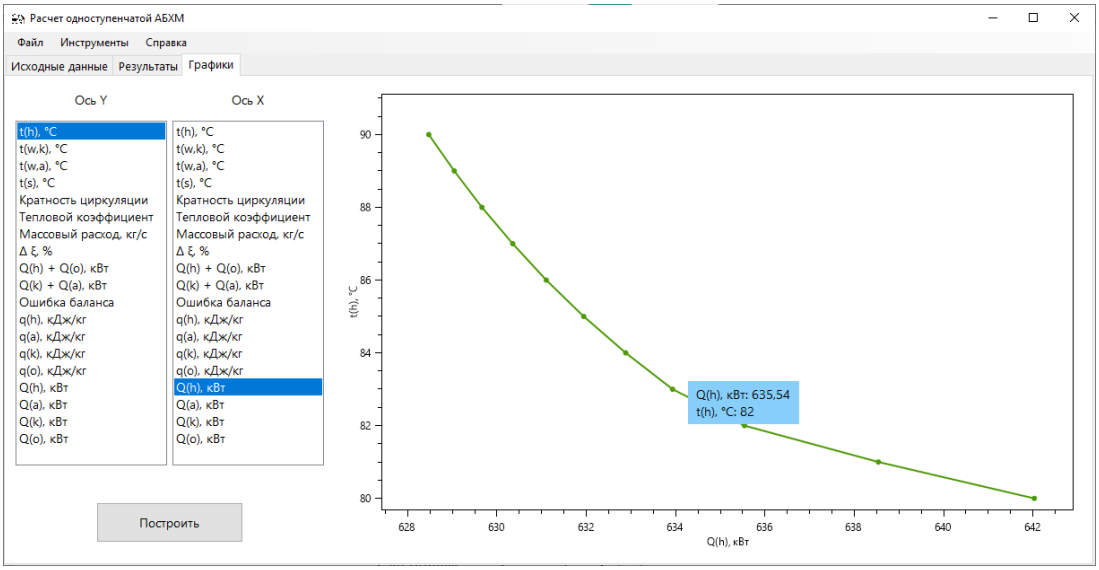


Рис. 3 – Окно анализа расчетной информации, разработанного программного обеспечения

Целевой функцией при определении оптимальных конфигураций является – получение, минимально возможного для нормальной работы энергокомплекса, значения количества солнечных коллекторов при наибольшем значении теплового коэффициента. Заданным требованиям удовлетворяют 4 конфигурации из 192 рассмотренных, значения тепловых нагрузок которых указаны в таблице.

Таблица

Результаты исследования. Оптимальные конфигурации энергокомплекса

№	№ набора данных	Qh, кВт	Qa, кВт	Qk, кВт	Qo, кВт	Δ ξ	ζ	Кол-во коллекторов, шт	Мощность коллекторов, кВт	Мощность аккумулятора, кВт
Одноступенчатый цикл АБХМ										
1	4	214	203	162	150	3,54	0,7024	27	233	228
2	13	220	209	162	150	3,07	0,6826	28	242	235
3	14	213	200	163	150	4,04	0,7045	27	233	229
4	23	207	195	162	150	4,87	0,7281	26	225	222
Каскадный цикл АБХМ										
5	4	198	185	161	150	8,58	0,4007	25	216	212
6	13	208	195	161	150	5,17	0,3864	26	225	223
7	14	220	207	161	150	3,16	0,3745	28	242	236
8	23	200	186	161	150	9,11	0,3992	25	216	215

Практическая ценность проекта состоит:

1. В создании универсального программного комплекса, позволяющего анализировать различные конфигурации исследуемой системы холодоснабжения.
2. В возможности определения оптимальной конфигурации энергокомплекса в зависимости от заданных условий.
3. В накоплении результатов для сравнительного анализа.

В работе рассмотрена система холодоснабжения здания с применением альтернативного источника энергии и аккумулятора теплоты. Использование солнечного преобразователя тепловой энергии делает возможной автономную работу подобного энергокомплекса, что повышает энергоэффективность зданий и сооружений.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. На основании представленных математических зависимостей разработано программное обеспечение, позволяющее спроектировать систему охлаждения на базе АБХМ с применением солнечной энергии и аккумулятора теплоты.
2. Полученные зависимости для термодинамических параметров работы АБХМ позволяют с достаточной для инженерных расчетов точностью смоделировать её работу. Зависимости прошли тестирование и могут быть использованы для проектирования подобного рода систем.
3. Сделан вывод о целесообразности использования того или иного типа солнечного преобразователя. Для рабочих условий, рассматриваемых в данной работе, целесообразным является использование плоских солнечных коллекторов, требуемое количество которых минимально, относительно вакуумных коллекторов, ввиду их высокой эффективности.
4. Отмечено какие рабочие параметры холодильной машины необходимо поддерживать для оптимальной её работы. В зависимости от рассматриваемых условий работы энергокомплекса, целесообразнее использование плоских солнечных коллектор.
5. Установлены оптимальные параметры работы абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины, соответствующие её максимальному значению теплового коэффициента.

Список использованных источников

1. Холодильные машины: учебник для вузов / А.В. Бараненко [и др.]; под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Политехника, 2006 (Петрозаводск). – 942 с.: ил.
2. Байрамов Д.З., Байрамов Ш.З. Создание базы данных для оптимизации работы абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины в составе энергоблока // LXI Международные научные чтения (памяти А.Н. Колмогорова): [сб.] – Москва, 2019. – С. 40-45.
3. Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю., Звягинцева С.М., Мурашко В.П., Седых И.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Учебное пособие – М.: «Евроклимат», издательство «Арина», 2003. – 416 с. Второе издание.
4. James Muye a, Dereje S. Ayou a, Rajagopal Saravanan b, Alberto Coronas a. Performance study of a solar absorption power-cooling system a) Universitat Rovira i Virgili, CREVER Avda Paisos Catalans, 26, 43007 Tarragona, Spain, b) College of Engineering, Guindy, Anna University, Chennai, Tamil Nadu 600 025, India // Applied Thermal Engineering. – 2016. – №97. – С. 59-67.
5. Есенбекова А.Э., Джумахметова Л.К., Дусталиева С.М. Имитационное моделирование как главный инструмент конструирования сложных процессов и систем // Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2017 г.). – Москва: Буки-Веди, 2017. – С. 165-167.

УДК 349.6; 504.38

РАЗРАБОТКА ПОРЯДКА ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ОБЪЕКТАХ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Барбанэль П.Ф.

Научный руководитель – Агаханянц П.Ф., доцент, кандидат технических наук, доцент

307774@niuitmo.ru

Ключевые слова

Полигоны ТКО, парниковые газы, инвентаризация парниковых газов.

Российская Федерация на данный момент является страной участницей Рамочной конвенции ООН об изменении климата и приняла обязательства в соответствии с Парижским соглашением. Главные обязательства – предоставление отчетности о выбросах парниковых газов (ПГ) и их сокращение. Объекты обращения с твердыми коммунальными отходами являются существенным источником выбросов парниковых газов. В Российской Федерации выбросы от сектора обращения с отходами составляют порядка 3,2%, от общих объемов, и растут с 1990 года [1].

На данный момент в Российской нормативно-правовой базе отсутствует структурированная информация о проведении инвентаризации выбросов парниковых газов от объектов обращения с отходами, при этом существуют требования по учету выбросов от рассматриваемых предприятий [2].

Целью работы являлась разработка порядка инвентаризации выбросов парниковых газов на объектах обращения с твердыми коммунальными отходами. Для решения поставленных задач были рассмотрены основные операции и технологические процессы на объекте обращения с ТКО, которые являются источниками выбросов парниковых газов. Были проанализированы методики количественной оценки выбросов парниковых газов. Результаты были систематизированы в сборнике методик. Сборник был апробирован для оценки выбросов ПГ от Комплекса по переработке ТКО в Московской области.

Схема источников выбросов парниковых газов показана на рисунке (рис.1).

Первым рассмотренным процессом является транспортирование отходов. В случае использования собственного транспорта выбросы считаются прямыми, в противном случае – косвенными.

Сортировка и отбор вторичного сырья, предварительная механическая обработка и физико-химическая обработка оцениваются по потреблению энергии для обеспечения работы оборудования этих процессов. Выбросами парниковых газов от отходов в этих процессах пренебрегают. Потребление топлива на территории предприятия является источником прямых выбросов. Закупка энергии, тепловой и электрической – источник косвенных выбросов.

Компостирование или анаэробное разложение также могут быть рассмотрены в контексте потребления энергии, но при этом имеют технологические выбросы метана и закиси азота. Термическое обезвреживание или утилизация является источником метана, закиси азота и углекислого газа.

Захоронение – самая распространенная в Российской Федерации технология обращения с ТКО, является источником в первую очередь метана.

Самыми распространенными методиками количественной оценки выбросов парниковых газов являются методики, признанные на международном уровне, включённые в руководящие принципы национальных инвентаризации парниковых газов, составленные Межправительственной группой экспертов по изменению климата. Методики оценки выбросов парниковых газов от объектов обращения с отходами представлены в разделе «Энергетика» и в разделе «Отходы» [3].

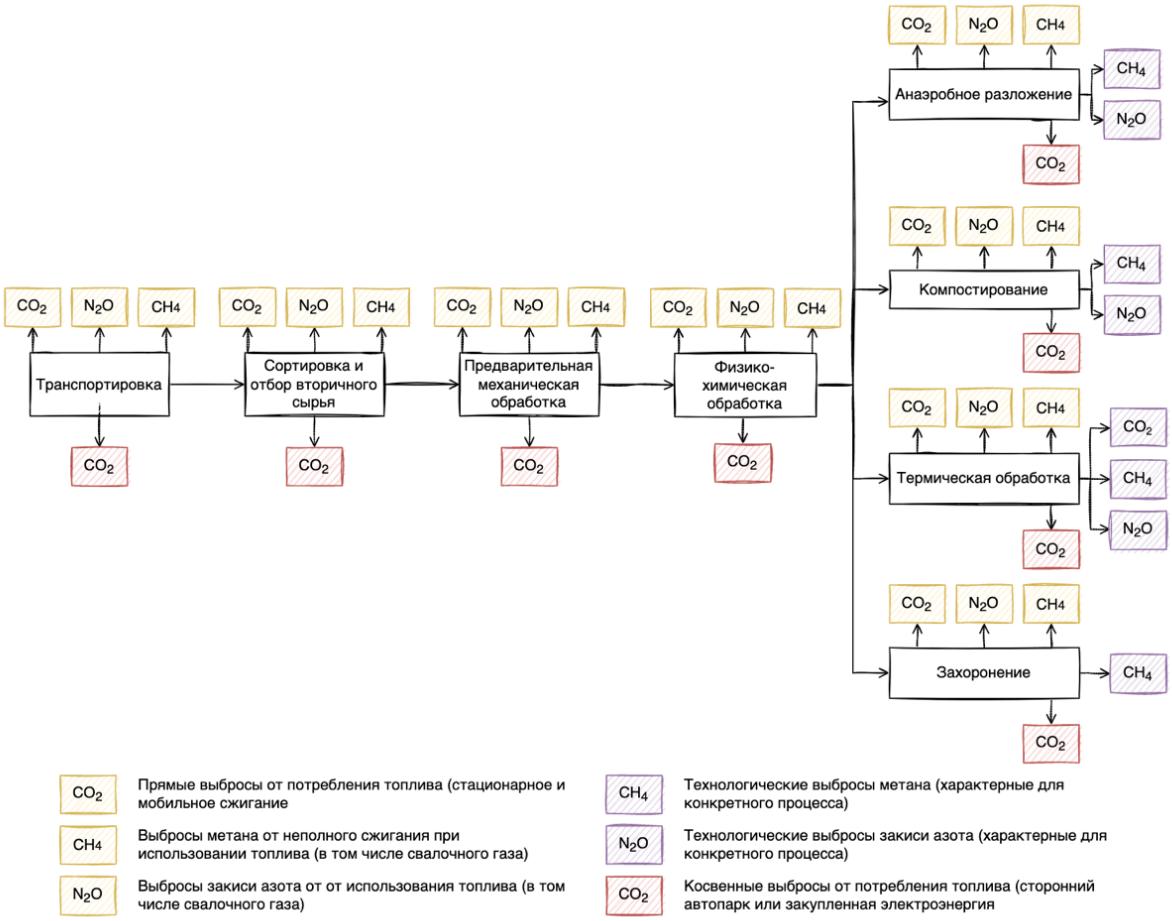


Рис. 1 – Схема источников выбросов парниковых газов на объектах обращения с ТКО

Отечественные методики содержатся в следующих документах:

- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30.06.2015 №300 «Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации» (19 категорий прямых выбросов);
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.06.2017 №330 «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов» (электро- и тепловая энергия);
- ГОСТ Р 57262-2016/EN 16258:2012 «Экологический менеджмент. Расчет и декларирование энергопотребления и выбросов парниковых газов при предоставлении транспортных услуг» (транспорт);
- Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов (АКХ им. Памфилова, НИИ Атмосфера и др.).

Анализ необходимых исходных данных показал, что для инвентаризации нужны данные о количестве отходов, потреблении топлива, а также «коэффициенты выбросов». Коэффициент отражает удельный выброс того и иного парникового газа на единицу показателя деятельности. Наибольшую проблему представляет оценка выбросов парниковых газов от захоронения отходов. Трудность состоит в отсутствии аттестованных методик определения белков, жиров и углеводов, нечеткости понятия «органическое вещество» и сложности натурного определения состава биогаза.

Апробация порядка инвентаризации проведена на основе данных Комплекса по переработке отходов «Восток» (Московская область), который работает с 2019 года. На нем происходит механическая подготовка, сортировка, компостирование и захоронение хвостов. На территории предприятия используются дизельные транспортные средства. Функционирует котельная мощностью 2,21 МВт, и дизельная установка мощностью 0,5 МВт.

В таблице ниже (табл. 1.) представлены результаты апробации систематизированных в сборнике методик, как отечественных, так и методик МГЭИК. Для всех процессов, кроме захоронения, выбросы парниковых газов рассчитаны на один год. Для захоронения выбросы рассчитаны за период существования полигона на данный момент – за три года. Отечественные методики по определению выбросов от процессов потребления топлива (транспортирование, котельная, дизельная) могут быть использованы наряду с методиками МГЭИК, так как разница между результатами составляет менее 3%. Отечественные утвержденные методики оценки выбросов от компостирования отсутствуют. Наиболее существенной разница в расчетах оказалась для захоронения. Допущение в применении отечественной методике касалось того, что она разработана для необедненных ТКО, в то время как на КПО Восток на захоронение поступают хвосты сортировки, после удаления фракции менее 70 мм, обогащенной пищевыми отходами, которая направляется на компостирование.

Таблица 1

Результаты апробации методик

Процесс (источник выбросов ПГ)	**Международные методики (МГЭИК), кг $CO_{2\ экв}$**	**Отечественные методики, кг $CO_{2\ экв}$**
Транспортировка	4 210 743,897	4 173 000,000
Дизельная установка	3 197,213	3 272,360
Котельная	415 961 162,673	425 687 520,000
Компостирование	45 024 000,000	
Захоронение (за 3 года)	98 368 845,727	439 281 653,035

Для демонстрации отличии методики АКХ Памфилова и МГЭИК, были рассчитаны выбросы парниковых газов за 32 года существования полигона при условии постоянного поступления ТКО и прекращения захоронения на 10-м году эксплуатации (рис.2).

Российская методика дает кратно более высокие значения выбросов. Результаты применения методики МГЭИК демонстрируют более плавное изменение выбросов, так как используются экспоненциальные составляющие в уравнениях, которые учитываются скорость протекания реакции разложения для разных компонентов отходов.

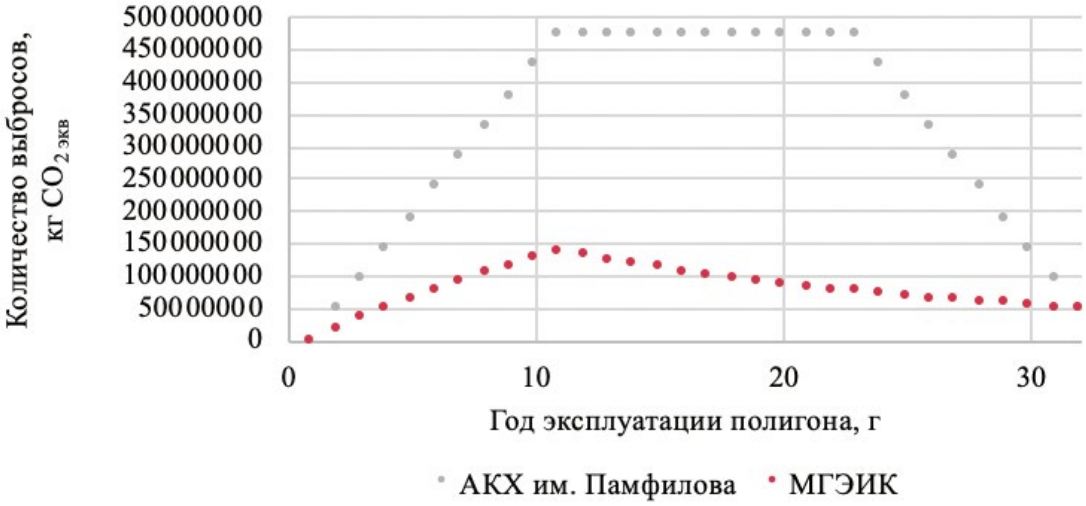


Рис. 2 – Динамика выбросов парниковых газов от полигона

Таким образом, можно сделать выводы о том, что отечественные методики и методики МГЭИК, использующиеся для оценки выбросов от процессов потребление топлива, дают сопоставимые результаты. Необходима разработка методики расчёта выбросов от компостирования ТКО. Наибольшее расхождение наблюдается при сравнении методик оценки выбросов от процесса захоронения, отечественная методика дает, возможно, завышенные выбросы от процесса захоронения и не учитывает динамику выбросов в отличие от международной методики. Также необходима корректировка методики выбросов от полигонов с учетом усложнившихся процессов обращения с ТКО перед захоронением.

Список использованных источников

1. Говор И.Л., Гитарский М.Л. Аналитический обзор потенциального вклада отрасли обращения с отходами в климатическую политику России. – М.: Немецкое Общество по Международному Сотрудничеству (ГИЦ) ГмбХ, 2020. – 73 с.
2. Официальный интернет-портал правовой информации: Постановление Правительства Российской Федерации от 14.03.2022 No 355 «О критериях отнесения юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к регулируемым организациям». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203150019?index= 0&rangeSize=1 (дата обращения: 23.12.2021).
3. The Intergovernmental Panel on Climate Change: Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Удаление твердых отходов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/ (дата обращения: 19.03.2022).

УДК 681.1

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИСТРОЧНЫМ ДИСПЛЕЕМ

Бобко Р.А.

Научный руководитель – Чепинский С.А., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники

Bobkoruslan99@gmail.com

Ключевые слова

Мультистрочный дисплей Брайля, шаговые двигатели, интерфейс SPI, технологии отображения точек Брайля.

На данный момент в рынке инклюзивной продукции для слабовидящих одно из ключевых мест занимают дисплеи Брайля. Дисплей Брайля представляют из себя массив из ячеек Брайля (рис.1), каждая из которых хранит шесть или восемь (в зависимости от конфигурации) точек, актуируемые пьезокристалами. Таким образом, отображение символа сводится к подаче напряжения на те пьезокристалы, точки, связанные с которыми должны быть актуированы. Так как такая система задействует по одному пьезокристалу на каждую точку, количество актуаторов стремительно растет. Более того, ввиду малых расширений пьезокристалов ширина ячейки в почти в восемь раз меньше ширины символа.

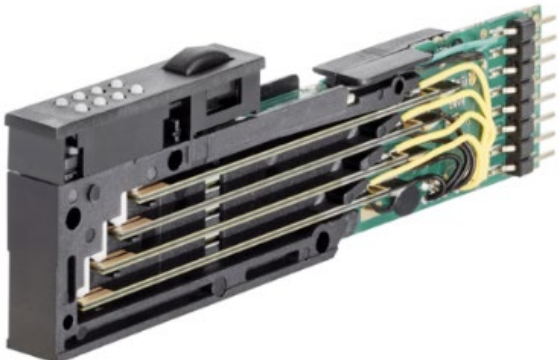


Рис. 1 – Ячейка Брайля

Все вышеперечисленное приводит к интересу в научном обществе, направленном на поиск новых технологий отображения.

В настоящее время активно ведутся исследования технологий мультистрочного отображения шрифта Брайля различными университетами (MIT, Мичиган, EPFL) [1], а также патентуется, в том числе Российскими изобретателями, например Беломоевым [2]. При этом хочется отметить, что все исследования, направленные на поиск новых технологий отображения, не решают проблему габаритов устройства, и поэтому или не соответствуют требованиям ГОСТ Р 56832-2015 или занимают непозволительно много места. Подробнее с конструкциями таких прототипов можно ознакомиться в следующих источниках [3–5].

В данной статье рассмотрено решение предполагающее уменьшение количества задействованных актуаторов за счет механической фиксации точек. Такой подход позволит не только сократить стоимость конструкции, но и уменьшит ее габариты. По результатам проделанной работы был собран и протестирован испытательный стенд и, тем самым, доказана работоспособность предложенного решения.

Отображение шрифта Брайля предполагает формирования рельефа с помощью точек, каждая из которых принимает одно из двух положений – выпуклое или нет (обычно 6 точек на символ, то есть алфавит Брайля хранит в себе 64 различных символа). Конструктивное решение предполагает фиксировать положение точки механически (рис.2).

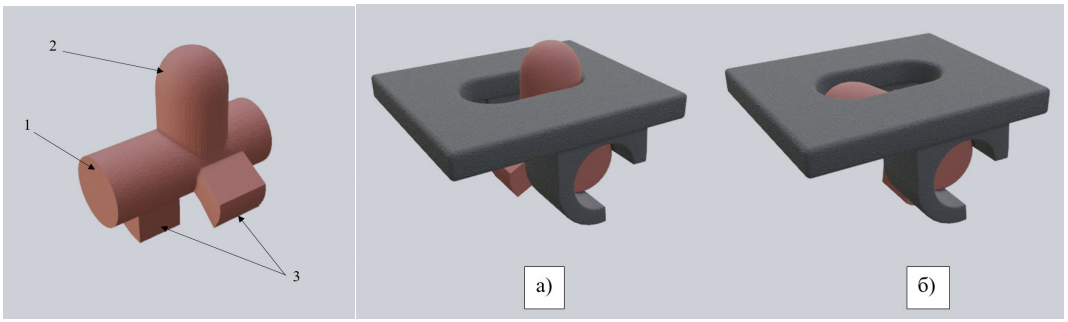


Рис. 2 – Точка Брайля, состоящая из: 1) ось поворота; 2) точка брайля; 3) пальцы; и ее положения: а) – выпуклое; б) – не выпуклое

Таким образом, точка может принимать одно из двух положений посредством поворота вокруг своей оси. И приводится в движение актуатором давящим на один из пальцев в направлении перпендикулярном оси поворота. В качестве актуаторов были выбраны шаговые моторы, так как такой тип двигателей позволяет получить точное позиционирование без накопительной ошибки и не требует обратной связи. И несмотря на то, что гибридные шаговые двигатели не изготавливаются меньше, чем 20 мм в сечении, найти малогабаритные биполярные шаговые двигатели не составит труда: на рисунке 3 представлен биполярный шаговый двигатель с планетарной и винтовой передачами и ходом гайки 1 см.

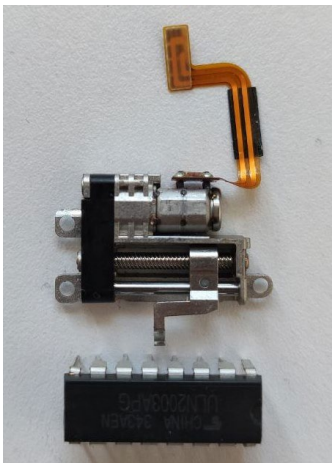


Рис. 3 – Маломощный биполярный двигатель с винтовой передачей

Тогда вся конструкция может иметь следующий вид, представленный на рисунке 4.

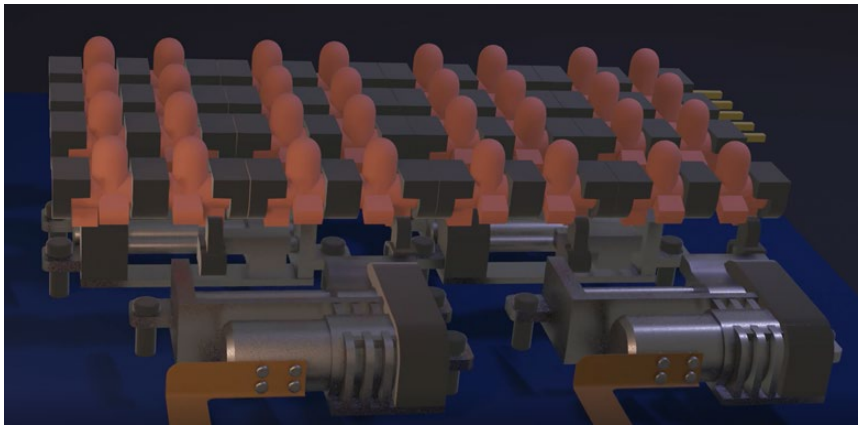


Рис. 1 – Конструкция мультистрочного дисплея Брайля

На подвижной вдоль оси Y каретке, приводимой в движение одним мотором посредством винтовой передачи, жестко закреплены маломощные шаговые моторы. Если по ходу движения каретки от зрителя гайка маломощного мотора пересекается с пальцем

соответствующей точки, то точка принимает невыпуклое положение, в противном случае точка остается в выпуклом состоянии. Аналогично при движении каретки на зрителя происходит перевод точки из выпуклого состояния в невыпуклое.

Таким образом, отображение шрифта Брайля на дисплее предложенной конструкции сводится к одновременному управлению несколькими шаговыми моторами. Следует отметить, что количество моторов равно количеству букв в строке и не зависит от количества строк. Таким образом, пока пользователь читает первую строку, обновляется последующая и так далее. Ниже представлен испытательный образец дисплея (рис.5):

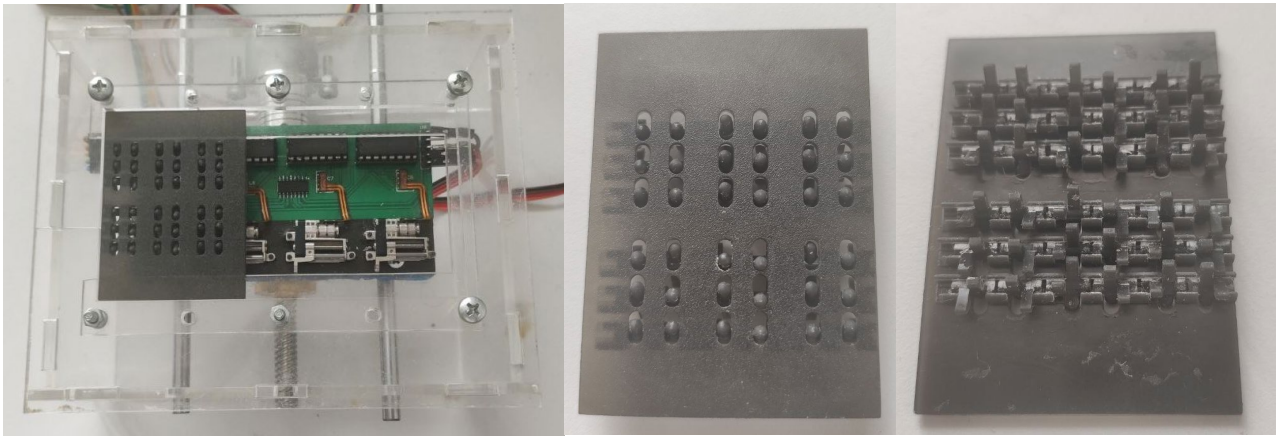


Рис. 5 – Испытательный образец мультистрочного дисплея Брайля

В качестве технологии изготовления точке и крепления было выбрана фотополимерная печать на принтере voxelab proxima 6.0 с LCD экраном и длинной УФ волны в 405 нм. Данный принтер позволяет получить разрешение в 50 мкм по осям XY и 25 мкм по оси Z. Однако следует отметить, что конструкция точек позволяет легко перевести изготовление в технологию литья под давлением или штамповку, так как присутствуют черновые поверхности не подверженные трению.

Из всего вышесказанного видно, что задача отображения текста состоит из двух этапов: перевод символов ASCII в символы Брайля и последующий парсинг этих символов в положение двигателей. Так как для управления каждым двигателем необходимо задействовать 4 ножки микроконтроллера (использование драйверов по типу A4988, DRV8825 или TMC2208 не рассматривается ввиду их требовательности к обвязке, дороговизне и избыточности функционала для рассматриваемой задачи), то было решено расширить количество выводов микроконтроллера с помощью сдвиговых регистров, представляющих из себя последовательно соединенные D-триггеры. Выбор обусловлен большой скоростью передачи данных (частота тактирования до 100 МГц) и простотой протокола, совместимым с SPI. Сдвиговый регистр выбран 74HC595, а для защиты от индуктивных выбросов и реализации биполярного управления, требуемого шаговыми двигателями, был использован драйвер L 293D представляющий из себя схему H-моста на полевых транзисторах и диодную защиту.

На основании этих предположений была собрана схема на макетной плате, а в последствии изготовлена печатная плата.

Благодаря использованию интерфейса SPI был получен прирост скорости актуирования более чем в 50 раз (148 кГц при использовании стандартных функций процессора микроконтроллера и 8 МГц при использовании периферии SPI). Процесс передачи данных считан логическим анализатором и показан на рисунке 6.

Таким образом, задача управления моторами сводится к передаче последовательности включенных и выключенных обмоток в двоичном представлении.

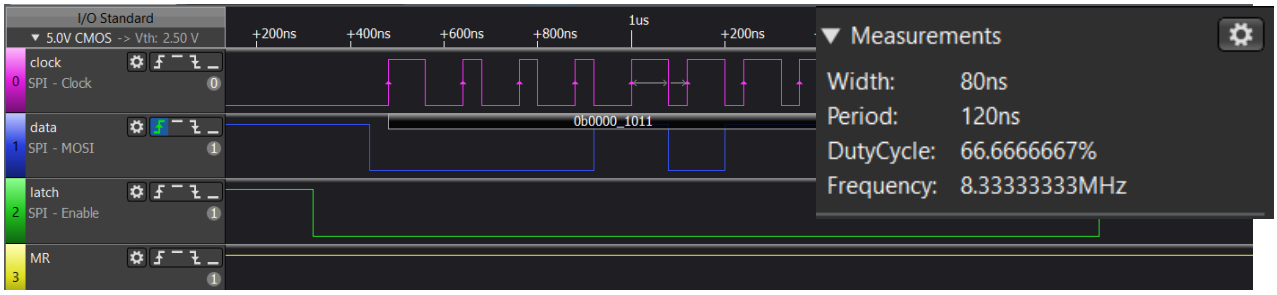


Рис. 6 – Передача данных по интерфейсу SPI

По итогу проделанной работы была сформирована библиотека для одновременного управления шаговыми моторами, подключенными через сдвиговые регистры, а также написан класс дисплея Брайля, имеющий функционал чтения/записи текста на обычном шрифте или шрифте брайля в кодировке UTF-8, перевода из одного шрифта в другой и перевода шрифта Брайля в положения моторов для актуирования нужных точек. Данная конструкция и программная реализация показала свою работоспособность, но ввиду большого количества механических движущихся частей, требует точного позиционирования точек и шаговых моторов относительно друг друга.

Список использованных источников

1. C. X. a. G. L. Jialin Shi, Interviewee, These 6 Women Undergrads At MIT Invented A Game Changer For The Blind. [Интервью]. 2016.
2. Беломоев Ф.В. УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПРИЁМА И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ШРИФТА БРАЙЛЯ. Россия Патент 2016147556, 12 май 2016.
3. Premkumar T. International Conference on Innovations in Power and Advanced Computing Technologies [i-PACT2017] // Braille Display by Rotating Multi-Octagonal Segment, 2017. DOI: 10.1109/IPACT.2017.8244896.
4. Liu X.; Li Y.; Li J. 3rd International Conference on Computer and Computing Science // Raille display device design based on STM32, 2015. DOI: 10.1109/COMCOMS.2015.21.
5. Kumari S. International Conference for Emerging Technology INCET // Enhanced Braille Display, 2020. DOI:10.1109/incet49848.2020.9153996.

УДК 535.15, 535.37

INFLUENCE OF SYNTHESIS PARAMETERS ON THE ENERGY STRUCTURE OF ELECTRONIC TRANSITIONS OF CARBON DOTS FROM O-PHENYLENEDIAMINE

Vedernikova A.A.
Thesis supervisor – Ushakova E.V., PhD in Physics and Mathematics

vvedernikova.anna@gmail.com

Keywords
Carbon dots, o-phenylenediamine.

Carbon dots (CDs) are class of zero-dimensional (0D) carbon nanoparticles, which were discovered in 2004 during the purification of single walled carbon nanotubes. CDs attract attention from multiple research groups around the world due to intense and tunable luminescence. In addition, CDs are water-soluble, biocompatible, have excellent photostability, low cost and toxicity, and high sensitivity to the external environment compared to conventional luminescent nanoparticles [1]. This combination of properties allows using CDs in a very broad range of applications from optoelectronics and sensing to bioimaging. It was shown that CDs based on o-phenylenediamine (o-PD) can demonstrate tunable luminescence from the deep ultraviolet (UV) to near infrared spectral (NIR) range and therefore interesting to study.

The core of CDs is composed from sp^2-/sp^3-hybridized carbon atoms, with many functional groups such as amino, epoxy, ether, carbonyl, hydroxyl, and carboxylate on its surface [2]. The optical properties of CDs depend on their structure, size, shape, and chemical composition. These characteristics can be controlled during synthesis by varying chemical or physical parameters. The chemical parameters include the chemical composition of the precursor and solvent and the pH of the medium, while physical are temperature and reaction time, as well as the method of synthesis. A wide variety of synthetic parameters makes it possible to tune optical properties for a particular task. However, although tunable CDs photoluminescence (PL) may have many applications, a universal explanation for the emission mechanism of CDs has not yet been proposed.

One of the precursors used for synthesis is o-PD – simple and non-toxic organic precursor which was chosen as a main precursor in this work. It was shown that the dehydration and carbonization of such precursor results in a formation of large conjugated sp^2-domains. Furthermore, o-PD can play role of a nitrogen source due to amine groups; this may result in narrow-bandgap CDs with longer-wavelength emission.

In this work, to establish the influence of synthesis parameters on the energy structure of CDs based on o-PD, 15 samples were synthesized varying additional precursor and its amount, solvent, and temperature. The obtained information allows to reveal the nature of the emitting centers and their location in the synthesized CDs.

The CDs were synthesized by the solvothermal synthesis method. The o-PD was chosen as the main precursor, additional precursors were added to study their impact on CDs properties. The solution of 0.5 g of o-PD in 25 mL of solvent was solvothermally heated to 180°C and kept in autoclave for 6 h. After the reaction, the autoclave was naturally cooled down to room temperature. The colloidal solutions were purified from large particles and agglomerates using a filter with a 0.22 μm membrane. Then CDs were dialyzed for 24 h against water to purify from unreacted precursors and molecular fluorophores. The additional precursors, their masses, solvent types, and temperature for samples are listed in Table 1.

Table 1

Precursors, solvents, and temperature used in the CDs synthesis

Sample	Additional precursor	Mass of additional precursor, g	Solvent	Synthesis temperature, °C
CD-1	-	-	water	180
CD-2	-	-	water+HCl	180
CD-3	-	-	ethanol	180
CD-4	benzoic acid	0.56	water	180
CD-5	benzoic acid	0.56	ethanol	180
CD-6	benzoic acid	0.56	toluene	220
CD-7	benzoic acid	0.56	acetone	220
CD-8	ascorbic acid	0.67	water	180
CD-9	ascorbic acid	0.67	ethanol	180
CD-10	urea	0.278	water	180
CD-11	thioacetamide	0.355	water	180
CD-12	thiourea	0.35	water	180
CD-13	thiourea	0.7	water	180
CD-14	-	-	formamide	180
CD-15	-	-	formamide	220

Sample of CD-1 from o-PD synthesized in water was chosen as reference sample. The morphology of the CDs was studied by Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy to explore the functional groups on the surface of CDs (Fig.1,C). CD-1 have N H peaks corresponding to primary amines and exhibits symmetric and asymmetric vibrations of two N-H groups. C-H vibrations are observed both in the arene and aliphatic groups. C=C vibrations and bending of the N-H group in aromatic amines are also observed in the 1550-1680 cm^{-1} region. The absorption at 1500 cm^{-1} could be attributed to C=C vibrations in the aromatic ring. In the region of 1000-1400 cm^{-1}, both bending and rocking of the C-H group, and C-O, C-N stretching are observed. The absorption spectrum demonstrates two absorption bands (Fig.1,D). First one is attributed to $\pi \rightarrow \pi^*$ transitions inside the core and the second one has vibrational structure and may be attributed to molecular compounds with aromatic system. These CDs have three emissive centers, which are located at (i) 370, (ii) 460, and (iii) 540 nm. (Fig.1,D).

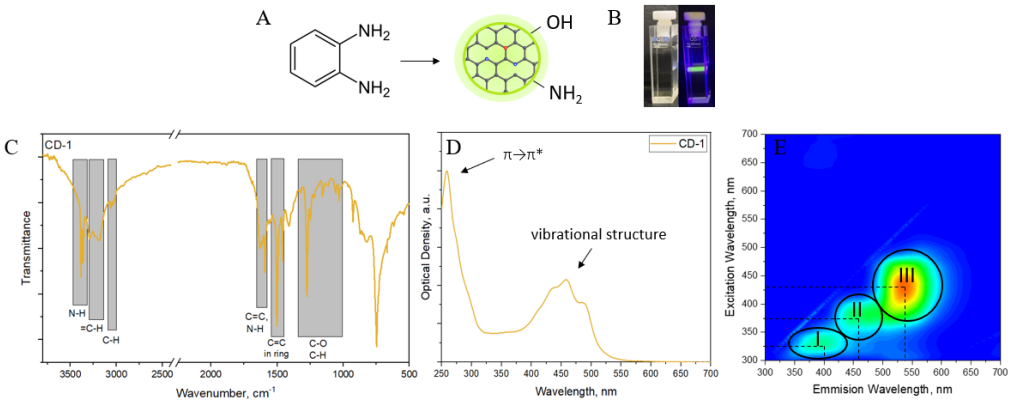


Fig. 1 – A) Schematic representation; B) photos in daylight (left) and UV light (right); C) FTIR spectra; D) absorption spectrum; E) map of the PL excitation-emission of CD-1

It was shown that the chemical medium affects the formation of luminescence centers in CDs during the synthesis. From FTIR spectra analysis (Fig.2,B), the CD-2 sample has extremely weak peaks corresponding to N-H, is, which is a consequence of the use of acid during the synthesis. In addition, in acid environment absorption peak at 2840 cm^{-1} is appears and can be attributed to O-H stretching vibration of carboxylic acids. Thus, increasing the acidity of the environment leads to

changes in CD's structure so (ii) peak vanishes (Fig.2,D). Whereas using ethanol together with disappearance of (ii) peak the intensity of the two remaining peaks is redistributed. In addition, there is no vibrational structure in longer-wavelength absorption band (Fig.2,C).

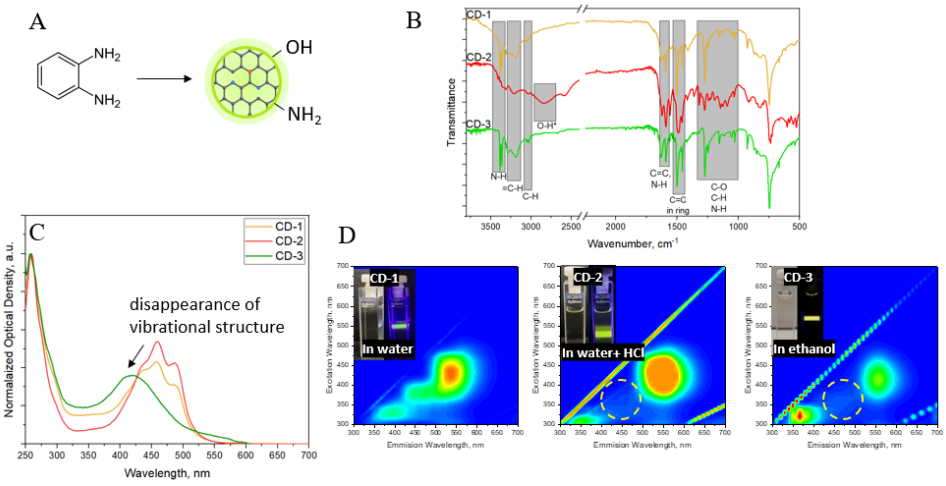


Fig. 2 – A) Schematic representation; B) FTIR spectra; C) absorption spectra; D) maps of the PL excitation-emission and photos in daylight (left) and UV light (right) of CDs from o-PD. The sample names are listed

We showed that additives such as carboxylic acids during the synthesis affect the formation of CDs. CDs from o-PD and benzoic acid in water (CD-4), ethanol (CD-5), toluene (CD-6), and acetone (CD-7) were obtained. The composition of the functional groups on the surface were analyzed by FTIR spectroscopy, spectra are shown in Fig. 3B. When benzoic acid is added in the synthesis, the same functional groups as CD-1 are observed. However, a new peak appears at 1700 cm-1, which can be attributed to the carboxyl group -COOH that is observed in CD-4 and CD-7 samples. It was expected since we use benzoic acid in the synthesis. As can be seen from the FTIR spectra, CDs synthesized in organic solvents (CD-6, CD-7) do not have N-H and O-H groups, which provides the poor solubility in water. Benzoic acid is not that chemically active to o-PD and in this case the intensity of third peak (iii) decreases and intensity of (i) peak increases (Fig.3,D). Furthermore, we also showed the effect of organic solvents as toluene and acetone on the formation of CDs' luminescent centers. The absorption changes of these samples indicate a different structure (Fig.3,C). In these samples there are no (iii) peak which we refer to emission from o-PD, and they demonstrate larger excitation dependence of the emission (Fig.3,D).

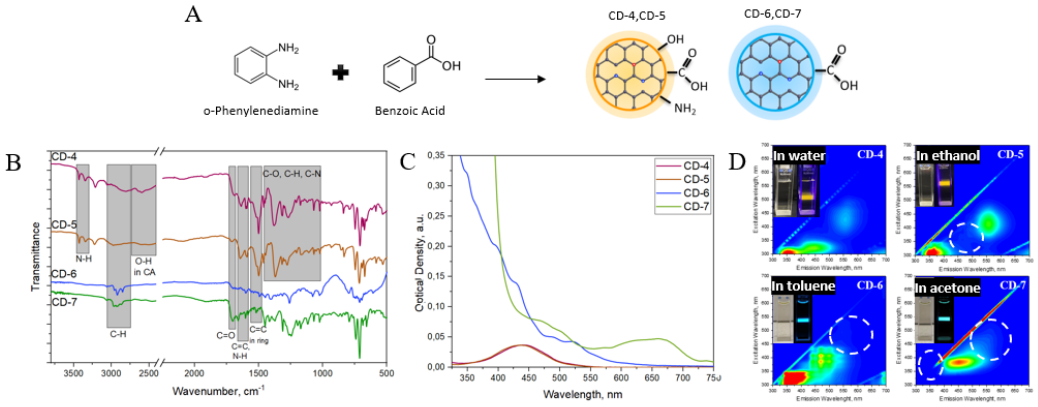


Fig. 3 – A) Schematic representation; B) FTIR spectra; C) absorption spectra; D) maps of the PL excitation-emission and photos in daylight (left) and UV light (right) of CDs from o-PD and benzoic acid. The sample names are listed

The samples of CDs from ascorbic acid in water (CD-8) and ethanol (CD-9) were obtained. As shown in Fig. 4B, the broad peak centered at 3220 cm^{-1} implied the existence of hydroxyl groups. An intense peak at 1535 cm^{-1} appears in CD-8 spectrum and it can be attributed to the N-O group. It should be noted that the FTIR spectra for both CD-8 and CD-9 do not contain peaks attributed to -NH groups. This observation indicates on the o-PD interaction with ascorbic acid via amines. Thus, we can conclude that during the synthesis of CDs from o-PD and ascorbic acid, the oxygen rich carbon network is formed. Reaction of ascorbic acid and o-PD via amines leads to embedding of the benzoic ring from o-PD to the inside of CDs. Thus, the (iii) peak originated from o-PD disappears (Fig.4,D). Ethanol in synthesis lead to formation of different structure where (ii) peak dominates.

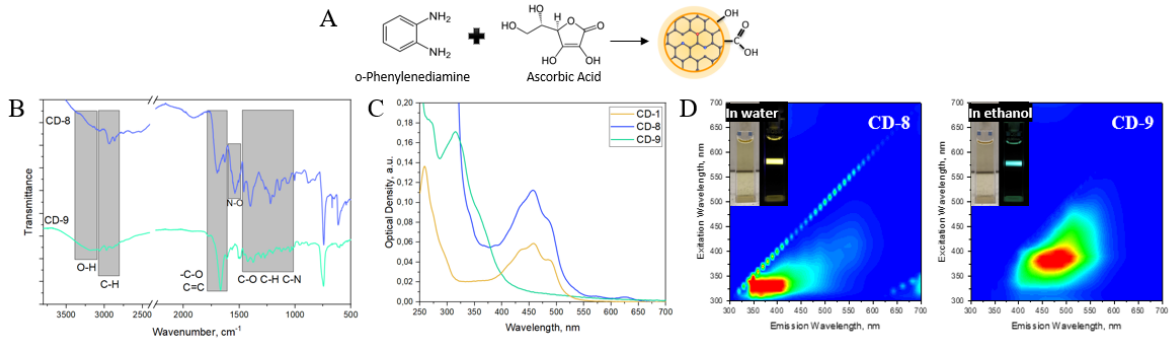


Fig. 4 – A) Schematic representation; B) FTIR spectra; C) absorption spectra; D) maps of the PL excitation-emission and photos in daylight (left) and UV light (right) of CDs from o-PD and ascorbic acid. The sample names are listed

It is well known that heteroatom doping affects electronic and luminescent properties of CDs. FTIR analysis was carried out to characterize the surface group of CDs and shown in Fig. 5B. S,N-doping by using thioacetamide (CD-11) and thiourea (CD-12) leads to appearance of the strong absorption peak at 2048 cm^{-1} of N=C=S. However, with an increase in the amount of thiourea during the synthesis (CD-13), a peak at 1662 cm^{-1} appears, which can be related to N-H scissoring in amide group. S,N-doping leads to disappearing of vibrational structure in longer-wavelength absorption band (Fig.5,C). As well as it leads to domination of (i) peak in emission (Fig.5,D). In addition, increase in the amount of thiourea leads to redistribution of intensity and domination of (iii) peak.

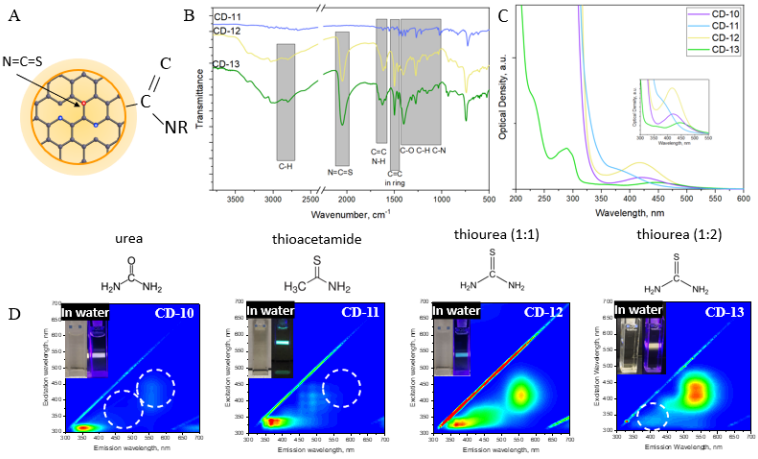


Fig. 5 – A) Schematic representation; B) FTIR spectra; C) absorption spectra; D) maps of the PL excitation-emission and photos in daylight (left) and UV light (right) of S,N-doped CDs based on o-PD. The sample names are listed

To further reveal the formation mechanism of three optical centers typical for o-PD-based CDs, we used formamide as solvent and varied the temperature of synthesis (180°C – CD-14 and 220°C – CD-15). However, formamide – is not only a solvent for o-PD but it participates in the formation of

CDs due to Schiff base reaction between amine group of o-PD and carbonyl of formamide. FTIR spectra of CD-15 display the characteristic absorption bands corresponding to the stretching vibration of N-H and O-H groups in region of 3100-3450 cm^{-1} (Fig.6,B). Stretching vibration of C-H at 2930 cm^{-1} is observed. In 1660-1700 cm^{-1} region two peaks are observed and may be attributed to amide group. Stretching vibration of C=C and C-N at 1570-1630 cm^{-1} are observed. Formed CDs demonstrate increased absorption in longer-wavelength region (Fig.6,C) and a broad excitation dependent emission (Fig.6,D). In addition, there is no emission from o-PD. The temperature of the synthesis affects formation of carbon dots and leads to a larger π-electron conjugation that can make the energy gap of the surface states narrower and cause the PL redshift.

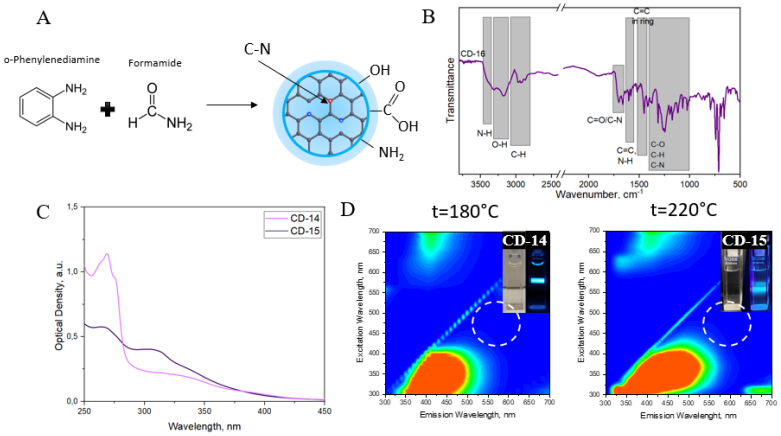


Fig. 6 – A) Schematic representation; B) FTIR spectra; C) absorption spectra; D) maps of the PL excitation-emission and photos in daylight (left) and UV light (right) CDs based on o-PD in formamide. The sample names are listed

To sum up, the CDs based on o-PD have up to three emissive centers. Primarily, they are located at (i) 350-400, (ii) 420-500, and (iii) 510-580 nm. The (i) peak can be attributed to emission from the core, the (ii) peak – to emission from the compounds at the surface, and the (iii) peak is emission from o-PD-related optical center. The intensity of peaks can be controlled by varying synthesis parameters, thus allowing to obtain a set of samples with emission covering the range from 350 to 650 nm.

References

1. Xiao L., Sun H. Novel properties and applications of carbon nanodots // Nanoscale Horizons. Royal Society of Chemistry, – 2018. – V.3. – №6. – Pp. 565–597.
2. Chao D. et al. Solvent-dependent carbon dots and their applications in the detection of water in organic solvents // Journal of Materials Chemistry C. – 2018. – V. 6. – №28. – Pp. 7527–7532.

УДК 004.8

AUTOMATED PHYSICS-BASED TIME-SERIES MODELING USING NEURAL ODE AND ITS EXTENSIONS

Голованев Я.С.

Научный руководитель – Хватов А.А., кандидат физико-математических наук, руководитель лаборатории композитного искусственного интеллекта, старший научный сотрудник лаборатории композитного искусственного интеллекта, доцент факультета цифровых трансформаций, старший научный сотрудник исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта "Сильный искусственный интеллект в промышленности"

alex_hvatov@itmo.ru;

Ключевые слова

Machine learning, neural networks , time series, neural ODE, machine learning interpretation.

Continuous-time machine learning models have a long history starting from classical ARIMA models to most modern liquid neural networks [1]. Most of the modern methods are not interpretable [2] in terms of both model behavior in the “unknown” valid input case and the model parameters sensitivity. Recent research on neural ODEs [3] is a separate branch that achieved impressive results in several areas, including replacement of residual networks in classification problems, constructing a new class of invertible density models, and proposing a generative time-series model, which motivates most of this work. Systems of ODEs have the long history of classical analysis thus having a well-developed tools for modeling quality assessment and interpretation. Thus the neural ODE may be theoretically interpreted from classical ODE analysis point of view.

Methods of topology and functional analysis are widely used to understand the nature of functions that could be approximated by the neural networks to create various extensions of the initial neural ODE approach. In recent publications [4–9], authors performed theoretical analysis of these models, proposed various extensions of the original approach, and applied these models in specific practical problems.

Usually in the literature, as an example [4,5], neural ODE are shown from conventional functional analysis point of view. Namely, the function spaces that could be obtained and ways of its extensions are considered. The paper [4] reveals some of the limitations of the original model and resolves them by extending this model. The authors showed that the dynamics of neural ODE define homeomorphism that continuously deforms the input space and cannot, for example, tear a connected region apart. In [5] authors established general system-theoretic neural ODE formulation and analyzed its components separately. Authors show that the original neural ODE model from [3] in fact cannot be considered as the deep limit of residual networks. To address discovered theoretical limitations, authors of [4] proposed the augmented neural ODEs, which employ additional dimensions to allow learning trajectories that would have self-intersections in original space. Similarly, apart from the theoretical study of existing neural ODE models, authors of [5], starting from the problem of building proper deep limit of residual networks, introduced two novel model variants – Galerkin and stacked neural ODEs.

Classical ODE system analysis appears more rarely. In [6] authors show the relation between training a continuous-time neural network and solving an optimal control problem, which may help to employ the old well-studied methods in this kind of problem and noted that many recent neural network architectures apart from residual networks, such as [10–15], can be viewed as various ODE discretizations. Paper [7] addresses the critical limitation of modern neural ODE models – computational complexity, by enforcing the generated ODEs to be easy to solve. To achieve this, authors introduced a differentiable surrogate using higher-order derivatives of solution trajectories.

In [8] authors of the original neural ODE paper consider problems of extrapolation and interpolation of irregularly-sampled time series data. The proposed time series model is based on a model from [3], extending it by using an ODE encoder with a recurrent neural network (RNN). The second application is also based on the results from [3] and is related to the proposed density modeling approach. In [9], authors used Hutchinson's trace estimator for estimating the log-density in linear time, allowing unrestricted architectures for the derivative of the hidden state.

In this work, we consider the problem of time series modeling using neural ODE, which was initially discussed in [3]. While previous papers significantly extend the original model using the conventional functional analysis and machine learning methods, despite detailed research on different properties of neural ODEs, many questions remain unanswered regarding these models' theoretical and practical properties. Two of the arisen questions with a brief explanation of the related problems are discussed below.

In which case neural ODE models should be used instead of classical time series models? Authors of [8] showed that when data is sparse or irregularly sampled, these models perform better than RNN networks. Apart from this, unlike standard RNN networks and other time series models, hidden states of neural ODE models correspond to the coefficients of systems of differential equations, which increases the overall interpretability of the models, which is crucial in cases where black-box models cannot be trusted. It is necessary to compare its behavior with various classical time series models on various datasets to determine the limits of applicability of this class of models.

How can we interpret neural ODE models for different types of non-stationary time series modeling problems? It is possible to analyze the representative abilities of the model depending on parameterization. By investigating the underlying ODE system, we can conclude that, for example, it is possible to represent the trend of a time series with a single component of the ODE solution. Another possible interpretation lies in the classical ODE analysis field. In most implementations, the parameterization is done using standard fully-connected layers with tanh or sigmoid activations. The expected behavior of corresponding solutions was not discussed in previous papers.

First question could be expanded onto balance between interpretability, prediction quality and training / inference time question for the machine learning methods for the time-series prediction. Answer to this question should also lead to the idea what theoretical interpretation limit may be obtained with latent neural ODE approach and how we can extend it further.

The work is organized as follows: first chapter contains comprehensive literature review of above-mentioned neural ODE models and their extensions, as well as the alternative approaches to ODE-based time series modeling. In second chapter we conduct as series of experiments to compare neural ODE methods with the classical machine learning algorithms for the time-series modeling. Third chapter is dedicated to the analysis of various forms of neural ODE representations from a classical ODE analysis point of view and reveals significant theoretical limitations of these models. In chapter four we construct a new time-variable ODE model that resolves the discovered limitations and demonstrate its capabilities.

Список использованных источников

1. Hasani R.M. Hasani, Lechner M., Amini A., Rus D., Grosu R. Liquid time-constant networks // Computer Science. – 2020. DOI:10.1609/aaai.v35i9.16936.
2. Lipton Z.C. The Mythos of Model Interpretability: In machine learning, the concept of interpretability is both important and slippery. // Queue. – 2018. – V.16. – №3. – Pp. 31–57.
3. Chen T., Rubanova Y., Bettencourt J., Duvenaud D. Neural ordinary differential equations // Computer Science. – 2018. arXiv:1806.07366.
4. Dupont E., Doucet A., Teh Y.W. Augmented neural ODEs // arXiv:1904.01681. – 2019.
5. Dissecting neural odes / S. Massaroli [et al.] // arXiv:2002.08071. – 2020.
6. Chen X. Ordinary differential equations for deep learning // Computer Science. – 2019. arXiv:1911.00502.
7. Kelly J., Bettencourt J., Johnson M.J., Duvenaud D. Learning differential equations that are easy to solve // arXiv:2007.04504. – 2020.

8. Rubanova Y., Chen R.T., Duvenaud D. Latent odes for irregularly-sampled time series // arXiv:1907.03907. – 2019.
9. Grathwohl W. et al. FFJORD: Free-form continuous dynamics for scalable reversible generative models // arXiv:1810.01367. – 2018.
10. Zhang X. Polynet: A pursuit of structural diversity in very deep networks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2017. – Pp. 718–726.
11. Larsson G., Maire M., Shakhnarovich G. Fractalnet: Ultradeep neural networks without residuals // arXiv:1605.07648. – 2016.
12. Lu Y. Beyond finite layer neural networks: Bridging deep architectures and numerical differential equations // International Conference on Machine Learning. – PMLR. – 2018. – Pp. 3276–3285.
13. Chang B. et al. AntisymmetricRNN: A dynamical system view on recurrent neural networks // arXiv:1902.09689. – 2019.
14. Gomez A.N. The reversible residual network: Backpropagation without storing activations // Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems. – 2017. – Pp. 2211–2221.
15. Ruthotto L., Haber E. Deep neural networks motivated by partial differential equations // Journal of Mathematical Imaging and Vision. – 2020. – V.62. – №3. – Pp. 352–364.

УДК 664.663; 664.641

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭТАПОВ ПРОИЗВОДСТВА БУЛОЧЕК ДЛЯ ГАМБУРГЕРА, ОБОГАЩЕННЫХ НЕТРАДИЦИОННЫМИ ВИДАМИ МУКИ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Гринвальд С.А.

Научный руководитель – Баракова Н.В., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий, ведущий инженер мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем

n.barakova@mail.ru

Ключевые слова

Льняная мука, мука из зеленой гречихи, мука из виноградных косточек, фенольные соединения, пищевая ценность, сроки хранения.

В настоящее время люди часто пользуются услугами ресторанов быстрого питания, так как это простой способ немедленно насытиться. Если рассматривать статистику за последние несколько лет, то можно сделать вывод, что рестораны быстрого питания заняли почти 60% рынка общественного питания (рис.1) [1].

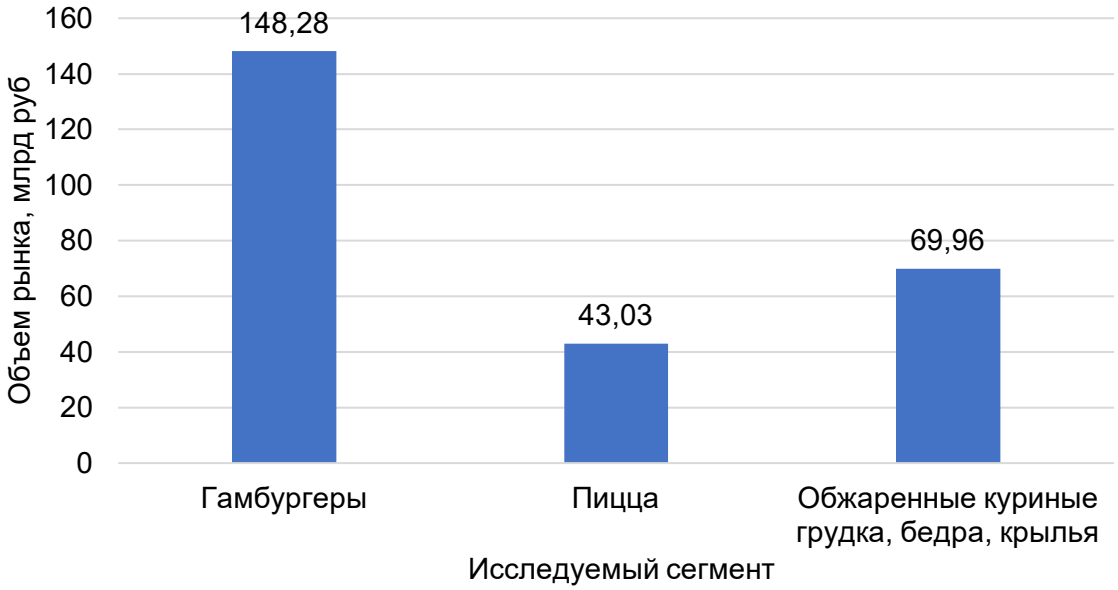


Рис. 1 – Объем потребления продукции быстрого питания российского рынка по сегментам [1]

Однако, такой прием пищи сложно назвать сбалансированным, чаще всего в нем отсутствует достаточное количество белков, полезных жиров, пищевых волокон и сложных углеводов. Дефицит микро- и макронутриентов в рационе человека приводит к возникновению проблем со здоровьем.

Под воздействием постоянного стресса, загрязненной окружающей среды и плохим питанием снижается антиоксидантная защита организма. В связи с этим приобретает большое значение введение антиоксидантов с пищей. Принимая антиоксиданты дополнительно, можно свести к минимуму неблагоприятное воздействие свободных радикалов, что является профилактикой сердечно-сосудистых, онкологических, аутоиммунных заболеваний, а также раннего старения организма.

По данным, полученным в ходе изучения литературных источников, обогащение продуктов питания антиоксидантами будет не только положительно влиять на организм, но и может существенно продлить сроки хранения продукции, что решает еще одну задачу промышленного производства [2].

Анализ литературных источников показал, что нетрадиционные виды муки активно используются для обогащения хлеба, кондитерских изделий, однако почти не рассматривается сегмент, который последнее время набирает большую популярность, – булочки для гамбургера.

Целью исследования данного проекта являлась разработка технологических этапов производства булочек для гамбургера, обогащенных антиоксидантами, и анализ срока годности готовых изделий.

Объектами исследования являлись образцы булочек для гамбургера с внесением композиционных смесей из льняной муки, муки из зеленой гречихи и муки из виноградной косточки. Данные виды муки были выбраны за счет богатого химического состава и наличия фенольных соединений.

Для определения соотношений вносимых видов муки была проведена серия пробных выпечек. Оценку полученных изделий проводили по органолептическим и физико-химическим показателям. Выбранные соотношения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение исследуемых видов муки

Наименование компонента	**Соотношение видов муки, %**			
	Контрольный образец	**Образец №1**	**Образец №2**	**Образец №3**
Пшеничная мука в/с	100	80	70	70
Льняная мука	–	10	13	5
Мука из зеленой гречихи	–	5	10	15
Мука из виноградной косточки	–	5	7	10

Хлебобулочные изделия были изготовлены по рецептуре ООО «Саф-Невы». Однако жиросодержащий продукт был заменен на растительное масло, а содержание сахара снижено до 8% (табл.2).

Таблица 2

Унифицированная рецептура

Наименование	**Опара, %**	**Тесто, %**	**%**
Мука пшеничная в/с	40,0	60,0	100,0
Вода	36,0	22,0	58,0
Соль	–	2,0	2,0
Сахар-песок	–	8,0	8,0
Масло кунжутное	–	6,0	6,0
Дрожжи прессованные	0,9	3,3	4,2
ЛТ «Фриз»	–	3,0	3,0
Опара	–	76,9	–
Всего теста	76,9	181,2	–
Итого муки	–	100,0	181,2

Методы исследования. Для проведения экспериментов использовали общепринятые методы исследования хлебобулочных изделий. Содержание фенольных веществ определяли спектрофотометрическим методом. Реологические характеристики определяли на структурометре СТ-2, микробиологическую обсемененность хлебобулочных изделий определяли методом посева микроорганизмов на питательную среду из сухого питательного агара с глюкозой [3,4,5].

Процесс производства булочек для гамбургеров начинается с замеса опары. Температура опары 28 – 30°С. Брожение опары составляет 2 – 2,5 часа.

Вторым этапом изготовления булочек для гамбургера является замес теста. Готовое тесто должно иметь температуру 25 – 28°С. После чего изделиям придают круглый вид и отправляют на расстойку, которая составляет 45 – 50 мин при температуре 40°С и относительной влажности 90%.

Последним этапом приготовления булочек для гамбургеров является выпечка. Данный этап длится 10 минут при температуре 190 – 230°С и подачей пара 3 – 5 секунд.

Результаты. При проведении органолептической оценки качества было выявлено, что образцы с добавлением нетрадиционного сырья имели свойственный слабо выраженный травяной запах и маковый вкус. Однако в образцах №2 и №3 наблюдался хруст при разжевывании, так как частицы нетрадиционных видов муки значительно больше по своим размерам и имеют в своем составе отрубянистые включения.

Цвет изделий варьировался от светло-желтого до темно-коричневого. Однако важно отметить, что биохимические структуры нетрадиционных видов муки, такие как гликозиды, полифенолы, хлорофиллы придают муке специфический вкус, цвет и аромат [5]. Самое темное окрашивание корки наблюдалось у образца №3 с наибольшим добавлением муки из виноградной косточки.

Пористость изделий была равномерная, развитая. Наименее развитая пористость наблюдалась у образца №3 (рис.2).

Рис. 2 – Внешний вид готовых изделий

При проведении физико-химических испытаний отмечены отклонения во влажности, которые варьировались в пределах нормы, так как нетрадиционные виды муки за счет наличия отрубянистых частиц поглощают больше влаги, чем пшеничная мука.

Кислотность изменялась от 2,4 – 3,4 градусов, так как исследуемые виды муки характеризуются высоким содержанием собственных органических кислот (винной, яблочной).

С увеличением дозировки нетрадиционных видов муки формоустойчивость изделий значительно не изменялась. Исследуемые образцы не растекались при выпечке, однако контрольный образец и образец №3 имели оптимальные показатели высоты и диаметра (табл.3).

Таблица 3

Физико-химические показатели качества готовых изделий

Наименование показателя	**Контрольный образец**	**Образец №1**	**Образец №2**	**Образец №3**	**Величина допустимого уровня**
Влажность мякиша, %	38,0±0,6	45,3±0,5	46,2±0,8	45,6±0,7	Не более 52,0
Кислотность, град	1,6±0,05	2,4±0,07	3,0±0,0,09	3,4±0,06	Не более 3,5
Формоустойчивость	0,82±0,02	0,81±0,06	0,82±0,02	0,79±0,01	н/н
Пористость изделий	72,5±0,8	68,7±0,5	65,3±0,6	64,5±0,8	Не менее 54, 0

Относительно пищевой ценности (рис.3) можно отметить положительную динамику в содержании белка, что достигает 20% от удовлетворения суточной потребности, также значительно увеличилось содержание пищевых волокон (65% от суточной потребности).

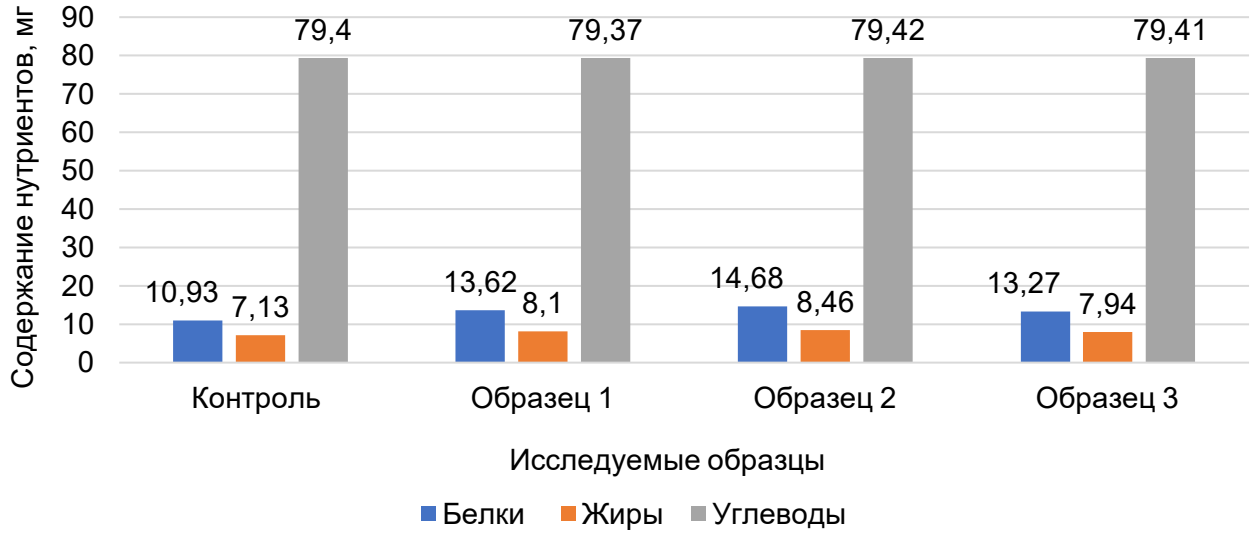


Рис. 3 – Содержание основных нутриентов в готовых изделиях

Содержание Ca, Mg, P, Fe удовлетворяет суточную потребность в минеральных веществах соответственно на 11%, 26%, 31% и 40% (рис.4).

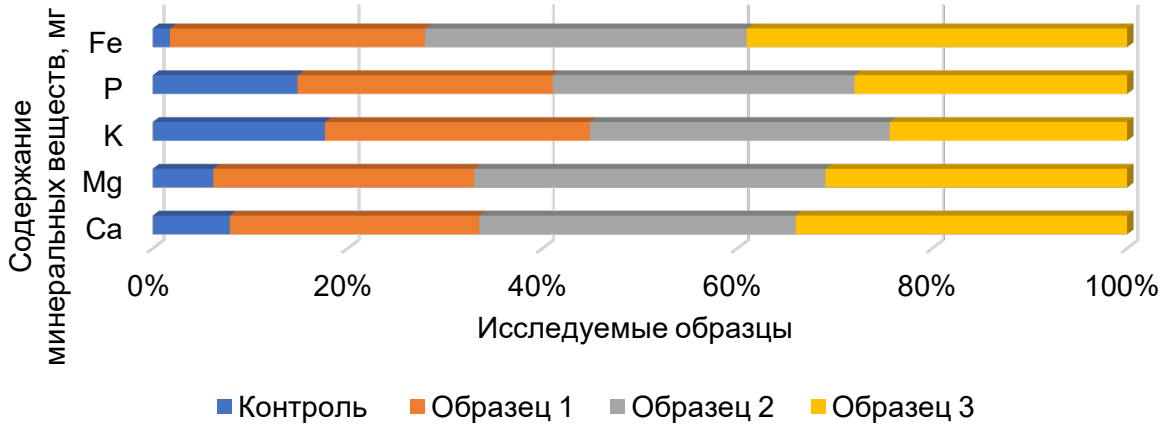


Рис. 4 – Содержание минеральных веществ в готовых изделиях

Значение витамина B_1 увеличилось почти в два раза. Наибольшее значение данного витамина наблюдается в образце №2. Однако стоит учитывать, что данные получены расчетным путем и не имеют экспериментального подтверждения, так как известно, что в процессе термической обработки химические связи минеральных и витаминных соединений разрушаются на 40 – 60%.

Из литературных источников следует, что фенольные вещества обладают антимикробными свойствами против развития дрожжей, плесеней и других патогенных микроорганизмов [2]. В ходе определения фенольных соединений было выявлено, что наибольшее количество фенольных соединений обнаружено в муке из виноградной косточки, а наименьшее – в льняной муке (табл.4).

Соответственно, в образец №3, содержащем наибольшее количество муки из виноградной косточки и зеленой гречихи, обнаружено больше всего фенольных соединений (рис.5).

Таблица 4

Содержание фенольных соединений в исследуемых видах муки

Наименование показателя	Льняная мука	Мука из зеленой гречихи	Мука из виноградной косточки
Фенольные соединения, мг GAE/ кг	384,6	468,6	979,9

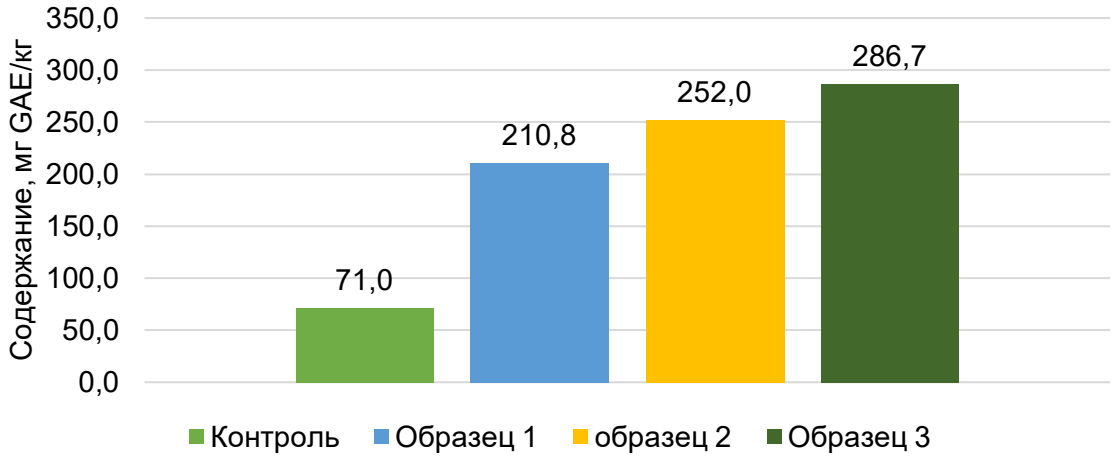


Рис. 5 – Содержание фенольных соединений в готовых изделиях

В процессе хранения изделий были проведены исследования эластичности мякиша и его способности восстанавливать свои упругие свойства. По рисунку 6 видно, что внесение нетрадиционных видов муки значительно снижает упругие свойства изделия, что полностью обосновано химическим составом вносимых видов сырья. Например, используемые виды муки являются безглютеновыми, то есть не содержат белков – глютенина и глиадина – отвечающих за формирование эластичного клейковинного каркаса, а также в нетрадиционных видах муки содержится достаточное количество жирных кислот. Гидропероксиды линолевой и линоленовой кислот окисляют дисульфидные связи, которые отвечают за прочность клейковинного каркаса на этапах созревания.

Процесс очерствения изделий проходил достаточно равномерно, также стоит отметить, что образец №1 на четвертые сутки имел более эластичные и мягкий мякиш, чем остальные образцы, включая контрольный.

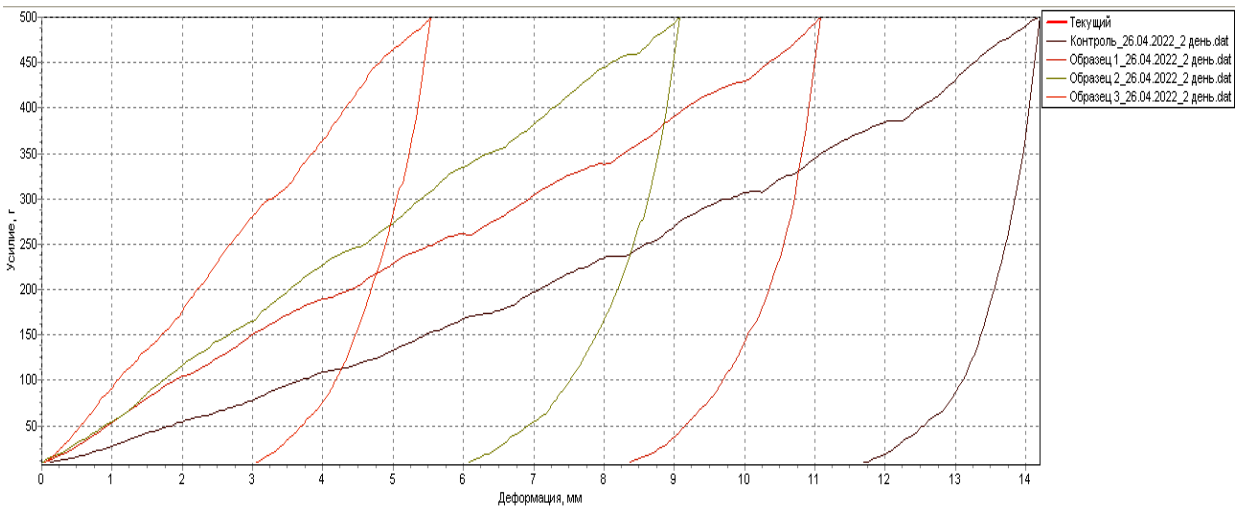


Рис. 2 – График деформационных изменений исследуемых образцов в процессе хранения

Хранение изделий производилось в темном месте при относительной влажности не более 75% и температуре воздуха не более 22°С. Изделия хранились до образования плесневых

колоний, однако контрольный образец и образец №3 не подавали признаков плесени в течение всего периода хранения.

В результате чего был проведен микробиологический анализ на обсеменённость. В результате которого выявлено, что на посеве контрольного образца на первом разведении выросла плесень, а на других – образование дрожжей.

Образец №3 был микробиологически чистым. Это доказывает, что внесение фенольных соединений, содержащихся в исследуемых нетрадиционных видах муки, положительно влияют на микробиологическую чистоту изделия. Срок хранения изделий представлен на рисунке 7.

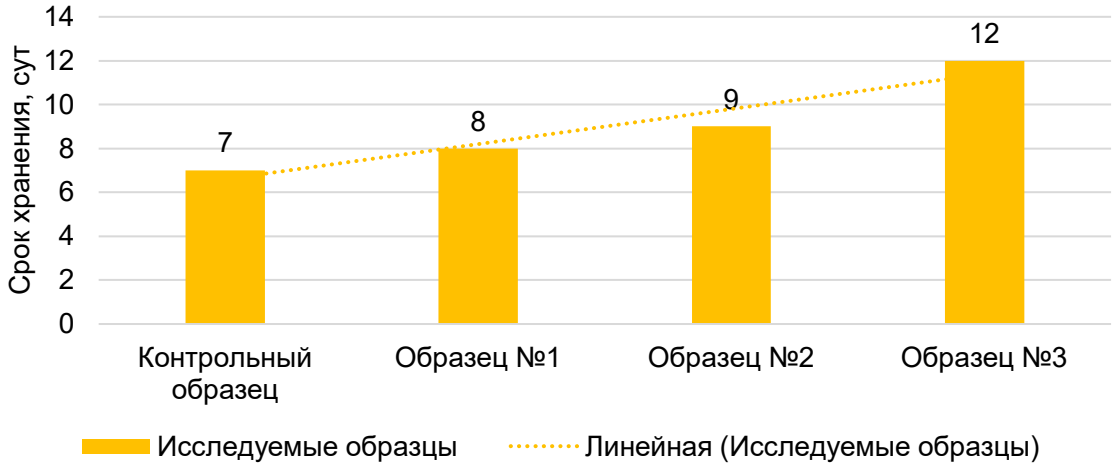


Рис. 7 – Срок хранения исследуемых изделий

Таким образом, можно сделать вывод, что внесение до 30 % исследуемых видов муки существенно не влияет на органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий.

В ходе исследования было выявлено, что фенольные соединения обладают бактерицидным действием для ингибирования развития дрожжей и плесени на хлебобулочных изделиях.

Доказано, что внесение 5% муки льняной, 15% муки из зеленой гречихи и 10% муки из виноградной косточки является целесообразным и научно-обоснованным, так как содержат достаточное количество фенольных соединений, а именно 286,7 мг галловой кислоты на кг, для продления сроков годности до 12-и суток.

Список использованных источников

1. Анализ заведений фастфуда в 2021 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/ (дата обращения: 01.02.2022).
2. Charis M. Control of microbial growth in bakery products fortified with polyphenols recovered from olive mill wastewater // Environmental Technology & Innovation. – 2018. – V.10. – Pp. 1–15.
3. ГОСТ Р 56631-2015. Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. – Введен 01.01.2017.– М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
4. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Введен 01.01.1996.– М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.
5. Pasko P., Barton H. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth // Food Chemistry. – 2019. – V.115. – Pp. 29–48.

УДК 543.6

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА

Гриценко М.М.

Научный руководитель – Назарова Е.А., кандидат химических наук, заведующая лабораторией научно-образовательного центра химического инжиниринга и биотехнологий, ведущий инженер химико-биологического кластера

gritsenko@scamt-itmo.ru

Ключевые слова

Молоко, молочные продукты, фальсификация, диоксид титана, оптический сенсор, перекись водорода, крахмал.

Молоко как исключительно ценный пищевой продукт имеет важное значение в питании человека, так как молоко и молочные продукты содержат полный комплекс питательных веществ, в том числе незаменимых. В последние годы наблюдается повышенный спрос на разработку новых способов контроля качества и свежести пищевых продуктов, как среди производителей, так и среди покупателей [1].

Несмотря на то, что фальсификация молока и молочных продуктов опасна для здоровья человека, она регулярно встречается и сегодня. Данное явление обычно сводится к разбавлению молока водой, добавлению сырого молока в пастеризованное молоко, добавлению консервантов – перекиси водорода или гидрокарбоната натрия для снижения кислотности, добавлению посторонних примесей (например, крахмала), раскислению кислого молока и т.п. Все эти фальсификации могут привести к нежелательным последствиям для здоровья, таким как: нарушение липидного бислоя клеток, диарее, сахарному диабету и другим. В настоящее время наиболее эффективными методами определения фальсификации молока и молочных продуктов являются лабораторные исследования с применением физико-химических методов анализа. Однако потребность в сложном оборудовании, обученном персонале и дорогих реагентах является ограничением для своевременного анализа продуктов [2].

Исходя из вышеизложенного, проблема выявления различных примесей, в том числе крахмала и перекиси водорода, в молоке по-прежнему актуальна, так как не найден быстрый и количественный способ выявления этих фальсификаций.

Настоящая работа была направлена на изучение свойств золя и геля наноразмерного диоксида титана как сенсорного компонента, способного окрашиваться в различные оттенки желтого цвета в зависимости от концентрации крахмала и перекиси водорода в образце молока согласно рисунку 1.

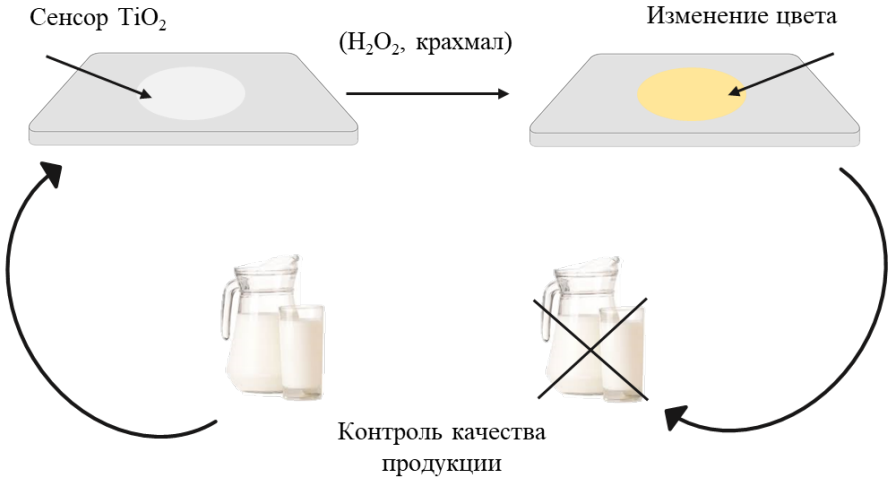


Рис. 1 – Схема оптического обнаружения фальсификации в молоке

Золь диоксида титана синтезировали по разработанной ранее методике [3]. Радиус частиц TiO_2, измеренный методом динамического светорассеяния, составил 13 нм и оставался стабильным в течение времени. Для получения сенсора на пероксид водорода золь TiO_2 сушили с получением ксерозоля; его ресуспендировали в воде и спирте с получением геля TiO_2, который затем наносили на подложку. Для получения сенсора на крахмал золь TiO_2 подвергали диализу для повышения pH с 2,0 до 4,5 с образовыванием геля. Далее в гелевую матрицу диоксида титана вводили ферменты - глюкоамилазу и глюкозооксидазу. Данный процесс основан на двух сопряженных ферментативных реакциях, включая гидролиз крахмала до глюкозы в присутствии глюкоамилазы и последующее окисление глюкозы до глюконовой кислоты и перекиси водорода глюкозооксидазой. Образующийся пероксид водорода реагирует с диоксидом титана с образованием желтой пероксотитановой кислоты [4].

Образцы кристаллического TiO_2 охарактеризованы методом рентгеноструктурного анализа. Дифракционную картину образцов можно отнести к анатазной и брукитной фазам TiO_2. Также были исследованы текстурные характеристики диоксида титана. Согласно изотерме адсорбции-десорбции азота, для типа I, указывающего на микропористость образца, удельная поверхность равна 173 $м^2/г$. Для изучения оптических свойств TiO_2 гель наносили на прозрачную основу, сушили, а затем наносили растворы молока с добавлением H_2O_2 или крахмала различной концентрации. Чувствительность пленок диоксида титана была протестирована при концентрации H_2O_2 в диапазоне от 0,005% до 0,500% и концентрации крахмала в диапазоне от 0,025% до 2,000%. Были получены спектры поглощения света слоем диоксида титана при различных концентрациях примеси. Также были установлены линейные области градуировочных кривых для двух типов датчиков.

Впервые предложен перспективный метод определения малых концентраций пероксида водорода и крахмала в молоке по образованию окрашенного комплексного соединения диоксида титана с H_2O_2. Разрабатывается прототип портативного и недорогого устройства на базе платформы Arduino для определения интенсивности цвета путем регистрации отраженного сигнала от чувствительной области. Представляется, что результаты исследования могут быть внедрены в повседневную практику лабораторий контроля качества и применены для личных нужд.

Список использованных источников

1. Yang T., Duncan T.V. Challenges and potential solutions for nanosensors intended for use with foods // Nature nanotechnology. – 2021. – V.16. – №3. – Pp. 251-265.
2. Martinez A.W. et al. Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices // Analytical Chemistry. – 2010. – V.82. – №1. – Pp. 3-10.
3. Safaryan S.M. et al. Inkjet printing of the chromogen free oxidase based optical biosensors // Sensors Actuators, B Chem. Elsevier B.V. – 2017. – V.251. – Pp. 746–752.
4. Gökdere B. et al. Titanium dioxide nanoparticles–based colorimetric sensors for determination of hydrogen peroxide and triacetone triperoxide (TATP) // Talanta. – 2019. – V.202. – Pp. 402-410.

УДК 004.056.55

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ID-BASED КРИПТОГРАФИИ, ОСНОВАННЫХ НА СПАРИВАНИЯХ НА ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Дакуо Ж.-М.Н.

Научный руководитель – Давыдов В.В., преподаватель факультета безопасности информационных технологий

jeandakuo@mail.ru

Ключевые слова

ID-Based криптография, схема Хесса, спаривание Вейля, спаривание 4-го типа.

В наше время системы ID-Based криптографии стали особенно актуальны из-за свой понятности для обычного пользователя. Также большое развитие получили математические методы, используемые для построения схем шифрования на основе идентификаторов (IBE). Цель ID-Based криптографии очевидна – разработка ассиметричной криптосистемы, в которой открытый ключ пользователя может быть выбран им самим. Например, Алиса может использовать свой адрес электронной почты alice@liveshere.com как собственный публичный ключ, а затем любой, кто знает ее электронную почту, автоматически узнает ее открытый ключ. В свою очередь у Алисы должна быть какая-то секретная информация, которая используется для дешифрования сообщений.

Спаривание Вейля

На абстрактном уровне для трех групп G_1, G_2 и G_T спаривание представляет собой функцию $e: G_1 \times G_2 \to G_T$, которая является билинейной и невырожденной. Для криптографических алгоритмов также необходимо, чтобы спаривание было эффективно вычислимым. В конкретных условиях такие криптографически-подходящие билинейные пары могут быть реализованы над эллиптическими кривыми или, в более общем плане, над гиперэллиптическими кривыми и абелевыми многообразиями. Естественно, группы G_1, G_2 и G_T, а также функции спаривания ограничены базовой математической структурой, над которой они определены.

Спаривание 4-го типа

Пусть E – эллиптическая кривая, определенная над конечным полем F_q. Пусть n – простой делитель $\#E(F_q)$, удовлетворяющий $gcd(n, q) = 1$, и пусть k (степень расширения) – это наименьшее положительное целое число, такое, что $n \mid q^k - 1$. Для простоты будем считать, что k четно. Поскольку $k > 1$, мы имеем $E[n] \subseteq E(F_{q^k})$. Другими словами, под $E[n]$ подразумевается полная группа кручения порядка n $(E[n] = E(F_{q^k})[n])$. Далее предполагается, что $n^3 \nmid \#E(F_{q^k})$. Пусть G_T – подгруппа порядка n над F_{q^k}. Модифицированное спаривание Тейта является невырожденной билинейной функцией $\hat{\tau} : E[n] \times E[n] \to G_T$ и может быть определено следующим образом:

$$\hat{\tau}_n(P, Q) = \left(\frac{f_{n,P}(Q + S)}{f_{n,P}(S)}\right)^{(q^k-1)/n},$$

где $S \in E(F_{q^k})$ и $S \notin \{O, P, -Q, P - Q\}$; $f_{n,P}$ – это функция Миллера, единственными нулями и полюсами которой в E являются ноль порядка n в точке P и полюс порядка n при O.

Пусть $G_1 = E(F_q)[n]$. Если первая составляющая отображения $\hat{\tau}$ ограничена G_1, то выражение $\hat{\tau}: G_1 \times E[n] \to G_T$ упрощается до

$$\hat{\tau}(P, Q) = \left(f_{n,P}(Q)\right)^{(q^k-1)/n}.$$

Такое отображение $\hat{\tau}$ называется спариванием типа 4 [14,15,16], потому что второй компонент области $\hat{e}$ является полной группой n-кручения $E[n]$.

В данной работе была разработана новая схема подписи на основе подписи Хесса и спаривания 4 типа.

Генерация ключа

Пусть протокол использует спаривание типа 4 $\hat{e}: G_1 \times E[n] \to G_T$ Задаются три криптографические хэш-функции H_0, H_1, где $H_0: \{0,1\}^* \to E[n] \times G_1$ и $H_1: \{0,1\}^* \times G_2 \to Z_q^*$. Далее, необходимо отметить, что элемент $Q \in E[n]$ представляется в виде пары точек $(Q_1, Q_2) \in (G_1 \times T_0)$, где T_0 – группа $Trace$-0 из $E[n]$ и $\psi(Q) = Q_1$, это означает, что гомоморфизм ψ вычисляется эффективно. Выбирается $\hat{P} \in_R E[n]$ Вычисляется $P = \psi(\hat{P})$, $P_{pub} = sP$. Следовательно, открытый ключ – $(P, \hat{P}, \hat{P}_{pub}, Q_{ID})$.

Для заданного публичного идентификатора пользователя с $ID \in \{0,1\}^n$ PKG вычисляет открытый ключ пользователя $(\hat{U}_{ID}, V_{ID}) = H_0(ID)$, $\hat{Q}_{ID} = \hat{U}_{ID}$ и его секретный ключ $\hat{S}_{ID} = s\hat{U}_{ID}$.

Подпись сообщения

Для того, чтобы подписать сообщение $M \in \{0,1\}^n$ подписывающий выбирает точку $\hat{P}_1 \in_R R[n]$ и $k \in_R Z_q^*$ и вычисляется

$$r = e(\hat{P}_1, P)^k,$$
$$v = H_1(m, r),$$
$$W = v\hat{S}_{ID} + k\hat{P}_1.$$

Тогда подпись – это $(\widehat{W}, v) \in E[n] \times Z_q^*$.

Проверка подписи

Для того чтобы проверить подпись $(\widehat{W}, v)$ и с его открытым ключом $\hat{Q}_{ID}$ сообщения M проверяющий вычисляет $r' = e(\widehat{W}, P) * e(\hat{Q}_{ID}, -P_{pub})^v$ и если $v = H_1(M, r')$, то проверяющий принимает подпись.

Доказательство корректности

Вычислим r':

$$r' = e(\widehat{W}, P) * e(\hat{Q}_{ID}, -P_{pub})^v =$$
$$e(v\hat{S}_{ID} + k\hat{P}_1, P)e(\hat{U}_{ID}, -P_{pub})^v =$$
$$e(\hat{P}_1, P)^k e(vs\hat{U}_{ID}, P)e(v\hat{U}_{ID}, -P_{pub}) =$$
$$e(\hat{P}_1, P)^k e(v\hat{U}_{ID}, sP)e(v\hat{U}_{ID}, -P_{pub}) =$$
$$e(\hat{P}_1, P)^k e(v\hat{U}_{ID}, sP)e(v\hat{U}_{ID}, -P_{pub}) =$$
$$e(\hat{P}_1, P)^k e(v\hat{U}_{ID}, P_{pub} - P_{pub}) =$$
$$e(\hat{P}_1, P)^k \cdot 1 = e(\hat{P}_1, P)^k.$$

Получается $r' = r$, следовательно $v = H_1(M, r') = H_1(M, r)$, что и требовалось доказать.

Для проведения экспериментов была выбрана эллиптическая кривая

$$E: y^2 = x^3 + 30x + 34 \text{ над полем } F_q .$$

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Далее приведен график сравнения времени выполнения подписи между модифицированными схемами и оригинальной схемой Хесса. На рисунке 1 представлен график зависимости времени подписывания сообщения от размера поля. Размер поля влияет на максимально возможное количество пользователей.

Таблица 1

Экспериментальные результаты

Модуль поля	Время подписывание сообщения
2^5	2.36 мс
2^7	2.73 мс
2^9	4.98 мс
2^{11}	5.35 мс
2^{15}	5.85 мс
2^{20}	6.80 мс

Для схем Хесса результаты получились следующими: оригинальный вариант схемы вычисляет подпись быстрее, но модифицированный вариант позволяет использовать в n раз большее пространство ID. В среднем оригинальная схема вычисляет быстрее на 17%.

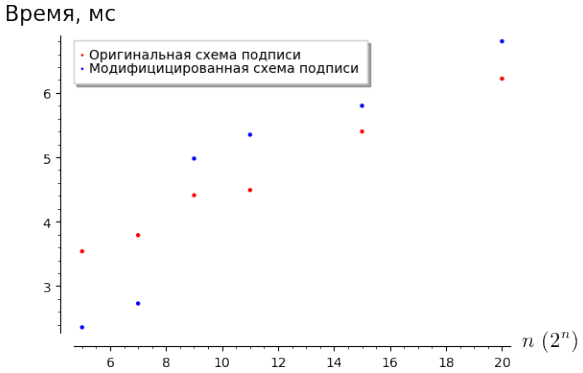


Рис. 1 – Время подписи схем Хесса

В результате можно утверждать, что новую модифицированную схему можно использовать в системах с большим количеством пользователей, так как они позволяют получить в n раз больше свободных вариантов.

В этой работе были рассмотрены современные ID-Based системы. При рассмотрении 4-го типа спаривания были получены следующие результаты. С одной стороны его использование увеличивает пространство имен пользователей в n раз, а с другой – вычисление оказалось более ресурсоемкой задачей.

В качестве схем ID-Based криптографии в данной работе рассматривалась схема Хесса. Были разработаны модифицированные системы ID-Based криптографии, на основе алгоритмов, разобранных ранее. Модификация заключается в использование 4-го типа спаривания вместо 1-го.

Были проведены эксперименты для получения практических результатов. В ходе выполнения испытаний было установлено, что вся модифицированная схема работает в среднем медленнее своих оригинальных версий на 11 – 17%, но позволяют использовать в n раз большее пространство имен для ID пользователей. Замедление оправдано для систем с большим количеством пользователей.

Список использованной литературы

1. Shamir A. Identity-based cryptosystems and signature schemes // Workshop on the theory and application of cryptographic techniques. – Springer, Berlin, Heidelberg. – 1984. – С. 47–53.
2. Boneh D., Franklin M. Identity-based encryption from the Weil pairing //Annual international cryptology conference. – Springer, Berlin, Heidelberg. – 2001. – С. 213–229.
3. Silverman J.H., Pipher J., Hoffstein J. An introduction to mathematical cryptography. – New York: springer, 2008. – Т.1. – 524 p.
4. Schoof R. Elliptic curves over finite fields and the computation of square roots mod p // Mathematics of computation. – 1985. – Т.44. – №170. – С. 483–494.
5. McCurley K.S. The discrete logarithm problem // Proc. of Symp. in Applied Math. – 1990. – Т.42. – С. 49–74.

УДК 621.373.826

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВУАРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ПОЛОСОВОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

Даниленко Г.О.

Научный руководитель – Ковалев А.В., кандидат физико-математических наук, доцент института перспективных систем передачи данных, старший научный сотрудник лаборатории однофотонных детекторов и генераторов, заместитель руководителя лаборатории лазерных систем

danilenko.gleb98@gmail.com

Ключевые слова

Резервуарные вычисления, полупроводниковый лазер, оптоэлектронная обратная связь, фильтрация, спектральный анализ.

Нейронные сети становятся неотъемлемой частью современной жизни, однако их производительность подходит к своему пределу в связи с ограничениями эффективности традиционной вычислительной техники, лежащей в основе аппаратной реализации нейронных сетей. Резервуарные вычисления (РВ) – это набор методов для проектирования и обучения рекуррентных нейронных сетей, который имеет ряд преимуществ благодаря возможности реализации на основе аналоговой физической системы, а также более простому процессу обучения. В основе РВ лежит сложный отклик некой системы (резервуара) на возмущающее воздействие, представляющее входные данные. Данный отклик соответствует состояниям выходных узлов системы РВ, которые затем обрабатываются посредством простого алгоритма, например, линейной регрессии, где подбор весовых коэффициентов осуществляется в процессе обучения.

РВ можно реализовать, используя лазеры, поскольку это увеличивает энергоэффективность и скорость обработки данных. В основном, для достижения нелинейности в схемах с оптоэлектронной обратной связью используют модулятор Маха-Цендера, а не собственную нелинейную динамику лазера с обратной оптоэлектронной связью вблизи границ устойчивости. В настоящей работе представлена новая схема РВ, в которой богатая динамика полупроводникового лазера с оптоэлектронной обратной связью позволяет использовать систему в качестве резервуара. Работа посвящена исследованию влияния полосовой фильтрации сигнала обратной связи по частоте на динамику полупроводникового лазера с обратной связью, характеристики системы РВ и производительность при решении задач.

В работе исследуется система РВ, основанная на полупроводниковом лазере с оптоэлектронной обратной связью, сигнал которой подвергается полосовой фильтрации (рис.1.)

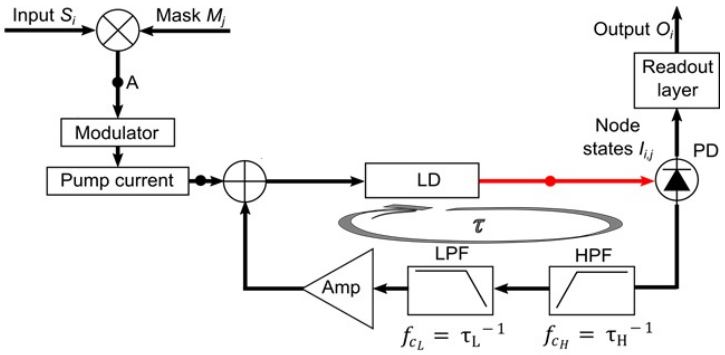
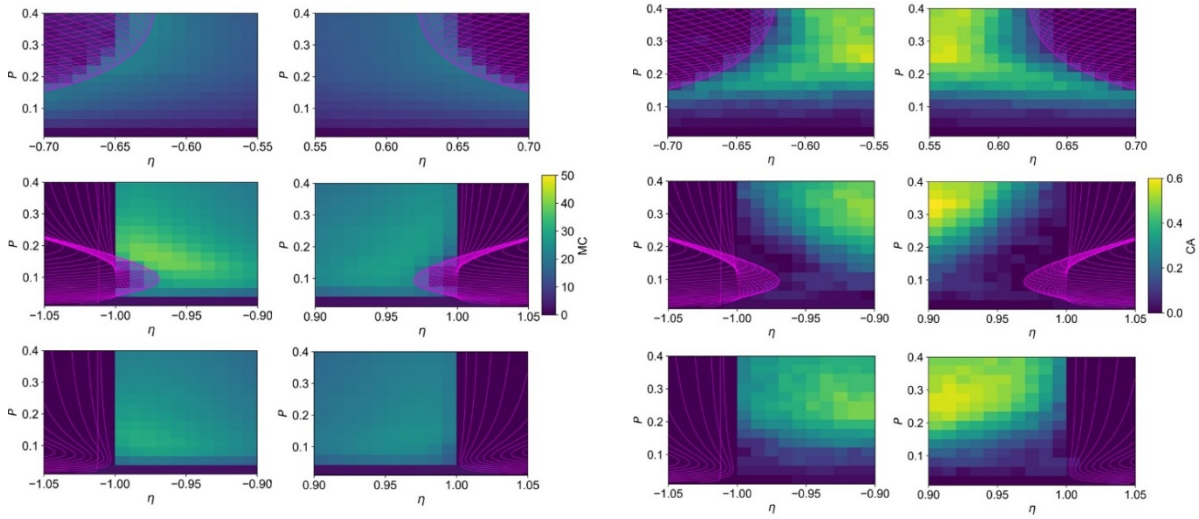


Рис. 1 – Схема системы резервуарных вычислений на основе лазера с оптоэлектронной обратной связью с полосовой фильтрацией

Ключевой параметр исследования – τ_L, величина, обратная частоте среза фильтра низких частот. Моделирования выполнялись для трех значений τ_L: 1, 7.5, 10. Данные значения представлены в единицах времени жизни фотона в резонаторе tph (принималось равным 10 пс).

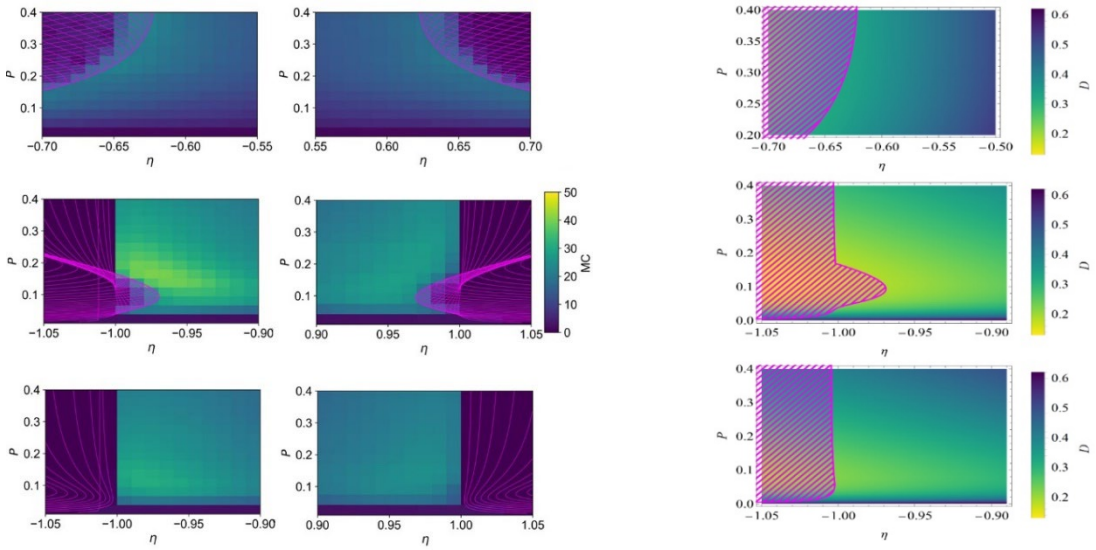
Проведен анализ устойчивости полупроводникового лазера с оптоэлектронной обратной связью для определения границ устойчивости, в окрестности которых рассчитаны основные характеристики резервуарных вычислений – емкость памяти (МС) и вычислительная способность (СА), зависимость которых от параметров накачки (P) и силы обратной связи (η) представлены на рисунке 2.



а б

Рис. 2 – Основные характеристики резервуарных вычислений: а) емкость памяти; б) вычислительная способность. Сверху вниз рисунки соответствуют τ_L: 1, 7.5, 10. Фиолетовые линии отражают границы устойчивости

С уменьшением частоты среза фильтра низких частот контура обратной связи (т.е., при увеличении τ_L) емкость памяти увеличивается, причем максимальные значения наблюдаются вблизи границы устойчивости. Несмотря на значительное увеличение емкости памяти системы, максимальное значение вычислительной способности остается практически неизменным. Обе характеристики асимметричны по отношению к знаку обратной связи, емкость памяти максимальна для отрицательной, а вычислительная способность для положительной обратной связи.



а б

Рис. 3 – Сопоставление: а) емкости памяти; б) меры D. Сверху вниз рисунки соответствуют τ_L: 1, 7.5, 10

Был проведен спектральный анализ система – рассчитаны спектры собственных значений для стационарного состояния, по которым сделан вывод, что изменение полосы пропускания обратной связи непосредственно влияет на форму спектра и его положение относительно мнимой оси, увеличивается число собственных значений, лежащих в ее непосредственной близости. Используя подход, описанный в [1], выполнена аппроксимация спектра для стационарного состояния в приближении большого времени запаздывания обратной связи, по результатам которой рассматривается псевдо-непрерывный спектр. Псевдо-непрерывный спектр лег в основу новой меры D (рис.3), связывающей спектральные свойства резервуара и емкость памяти.

Увеличение емкости памяти происходит в области наименьших значений меры D. Согласно рассчитанным значениям коэффициента корреляции Пирсона между введенной мерой и емкостью памяти, мера имеет хорошее согласование с емкостью памяти, что подтверждается результатами, приведенными в таблице.

Таблица

Корреляция между емкостью памяти и мерой D

τ_L	r (отрицательная обратная связь)	r (положительная обратная связь)
1	-0.96	-0.97
7.5	-0.96	-0.94
10	-0.71	-0.71

Из работы [2] следует, что желательная работа системы РВ в отсутствие резонансов между частотой ввода данных в систему и собственными частотами системы, которые близки к частоте обхода петли обратной связи, иначе может наблюдаться снижение емкости памяти. В настоящей работе частота ввода данных в систему τ_{sym} совпадает с частотой петли обратной связи τ. Проведен анализ системы на наличие резонансов, связанных с частотой ввода входных данных в систему (рис.4). Для $\tau_L = 1$ система работает внутри резонанса, а для других значений τ_L – на его границе.

Сопоставив собственные частоты системы, полученные из спектра собственных значений, с частотой ввода данных в систему, которая равна частоте петли обратной связи, можно сделать вывод, что только для положительной обратной связи происходит совпадение одной из собственных частот системы с частотой ввода сигнала, что может обуславливать общую асимметрию емкости памяти относительно знака обратной связи.

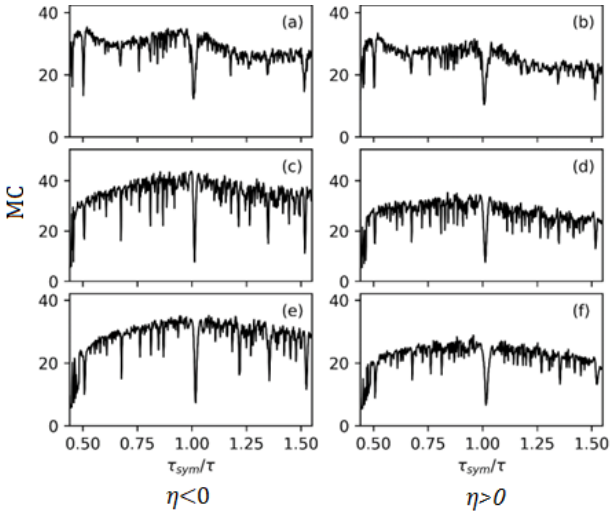


Рис. 4 – Влияние частоты ввода данных в систему на емкость памяти.
Сверху вниз рисунки соответствуют τ_L: 1, 7.5, 10

Таким образом, была представлена и исследована система РВ, основанная на полупроводниковом лазере с оптоэлектронной обратной связью, сигнал которой подвергался полосовой фильтрации. Нелинейность резервуара достигается за счет поведения системы в

окрестности границ устойчивости. Изменение полосы пропускания приводит к значительному увеличению емкости памяти, но слабому изменению вычислительной способности. Выполненный спектральный анализ побудил к введению меры D, которая имеет высокую корреляцию с емкостью памяти. Асимметрия емкости памяти относительно знака обратной связи может быть связана с наличием резонанса между собственной частотой системы и частотой ввода данных.

Список использованных источников

1. Yanchuk S., Wolfrum M. A multiple time scale approach to the stability of external cavity modes in the Lang–Kobayashi system using the limit of large delay // SIAM Journal on Applied Dynamical Systems. – 2010. – Т.9. – №2. – С. 519–535.
2. Köster F., Yanchuk S., Lüdge K. Insight into delay based reservoir computing via eigenvalue analysis // Journal of Physics: Photonics. – 2021. – Т.3. – №2. – С. 024011.

УДК 502.52

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ НА ЭКОСИСТЕМЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТАЙГИ

Динкелакер Н.Ф.Й.

Научный руководитель – Агаханянц П.Ф., доцент, кандидат технических наук

nfdinkelaker@inbox.ru

Ключевые слова

Геосистемы, рубки леса, водосборный бассейн, малые реки, почва, донные отложения, гидрохимические показатели, тяжелые металлы, бентос, планктон.

Интенсивная промышленная заготовка древесины в коренных северотаежных лесах побережья арктических морей, активизировавшаяся в последние десятилетия, затрагивает большие площади в бассейнах подавляющего большинства малых рек [1]. Нарушения естественного баланса лесных и речных экосистем могут создавать серьезные риски нарушения экологического баланса территорий, и снижения пищевых ресурсов, в первую очередь, запасов речных и связанных с ними морских водных биологических ресурсов (лососевые, сиговые, минога и др.), а также лесных пищевых и охотничьих ресурсов. Лесные и водные экосистемы арктического побережья не только обладают уникально высокой природоохранной ценностью и высокой уязвимостью, но и обеспечивают размножение ценных биологических ресурсов (рыбы, охотничьи ресурсы), которые распространяются на широкие территории арктических морей и, в случае птиц – всего евразийского континента. На Северо-западе России заготовка древесины при лесопользовании является наиболее широко распространенным источником воздействия на таежные экосистемы [2]. Оно охватывает все регионы и производится на значительных площадях природных экосистем. Негативные воздействия лесопользования заключаются как в прямом изъятии объектов растительного мира (древесных пород), так и в опосредованном негативном воздействии на все биотические компоненты лесных экосистем, приводящем к их исчезновению (полному или на длительные периоды времени). При применяемых в настоящее время в России технологиях лесозаготовки с преимущественным применением сплошных рубок, изменения в лесных экосистемах происходят в более широком масштабе, затрагивая не только биотические, но и абиотические компоненты экосистем [1].

Одно из наиболее мощных негативных последствий сплошных рубок - значительное изменения гидрологического режима, влекущее за собой гибель или смену напочвенного лесного покрова, эрозию почв и смыв почв в водные объекты. Изменение поверхностного стока является триггером негативных изменений в водных объектах: эвтрофирования, ухудшения качества воды (замутнение, накопление органического вещества и избыточного количества ионов, в том числе биогенных ионов и тяжелых металлов), и зарастания водоемов. Эти процессы, в свою очередь, запускают цепь долгосрочных ландшафтных изменений, такие как изменение формы русел, снижение скорости течения, зарастание и заболачивание участков водотока, усиление меандрирования [3]. В результате на длительные периоды времени изменяются абиотические свойства водных экосистем, что может нанести вред водным биологическим ресурсам, включая запасы анадромных рыб (лососевые, сиговые, миноги), фактически распространяется на огромные территории в результате снижения численности их взрослых особей в морях и иметь трансграничный характер. Динамика восстановления качества водных экосистем после проведения рубок в бассейнах рек арктического побережья мало изучена, несмотря на высокую хозяйственную и природоохранную значимость вопроса, что, в первую очередь связано с удаленностью и плохой доступностью мест исследования.

Влияние вырубки леса в пределах речных бассейнов на водные ресурсы и биоресурсы более южных частей таежной зоны известно не только в научной литературе [4,5], но и должно учитываться при оценке вреда водным биоресурсам в соответствии с законодательством России. Экосистемы арктического побережья имеют значительные отличия от других таежных районов ввиду высокой уязвимости и крайне длительного восстановления: для лесных массивов от 150 до 300 лет (если оно происходит), для речных экосистем данные отсутствуют.

В связи с интенсификацией экономического развития северных регионов, и необходимостью как лесозаготовительной деятельности, так и сохранения устойчивого состояния природных ресурсов, включая сокращающиеся водные биоресурсы, необходимы принципиально новые подходы к планированию освоения территорий. Для их полноценной разработки необходимы комплексные исследования экосистем и геохимических потоков не только в местах рубок, но и в пределах неразрывных природно-территориальных единиц, какими являются водосборные бассейны рек. Необходимость ландшафтно-экологического подхода к оценке влияния лесопользования на природные комплексы более высокого уровня в последнее время отмечается большинством отечественных и зарубежных исследователей [3–5], однако для европейской части арктического побережья комплексные исследования геосистем пока отсутствуют.

Выбранный для исследования объект - Онежский полуостров (Архангельская область) – одна из наиболее сложных территорий европейского севера России в отношении устойчивого природопользования. На небольшой территории необходимо совместить использование лесных ресурсов в целях заготовки древесины, поддержание условий обитания и размножения ценных водных биоресурсов, и обеспечить сохранение естественной динамики уязвимых экосистем побережья Белого моря, находящихся в границах Национального парка «Онежское Поморье». Основная проблема заключается в том, что верхние части водосборных бассейнов рек национального парка расположены за его границами, в центральной возвышенной части полуострова, в эксплуатационных лесах. На этих территориях проводятся интенсивные сплошные рубки коренных хвойных лесов, в последние годы затронувшие практические все реки Национального парка и Онежского полуострова. Учитывая близость территорий проведения сплошных рубок к границам парка, их расположение в водосборных бассейнах рек и нарастающую с каждым годом площадь нарушенных территорий, возникает риск негативного воздействия на экосистемы Национального парка и их компоненты, что недопустимо как с нормативно-правовой точки зрения, так и с точки зрения сохранения естественной динамики охраняемой территории и поддержания запасов пресноводных и морских ресурсов региона Белого моря.

Целью настоящего исследования являлся анализ влияния сплошных рубок леса в водосборных бассейнах рек на основные экосистемы водосборных бассейнов рек северной тайги на примере рек Онежского полуострова. В задачи исследования входило определение характеристик рубок в бассейнах рек Онежского полуострова геоинформационными методами, изучение состояния компонентов лесных и речных экосистем, исследование связи характеристик рубок с геохимическими особенностями почвы, лесной подстилки, воды, донных отложений и состоянием популяций гидробионтов в пределах неразрывных природно-территориальных комплексов -водосборных бассейнов малых рек.

Исследование основано на результатах исследования космических снимков высокого разрешения, геоботанических описаний и учетов, материалов фото- и видеофиксации, а также лабораторного анализа образцов почв, растительности, донных отложений, воды, планктона и бентоса, полученных в ходе экспедиции по рекам Онежского полуострова, организованной Национальным парком «Онежское Поморье» в 2020 году. Для исследования были использованы стандартные методы отбора и фиксации проб воды, донных отложений, почв, подстилки, планктона и бентоса. Анализ воды и почвенных вытяжек проводился с использованием стандартных титрометрических, фотометрических и потенциометрических методов лабораторного химического анализа (показатели: pH, общая и карбонатная жесткость,

химическое потребление кислорода, содержание нитратов, нитритов, фосфатов, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, кальция, магния, калия, натрия, железа и алюминия). Исследование содержания тяжелых металлов (Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V) в почвах, лесной подстилке и донных отложениях выполнено рентгенофлуоресцентным методом. Зоопланктон и бентос исследовались в пробах, зафиксированных в соответствии с ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Исследование фитобентоса выполнено на основании геоботанических описаний и фотографических материалов. В результате исследования на основе геоинформационных методов (программное обеспечение MapInfo) определен объем рубок леса в водосборных бассейнах рек Онежского полуострова (рис.1): р. Лопшеньга, р. Яреньга, р. Пыжма, руч. Березовый, р. Колода, р. Ума, р.Кумжевая, р. Вежма, р. Летние Золотицы1, р. Летние Золотицы 2, обозначенные на рисунке 1 соответственно цифрами 1-10.

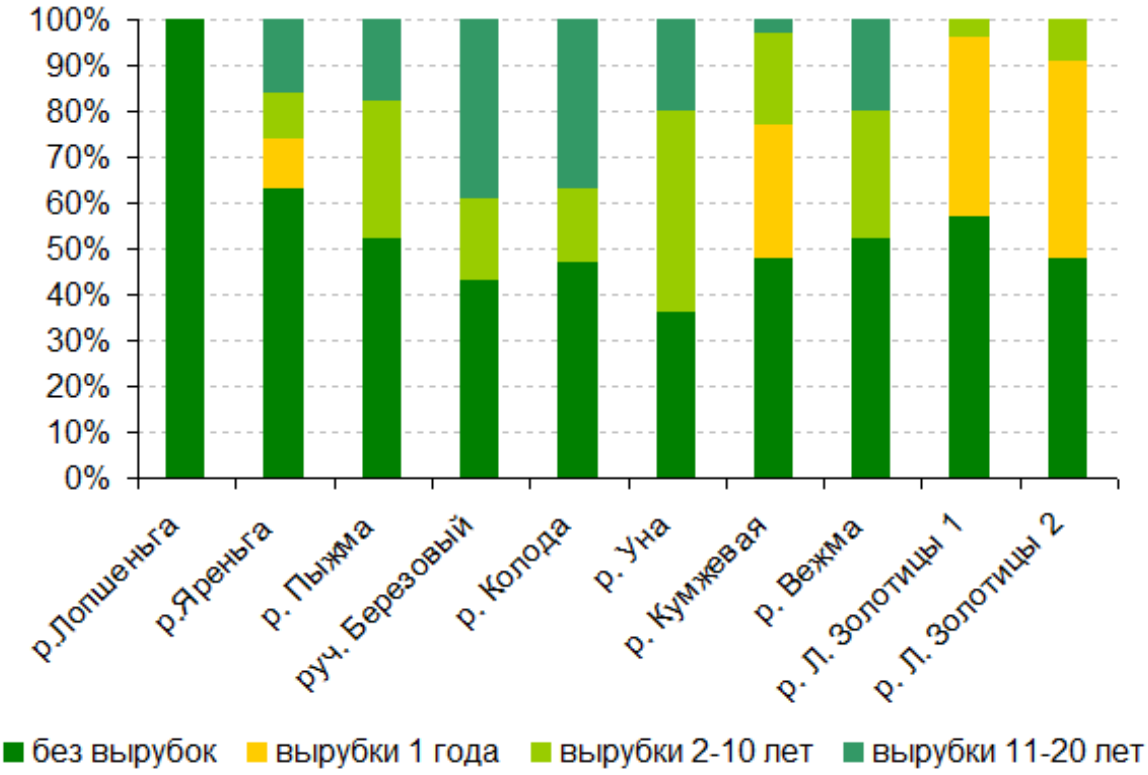


Рис. 1 – Распределение возрастов вырубок в бассейнах рек Онежского полуострова, % вырубок на водосборной территории

В водосборных бассейнах рек преобладали рубки 10 – 20–летней давности. Средняя доля ненарушенных лесных массивов составляла 50%, на р. Лопшеньга – 100%. На местах вырубок коренные ельники замещались вторичными мелколиственными лесами.

Содержанию тяжелых металлов в почвах и грунтах в данном исследовании уделено особое внимание, так как эта группа химических веществ является не только характеристикой нарушений геохимического баланса, но и представляет из себя мощный регулятор биохимических реакций в организмах, действуя в очень малых дозах. При этом воздействие возникает как при повышении концентрации (интоксикация), так и при понижении (дефицит микроэлементов).

Установлено, что воздействие сплошных рубок на почвы и лесную подстилку распространяется за пределы вырубов и проявляется больше в изменении вертикального (по горизонтам почв) и горизонтального (от верхнего к нижнему течению рек в пределах водосборного бассейна) распределения значений суммарного накопления тяжелых металлов, чем в изменении количественных характеристик (рис.2).

Наиболее сильные изменения распределения значения показателя «суммарное содержание тяжелых металлов» относительно контрольного водосборного бассейна без вырубок выявлены в гумусовом горизонте почв.

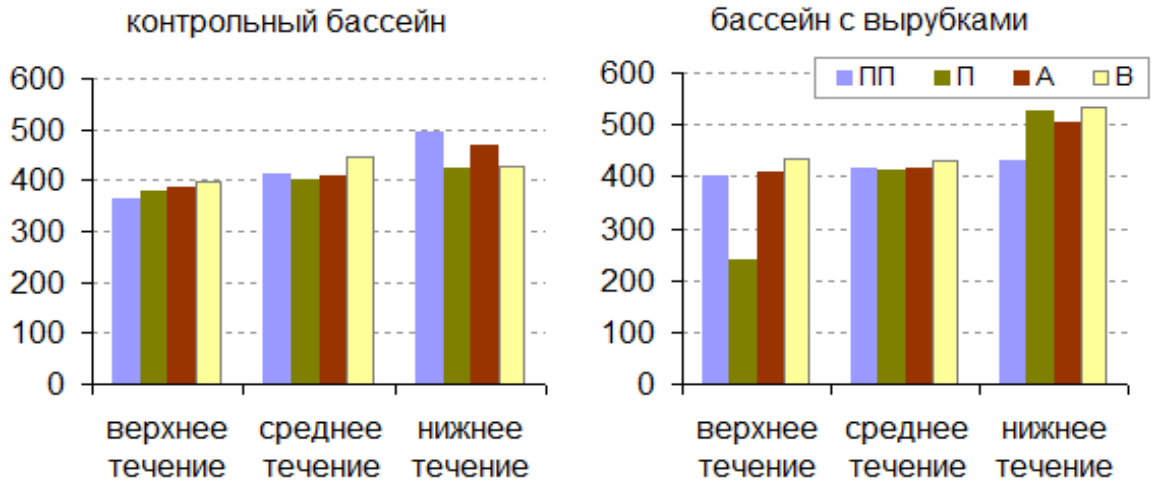


Рис. 2 – Суммарное содержание тяжелых металлов в почвах в водосборных бассейнах рек Онежского полуострова, мг/кг

Абиотические и биотические компоненты речных экосистем негативно реагируют на рубки леса в водосборных бассейнах, но имеют разную чувствительность, скорость и характер реакции. Интенсивность рубок леса в текущем году коррелирует с показателем ХПК, рубок давностью 2 – 10 лет с показателями содержания ионов аммония и нитратов.

Показатель «суммарное содержание тяжелых металлов» в донных отложения рек с рубками леса не коррелирует, что может быть связано с их быстрой миграцией к устьям.

Исследования влияния рубок леса на состояние компонентов речных экосистем проведено с использованием корреляционного анализа в отношении гидрохимических показателей воды, содержания тяжелых металлов в донных отложениях, оценке количественных характеристик зоопланктона, фито- и зообентоса (табл.1). Исследована корреляция перечисленных показателей с объемом вырубок разной давности в водосборных бассейнах рек с использованием коэффициента корреляции Спирмена. При анализе полученных результатов учитывались значения более 0,7 по модулю, соответствующие сильным связям по шкале Чеддока.

Таблица 1

Корреляция между площадью вырубок разной давности в пределах водосборного бассейна реки и характеристиками водных экосистем

Показатель	Давность рубок			
	1 – 20 лет	1 год	2 – 10 лет	11 – 20 лет
ХПК в воде	-	0,88	-	-
Содержание ионов аммония	-	-	0,71	-
Содержание нитрат-ионов	-	-	0,76	0,71
Содержание нитрит-ионов	-	-	0,77	-
Численность зоопланктона	-0,99	-0,98	-0,98	-0,81
Численность зообентоса	-0,76	-	-0,5	-
Проективное покрытие высших водных растений	0,68	-0,10	0,64	0,57
Проективное покрытие водных мхов	-0,80	-0,16	-0,57	-0,59
Проективное покрытие водных растений с плавающими листьями	0,65	-0,20	0,66	0,73

Значимые корреляции с площадью вырубок различной давности среди гидрохимических показателей отмечены только для характеристик содержания различных форм азота, причем показатели площади свежих вырубок такой связи не показывают. Высокие значения корреляции наблюдаются у ионов аммония, нитратов и нитритов с площадью вырубок от 2 до 10 лет давности. Установлено высокое значение коэффициента корреляции между показателем «химическое потребление кислорода в воде» и площадью вырубок текущего года.

Сильной корреляции значений объемов вырубок в водосборном бассейне с гидрохимическими показателями воды (содержание фосфатов, содержание катионов и анионов, pH воды, общая и карбонатная жесткость воды), а также с содержанием тяжелых металлов в донных отложениях не выявлено.

Характеристики водных экосистем, связанные с биотическими компонентами, показывают в целом значительно большую связь с площадью вырубок в водосборном бассейне реки. Наиболее сильная отрицательная связь наблюдается между численностью зоопланктона и площадью вырубок всех рассмотренных сроков давности, что означает снижение численности при увеличении площади рубок. У организмов зообентоса отмечается корреляция средней силы с вырубками 2 – 10 лет давности, что говорит о небыстрой реакции этой группы на изменения среды. Это может быть связано как с более длинными жизненными циклами, так и быть результатом связи развития зообентоса с распространяем высших водных растений, которое также имеет связь с этим периодом. Увеличение площади вырубок приводит к разрастанию растений с плавающими листьями начиная со второго года после вырубки. Обратная реакция у водных мхов – увеличение площади вырубок приводит к сокращению зарослей, то есть они негативно реагируют на повышение трофности воды после вырубок, но развивают свою реакцию, как все высшие растения, не в первый год. Показатели численности зоопланктона, проективного покрытия водных мхов имеют сильную отрицательную корреляцию с площадью рубок в бассейне реки. Оценка негативных воздействий на лесные и водные экосистемы показывает неблагополучную ситуацию: вырубки леса, проводимые в водосборных бассейнах рек, стекающих на территорию Национального парка «Онежское Поморье», приводят к изменениям, распространяющимся на всю площадь бассейнов, в том числе на особо охраняемую природную территорию. Негативные изменения связаны с нарушением миграции химических элементов между экосистемами в пределах речного бассейна и усиливают риски эвтрофирования и зарастания водных объектов, аккумуляции тяжелых металлов в пищевых цепях. Наиболее чувствительными индикаторами негативных изменений в экосистемах вследствие рубок являются показатели содержания соединений азота в воде, ХПК, снижение численности планктонных ракообразных и площади произрастания водных мхов, и распространение растений с плавающими листьями.

В настоящем исследовании впервые проведена оценка негативного воздействия сплошных рубок леса на экосистемы водосборных бассейнов малых рек, их биотические и абиотические компоненты и геохимические потоки в пределах геосисистем водосборных бассейнов рек Онежского полуострова, ранее не проводившаяся в европейской части российской Арктики. Установлена ранее не описанная исследователями связь возраста рубок и негативных изменений в абиотических и биотических компонентах экосистем, выявлены комплексы негативных изменений, характерные для водосборных бассейнов рек со свежими и зарастающими вырубками. Выделены показатели состояния воды и водных биологических ресурсов, отражающие негативное воздействие рубок леса на речные экосистемы. Впервые обнаружена связь между объемом и давностью вырубок леса в водосборном бассейне реки и нарушениями естественного вертикального и горизонтального распределения тяжелых металлов в почвах и подстилке лесных экосистем. Показано, что рубки леса в верхних и средних частях водосборных бассейнов рек Онежского полуострова вызывают негативные изменения в экосистемах всего бассейна, в том числе нижних суббассейнов, расположенные на территории Национального парка «Онежское Поморье», что может оказать негативное влияние на естественную динамику охраняемых экосистем. По результатам исследования

предложено исключить сплошные рубки коренных лесов в бассейнах рек, протекающих по территории Национального парка. Полученные результаты могут быть использованы как при разработке планов рубок леса на Онежском полуострове, так и при планировании устойчивого лесопользования на европейском побережье арктических морей с учетом целей сохранения запасов водных биоресурсов и особо ценных природных объектов.

Список использованных источников

1. Dymov A.A. The Impact of Clearcutting in Boreal Forests of Russia on Soils: A Review // Eurasian Soil Sci. – 2017. – V.50. – №7. – Pp. 780–790.
2. Браславская Т.Ю., Колбовский Е.Ю., Есипова Е.С., Коротков В.Н., Немчинова А.В, Чуракова Е.Ю., Козыкин А.В., Кулясова А.А., Алейников А.А. Ландшафтно-бассейновый подход в экологической оценке малонарушенных лесов Онежского полуострова // Известия РАН - 2020. – сер. Географическая. – Т.84. – №6. – С. 905–919.
3. Chernykh D.V. Basin Approach as a Tool for Landscape Assessment and Planning// Current Landscape Ecology Reports. – 2022. – №3. – Pp. 35–47.
4. Khoroshavin V.Y., Pereladova L.V., Kalinin V.M., Sheludkov A.D. Influence of the landscape structure of watersheds on the processes of surface water quality formation (case study of Western Siberia) // Cham: Springer Nature Switzerland AG. Landscape Series: – 2020. – V.26. – Pp. 177–89
5. Капиталинин Д.Ю., Щекалев Р.В. Структура лесов северной части Онежского полуострова на ландшафтной основе // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – №21-3. – С. 83–85.

УДК 330.34

БИЗНЕС-ТЕЗИС "SCHAIN": РАЗРАБОТКА УСТОЙЧИВОГО МОДНОГО БИЗНЕСА НА ОСНОВЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дурнева Д.С.
Научный руководитель – к.ист.н., доцент, Соснило А.И.

daria.durneva@icloud.com

Ключевые слова
Текстильная промышленность, устойчивое развитие, циркулярная экономика, биоразлагаемые материалы, локализация производства.

По статистическим данным научного журнала Natural Science индустрия моды является вторым источником загрязнения окружающей среды в мире: объем выбросов углекислого газа текстильной промышленностью превышает миллиард тонн ежегодно, а фабричные выбросы микропластика и токсичных химических веществ, используемых при производстве одежды, ведет к загрязнению мирового океана. Влияние каждого из этапов жизненного цикла продукта швейной промышленности на окружающую среду представлено на рисунке 1.

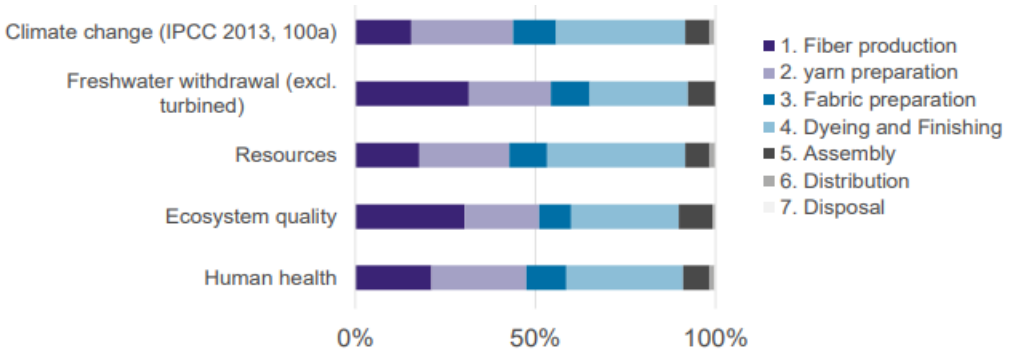


Рис. 1 – Влияние каждого из этапов жизненного цикла продукта швейной промышленности на окружающую среду по пяти индикаторам [1]

Также к основным тенденциям, существующим в индустрии моды на сегодняшний день, относится проблема устойчивости цепочки поставок, связанная в первую очередь с нехваткой материалов и комплектующих, узкими местами в процессе транспортировки товаров, нехваткой персонала и ростом сумм расходов на логистику, причинами которых являются проблемы, вызванные с факторами пандемийного, климатического и политического характеров [2].

Одним из решений указанных проблем является внедрение упомянутой отраслью принципов устойчивого развития. К необходимым мерам, предпринимаемыми участниками индустрии, можно отнести следующее:

- переход от традиционной цепочки производства к круговой (рис.2);
- переход от массового производства к созданию изделий по запросу клиента, внедрить услуги персонализированного 3D моделирования и виртуальной примерки;
- производство волокон внутри организации/одной страны;
- использование исключительно биоразлагаемых материалов при производстве ткани;
- применение натуральных красителей для окрашивания ткани;
- увеличение срока службы изделий за счет улучшения качества производимой продукции;
- предоставление услуг по ремонту, переработке изношенных изделий.

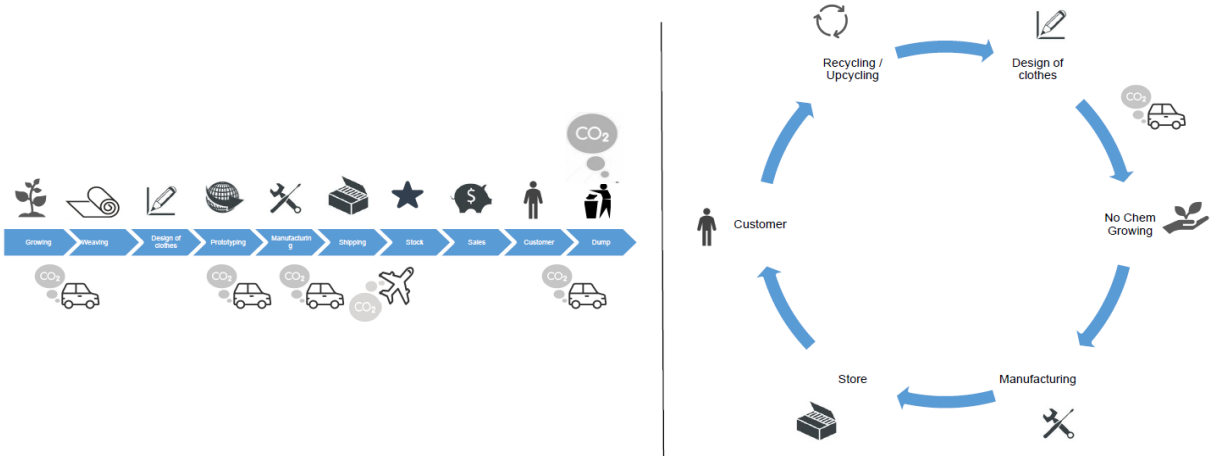


Рис. 2 – Сравнение жизненных циклов традиционного и «устойчивого» продуктов в индустрии моды

Концепция разрабатываемого бизнес-проекта SChain в сфере устойчивой моды заключается в предоставлении фабрикам по производству ткани собственной сырьевой базы со способом его обработки, в основе которого лежит модификация ДНК микроорганизмов с соответствующим целям проекта геном паука. Такой метод подразумевает культивирование модифицированных микроорганизмов в биореакторе для получения достаточного количества белка паучьего шелка, с последующим его преобразованием в нить химическим способом.

Основным продуктом проекта является комплекс решений, включающий в себя сырье, технологию, оборудование и знания, позволяющие пользователю внедрить предлагаемое решение в производство (рис.3).

Рис. 3 – Комплексный продукт проекта SChain

Такое решение подразумевает изменение технологического процесса и способа реализации сырья внутри цепочки создания стоимости (рис.4).

Экономической значимостью продукта является тот факт, что вместо традиционных поставок сырья и пряжи для производства ткани от внешнего поставщика фабрика приобретает собственное автоматизированное производство пряжи на территории самой фабрики. Помимо удобства, устойчивости поставок, приобретения статуса «зелёной», компания-клиент получает решение, позволяющее полностью отойти от издержек, связанных с логистикой поставляемого сырья, тем самым увеличив прибыль организации.

Вырабатываемая таким способом нить, будучи органической и биодеградируемой в условиях компоста, предполагает обладание схожими по своим свойствам свойствами синтетической нити, делая ее прочной и долговечной в использовании.

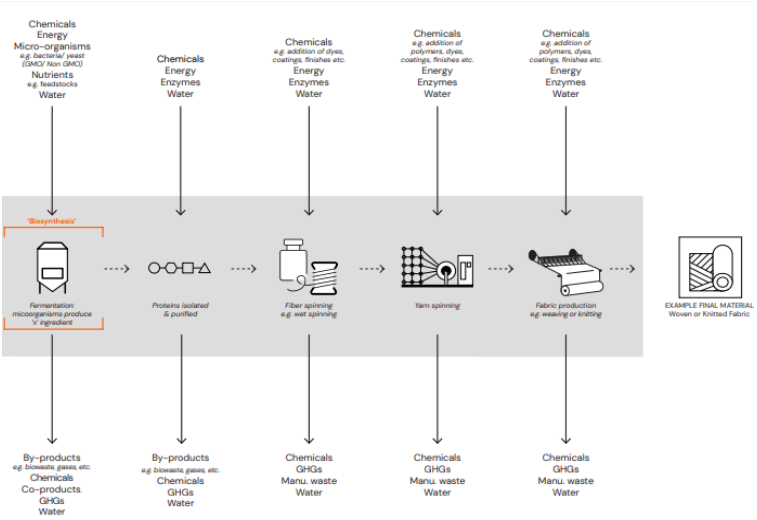


Рис. 4 – Производственный процесс создания ткани с применением технологии SChain

К прямым аналогам разрабатываемой технологии относятся технологии трех стартапов: Bolt Threads, AMSilk, Spiber. Компании используют тот же принцип получения нити, но отличаются базовыми материалами в ее создании, например, AMSilk использует E. coli бактерии, Bolt Threads – штамм дрожжей. Главным отличием проекта SChain является специфика бизнес-модели, которая подразумевает продажу микро биофабрик компаниям по производству ткани, в то время как упомянутые аналоги нацелены на продажу самой ткани. Поскольку среди проектов с аналогичной технологией нет ни одного проекта с подобным продуктом, можно сделать вывод об отсутствии аналогов предлагаемого нами товара. Таким образом, исследуемый объект разработки относится к разработкам, выполненным с коммерческой целью, предназначенные для прямой реализации и не имеющих рыночных аналогов.

Стоимость разработки технологии SChain при условии реализации исследовательской работы на базе Университета ИТМО, при составе научной группы в размере двух человек, с учетом закупки недостающего оборудования и расходных материалов составляет 8 810 000 рублей.

Текущий статус проекта SChain представлен следующими результатами:

- состав команды укомплектован ключевыми специалистами для создания прототипа продукта и его дальнейшего продвижения;
- первые средства на проведение исследования и разработку технологии были получены по результатам конкурса на проведение практико-ориентированных НИОКТР Университета ИТМО;
- проект одобрен экспертами и признан победителем в рамках межвузовской бизнес-игры TECHNO GENESIS;
- первый этап исследования по получению искусственного паучьего шелка был успешно начат;
- первые положительные отзывы потенциальных клиентов были получены по результатам Customer Development.

Список использованных источников

1. Stamm A., Greer L. «Measuring Fashion» – Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries Study. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://quantisintl.com/wpcontent/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report_quantis_cwf_2018a.pdf (дата обращения: 25.10.2020).

2. Amed H., Berg A., Balchandini A., Hedrich S., Rolkens F., Yong R., Jensen J.E., Peng A. The State of Fashion 2022 – Annually updated report. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/state-of-fashion (дата обращения: 30.05.2022).
3. Lee S., Dr. Congdon A., Parker G., Borst Ch. UNDERSTANDING “BIO” MATERIAL INNOVATIONS: a primer for the fashion industry. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.biofabricate.co/ (дата обращения: 12.02.2021).

УДК 544.032.65, 621.785

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ АДДИТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Егорова К.А.

Научный руководитель – Синев Д.А., кандидат технических наук, научный сотрудник и ассистент института лазерных технологий

x_egorova@itmo.ru

Ключевые слова

Титан, твердость, аддитивные лазерные технологии, лазерная термохимия, лиофильность.

Лазерное структурирование поверхностей позволяет изменять функциональные свойства имеющихся материалов, формируя микро- и наноструктуры, для решения широкого спектра задач, включая защиту поверхности материала от неблагоприятного влияния окружающей среды, от механических повреждений, от возникновения коррозии. Существующие подходы аддитивной лазерной обработки, к примеру, используют изменение поверхностной структуры титана путем введения частиц углерода в ванну расплава, но зачастую имеют значимые неустранимые недостатки: использование небезопасных для человека растворов (например, толуол или гептан [1]), формирование участков с неоднородным распределением механических свойств по поверхности и низкой воспроизводимостью результатов [2]. Альтернативные (не лазерные) методы, такие как плазмохимический синтез, само распространяющийся высокотемпературный синтез, изотермическая карбидизация диоксида титана ограничены небольшой растворимостью графита в титане, а также много стадийностью и низкой производительностью.

Для улучшения функциональных свойств формируемых поверхностей, обеспечения высокого качества аддитивной лазерной обработки и повышения производительности метода необходимо искать новые подходы осуществления обработки, с последующей апробацией полученных результатов в промышленных условиях. **Целью настоящего исследования** стало исследование возможности управления механическими и функциональными параметрами титановых сплавов методом аддитивной лазерной микрообработки поверхности под слоями вспомогательных веществ (воды, графита) при воздействии лазерного излучения ближнего ИК диапазона.

В настоящей работе в качестве объектов исследования использовались образцы из технического титана марки ВТ1-0 толщиной порядка 0,55 мм и 1 мм. Перед проведением экспериментов по структурированию под слоем графитового порошка образцы проходили этапы механической подготовки. Титановая пластинка (50х50х0,5 мм и 50х50х1 мм) обрабатывалась шлифовальной бумагой различной зернистости (120 – 2500 Р). Финишная полировка производилась войлочными дисками с использованием корундовой пасты Luxor с различными размерами структурных элементов (от 0,5 мкм до 0,1 мкм) и мини-дрели Dremel 300. Затем все образцы были очищены в ультразвуковой ванне с дистиллированной водой в течение 10 минут.

Структурирование образцов было проведено с использованием коммерчески доступной лазерной технологической установки на базе импульсного иттербиевого волоконного лазера (Минимаркер-2). Схема установки и схемы разработанных технологий для проведения обработки под слоями вспомогательных веществ представлены на рисунке 1. Выбор данного оборудования обусловлен такими преимуществами как высокая скорость и стабильность работы, отличное качество лазерного пучка с гауссовым распределением интенсивности, понятное программное обеспечение, возможность бесшовного внедрения выработанных методик в существующие технологические процессы.

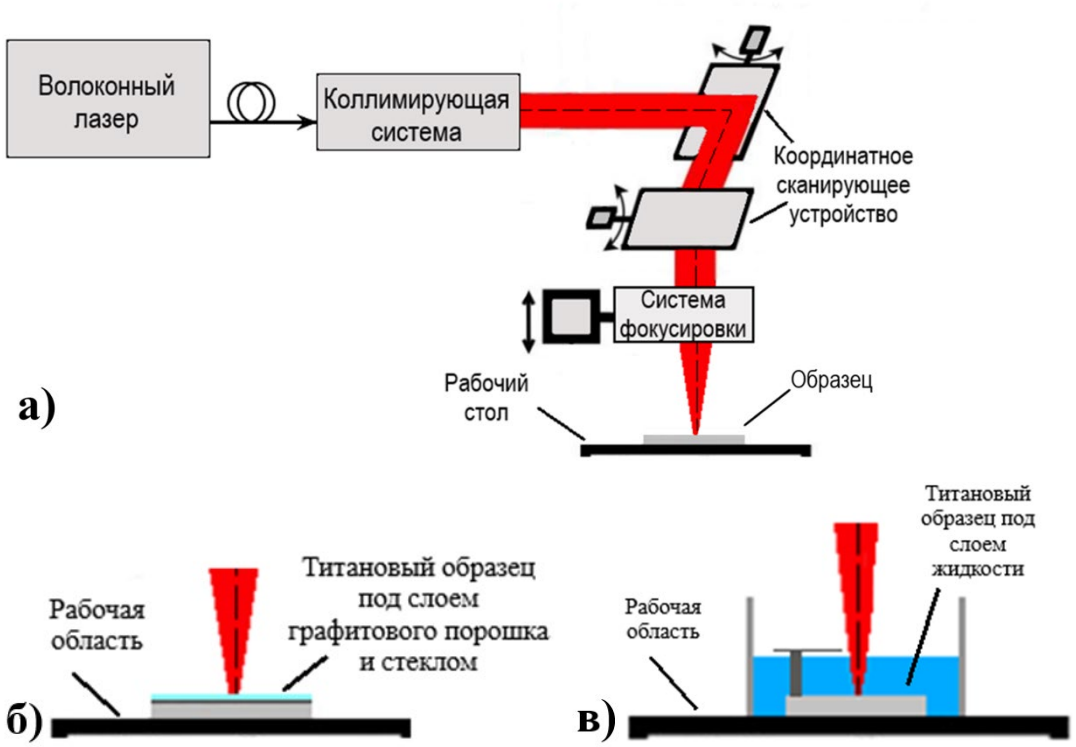


Рис. 1 – Схема установки для лазерной обработки (а), методика обработки под слоем графитового порошка (б), методика обработки под слоем жидкости (в)

Для рассмотрения возможности индуцирования твёрдого карбидного слоя (по реакции $TiO_2 \rightarrow Ti_2O_3 \rightarrow TiO \rightarrow TiC$ [3]) на полированной поверхности пластины были предварительно сформированы оксидные слои методом лазерной маркировки на воздухе. Параметры записи соответствовали формированию оксидных структур толщиной от 15 ± 2 нм до 60 ± 8 нм [4]). Методика обработки, внешний вид записанных оксидных слоев и графитовых структурами приведен на рисунке 2.

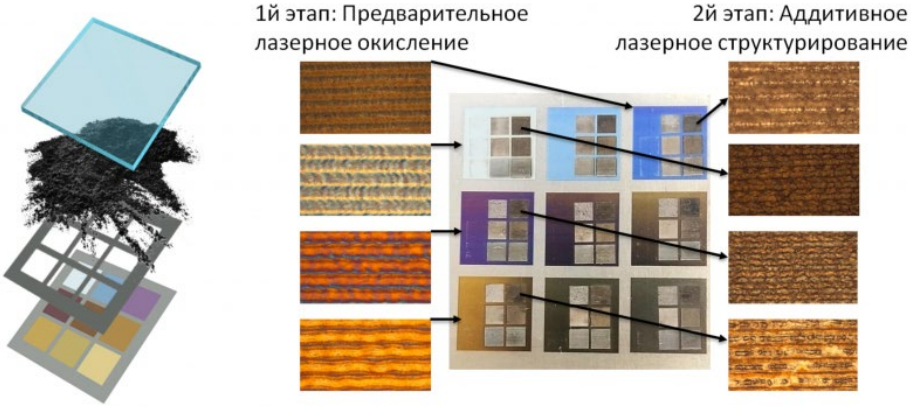


Рис. 2 – Метод аддитивной лазерной обработки под слоем графита

Все структуры были подвергнуты испытаниям на твердость с разными нагрузками (300 и 500 гр) для исследования параметра твердости. Для достоверности измерений каждая структура была измерена по три раза с каждой нагрузкой.

После проведения твердометрии был получен массив результатов, который можно представить следующим образом на графиках (рис.3). Здесь можно наблюдать зависимость, что с уменьшением толщины оксидного слоя уменьшаются значения твердости. Результаты данного исследования позволяют адаптировать применимость метода под разные задачи, путем варьирования итоговых значений твердости при наличии одного набора материалов.

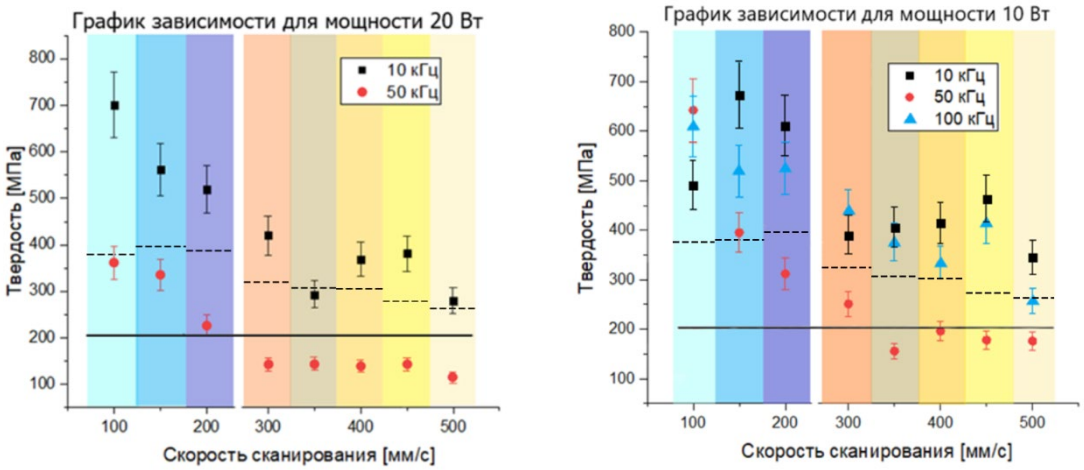
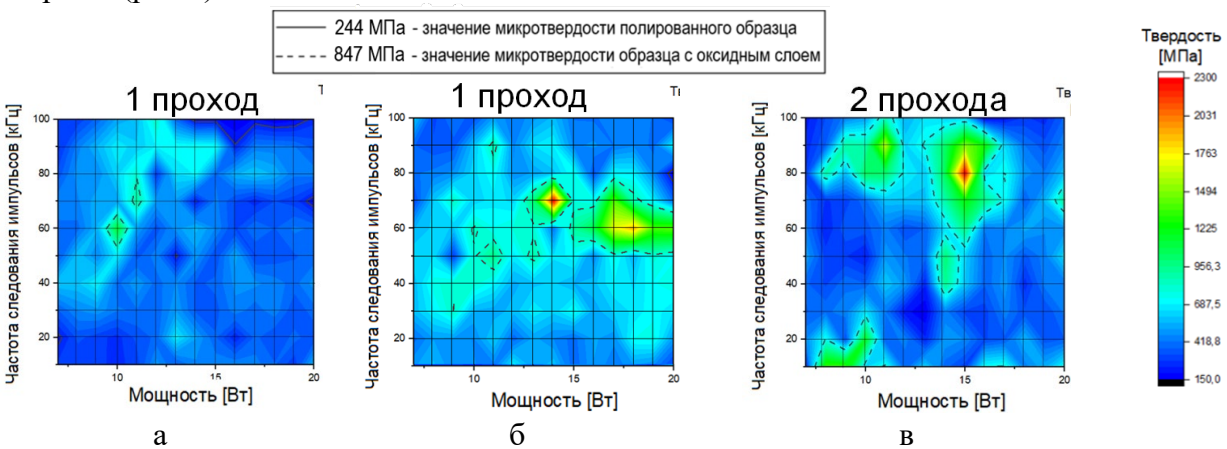


Рис. 3 – График зависимости значений твердости от толщины оксидного слоя. Пунктиром показаны значения твердости на оксидах; прямой линией – твердость исходной титанового слоя

Проведенные исследования позволили определить перспективный для дальнейших испытаний режим формирования оксидного слоя, состоящего из внутренней пленки TiO_2 с толщиной порядка 20 ± 3 нм и внешней пленки Ti_3O_5 порядка 40 ± 5 нм [4]. Из графиков можно пронаблюдать, что структуры, записанные на этом оксидном слое, сформированном со скоростью V = 100 мм/с, выделяется своей твердостью среди других, достигая значений 500 – 700 МПа (рис.3). Все последующие исследования проводились на указанной оксидной структуре.

Лазерное структурирование производилось посредством сканирования лазерным пучком с варьируемыми значениями частоты следования импульсов (f), мощности (P) и количества проходов лазерного излучения (N). Для сравнительного анализа влияния слоя графита на результат лазерной обработки были проведены серии экспериментов, в которых обработка производилась путем записи структуры непосредственно на предварительно сформированную оксидную пленку, либо при обработке под слоем графита, толщиной порядка 0,5 мм. Во втором случае для предотвращения удаления графитного слоя было предложено, использовано предметное стекло, толщиной порядка 1,12 мм. Стекло было закреплено на титановой пластине для устранения сдвига во время обработки, а также для максимально возможного уменьшения воздушной прослойки.

Таким образом, на поверхности титана были сформированы с варьируемыми параметрами записи двумерные массивы, которые в дальнейшем были подвергнуты испытаниям на твердость для исследования полученных микроструктур. Проведенные испытания сформированных структур на твердость можно представить в виде сравнительных диаграмм (рис.4).



а б в

Рис. 4 – Сравнительные диаграммы зависимости твердости по Виккерсу от параметров воздействия при обработке на воздухе (а) и при обработке с графитовым порошком при разных количествах экспонирований: (б) и (в)

Для вышеуказанных образцов были получены следующие значения твердости по Виккерсу: для исходного поверхностного слоя титановой пластины – 244 МПа; для поверхностного окисленного слоя – 847 МПа; максимальное значение твердости на структурах с графитом – 2330 МПа.

Диаграммы иллюстрируют, что пиковое значение твердости повышается при нескольких проходах лазерного излучения по сравнению с обработкой без графита. Далее с увеличением количества проходов, происходит уменьшение пикового значения твердости, что может свидетельствовать о перезаписи поверхностного слоя микроструктуры или удалении графитного слоя с поверхности.

Для дальнейших исследований была выделена перспективная область - это структура, записанная в следующем режиме: длина волны λ = 1,064 мкм; длительность импульса τ = 200 нс; диаметр сфокусированного пятна d = 50 мкм; мощность P = 15 Вт; частота следования импульсов f = 80 кГц; скорость сканирования V = 500 мм/с; количество проходов лазерного излучения N = 2.

Данная область была изучена методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) путем изготовления из выбранной области ламели размером примерно 5×5 мкм^2 для изучения морфологии сформированной микроструктуры (рис.5).

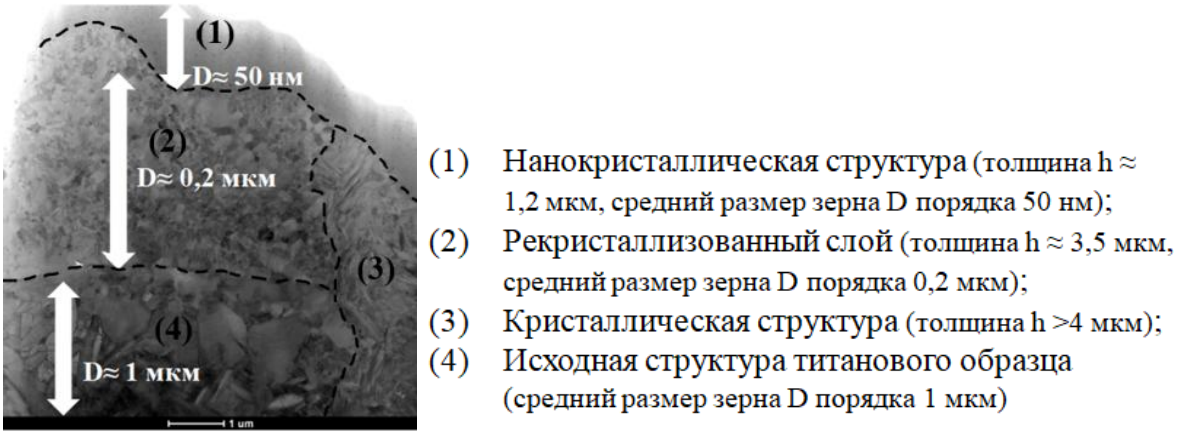


Рис. 5 – Морфологическая характеристика поверхностного слоя титановой пластины после лазерного воздействия

Результаты просвечивающей электронной микроскопии подтверждают результаты твердометрии и показывают, что повышение твердости обусловлено формированием поверхностного нанокристаллического слоя, что связано с уменьшением размеров кристаллитов, увеличивается плотность в единицу объема, что подтверждается информацией в литературных источниках о корреляции плотности и твердости материалов.

Дополнительно были проведены испытания на механическую устойчивость в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, с роликами из алюминия и из полиметилакрилата с алмазным порошком в качестве материалов контртела. При первичном анализе, было зафиксировано заполнение канавок продуктами износа контртела. Потому далее были проведены испытания на абразивность с использованием ролика. Результаты контактной профилометрии демонстрируют зоны, в которых имеется как истирание структур, так и полное заполнение канавок продуктами износа ролика. Определение количественных характеристик подтверждает уменьшение параметра износа структурированной области в два раза по сравнению с исходным поверхностным титановым слоем.

Таким образом, при данных параметрах испытаний результат говорит о высокой устойчивости структур к условиям эксплуатации.

Помимо обработки под слоем порошкообразных веществ, можно проводить аналогичную обработку под слоем жидкости, изменяя механические свойства поверхностного слоя. После обработки лазерным излучением в различных средах образцы приобретают разную величину адсорбционной связи поверхности титана с молекулами воды. Так, после

обработки в жидкой среде поверхность титана можно охарактеризовать гидрофобной (более 90 градусов), в то время как при обработке на воздухе – поверхность титана приобретает супергидрофильность (менее 40 градусов).

Так, при структурировании в воздушной среде титан легко вступает в реакцию с кислородом, что приводит к образованию оксидных пленок, приводящих к гидрофильности поверхностного слоя. В связи с ограничением доступа кислорода к границе раздела сред, при структурировании под слоем вспомогательной жидкости окисление на поверхности титанового образца происходит преимущественно за счет взаимодействия с кислородом, растворенным в жидкости. Таким образом, удается создать дефицит свободного кислорода и замедлить процессы образования оксидов, что можно подтвердить имеющимися результатами энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭРС или EDX), которые приведены в таблице.

Таблица

Результаты энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии титановых образцов

Образец		**Ti**	**O**	**Al**
Обработка в воздушной среде	Массовая доля элементов (Wt%)	70,94	28,82	0,23
Обработка в жидкой среде		78,91	20,84	0,25
Исходный титан		96,41	3,59	
A-W-S		62,281	33,634	1,208
A-A-S		60,945	36,927	0,203
W-W-S		81,285	18,343	0,371
W-A-S		85,540	14,076	0,383

Для удобства в таблице были введены буквенные сокращения, сформированные по следующей системе: обработка-хранение-количество измерений, например, W-A-M – это Water-Air-Multiple measurement, а A-A-S это Air -Air-Single measurement.

Временной период перед измерениями энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии после лазерной обработки составляет:

- для образцов, обработанных в воздушной и жидкой среде – меньше 24 часов;
- для образцов, отмеченных как A-W-S, A-A-S, W-W-S, W-A-S – 30 суток.

Так, при лазерной обработке под слоем жидкости, происходит управляемое замедление окисления поверхностного слоя и содержание кислорода порядка 15 – 25% против 35% у образцов, обработанных на воздухе.

Помимо изменения химического состава еще одним фактором, влияющим на лиофильность образцов, является рельеф поверхности. Так, при обработке в разных средах изменяется глубина кратеров и происходит изменение распределения материала расплава по поверхности, за счет чего и образуется более равномерный рельеф. Измерения контактного угла смачивания показали возможность управляемого изменения угла смачивания до 100º за счет изменения химических и топологических свойств поверхности титанового образца при обработке под слоем воды.

В результате проведенной работы была предложена рабочая методика повышения эффективности аддитивной обработки с применением вспомогательного покровного стекла. Дополнительно при аддитивной лазерной обработке под слоем графита удалось добиться повышения твердости поверхностного слоя титанового образца до 10 раз, и данные структуры демонстрируют уменьшение изнашивания поверхностного слоя титанового образца не менее чем в 2 раза по сравнению с исходным значением. При обработке лазерным излучением под слоем жидкости образцов было продемонстрировано изменение лиофильности образцов, которые изменяют свой характер с течением времени.

В перспективе данная методика обработки поверхностных слоев титановых образцов позволит повысить функциональные свойства кромок режущих инструментов, за счет составления экспериментальных сведений о механизме повышения твердости поверхностных

слоев и разработки технологических карт режимов. И в связи с тем, что детали из сплошного титана используются редко, то в дальнейшем имеется перспектива повторения исследований на стали, как пример, 40Х или У8, с напыленным титановым покрытием для последующей аддитивной лазерной обработки.

Список использованных источников

1. Behnaz Feizi Mohazzaba, Babak Jaleha, Omidreza Kakueeb, Arash Fattah-alhosseini Formation of titanium carbide on the titanium surface using laser ablation in n-heptane and investigating its corrosion resistance// Applied Surface Science. – 2019. – V.478. – Pp. 623–635.
2. Saleh A.F., Abboud J.H., Benyounis K.Y. Surface carburizing of Ti–6Al–4V alloy by laser melting// Optics and Lasers in Engineering. – 2010. – V.48. – №3. – Pp. 257–267.
3. Кипарисов С.С., Левинский Ю.В., Петров А.П. Карбид титана: получение, свойства, применение // М.: Металлургия, 1987. – 216 с.
4. Laser paintbrush as a tool for modern art / Vadim P. Veiko, Yaroslava Andreeva, Luong Van Cuong [et al] // Optica. – 2021. – V.8. – Pp. 577–585.

УДК 504.03

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Ермоченко А.И.
Научный руководитель – Савоскула В.А., старший преподаватель

ale-ermak97@mail.ru

Ключевые слова
Экологическое просвещение, цифровая платформа, бизнес-проект, социальная экология, социальное предпринимательство.

Актуальность экологического просвещения определяется экологическими вызовами и вызовами общества. Это подтверждается Концепцией устойчивого развития. Из 17 целей устойчивого развития можно выделить семь целей, имеющие наибольшую экологическую направленность, в остальных также косвенно присутствует экологическая компонента [1]. Обращая внимание на статистические данные Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) и фонда национальной энергетической безопасности (ФНЭБ) за 2021 год показано, что каждый четвертый россиянин стал больше задумываться об экологических вопросах [2]. Подтверждение актуальности создания цифровой платформы для экологического просвещения обусловлено переходом населения в интернет-пространство под воздействием пандемии вируса COVID-19, что дало устойчивость эпохи digital. Из-за быстрого перехода в практически постоянное пользование ресурсами интернета, появилось большое количество недостоверной информации на цифровых платформах. Тема экологии, природопользования и защиты окружающей среды в интернет-пространстве периодически наполнена неподтвержденными фактами и недостоверными источниками информации, что ведет к ухудшению экологического образования, экологической культуры и экологического просвещения населения. Поэтому целью работы является разработка структуры цифровой платформы для экологического просвещения населения агрегатора "ЭКОfor".

Частями 1 и 2 статьи 74 Федерального закона от 10 января 2002 г. №7-ФЗ "Об охране окружающей среды" определено, что "экологическое просвещение осуществляется посредством распространения экологических знаний об экологической безопасности, информации о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов в целях формирования экологической культуры в обществе, воспитания бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов, информирования населения о законодательстве в области охраны окружающей среды и о законодательстве в области экологической безопасности" [3].

При этом выявлено, что экологическое просвещение осуществляется органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, общественными объединениями, средствами массовой информации, а также организациями, осуществляющими образовательную деятельность, учреждениями культуры, музеями, библиотеками, природоохранными учреждениями, организациями спорта и туризма, иными юридическими лицами.

В 2021 году проведено анкетирование населения, с помощью которого были выявлены самые интересующие темы в области экологии, природопользования и защиты окружающей среды. Респондент выставлял каждой предложенной теме соответствующие баллы, где 5 баллов – данная тема является очень интересной, а 0 баллов – данная тема не интересна совсем. При подсчете среднего балла результаты показали, что самой волнующей темой является раздельный сбор отходов (3,9 балла), в частности вопрос «Куда сдать вторичное сырье?» (3,8 балла) и местонахождение утилизации отходов (3,4 балла). Данные представлены на рисунке 1.

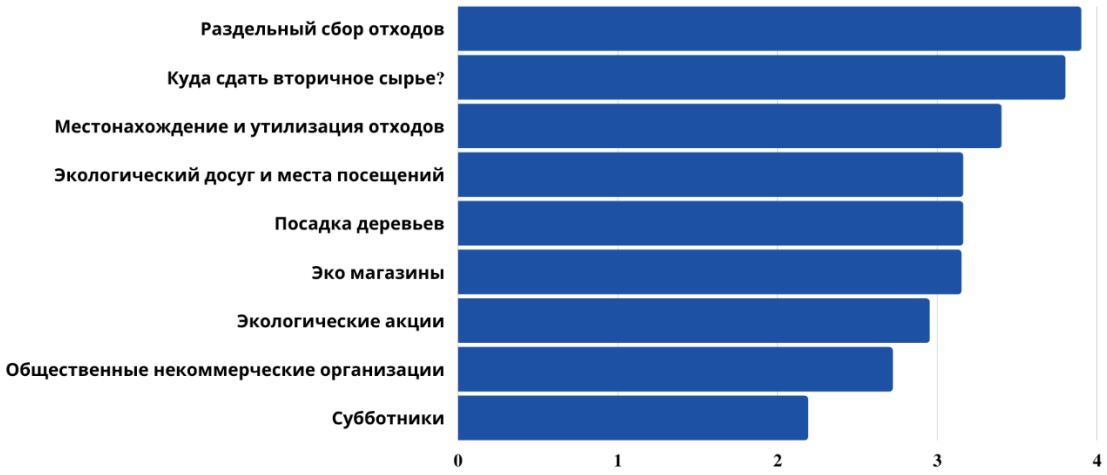


Рис. 1 – Статистические данные заинтересованности населения в экологических тематиках

Помимо этого, определены самые удобные, популярные и интересные источники получения информации об экологии, природопользовании и защите окружающей среды для населения. Результаты продемонстрированы на рисунке 2.

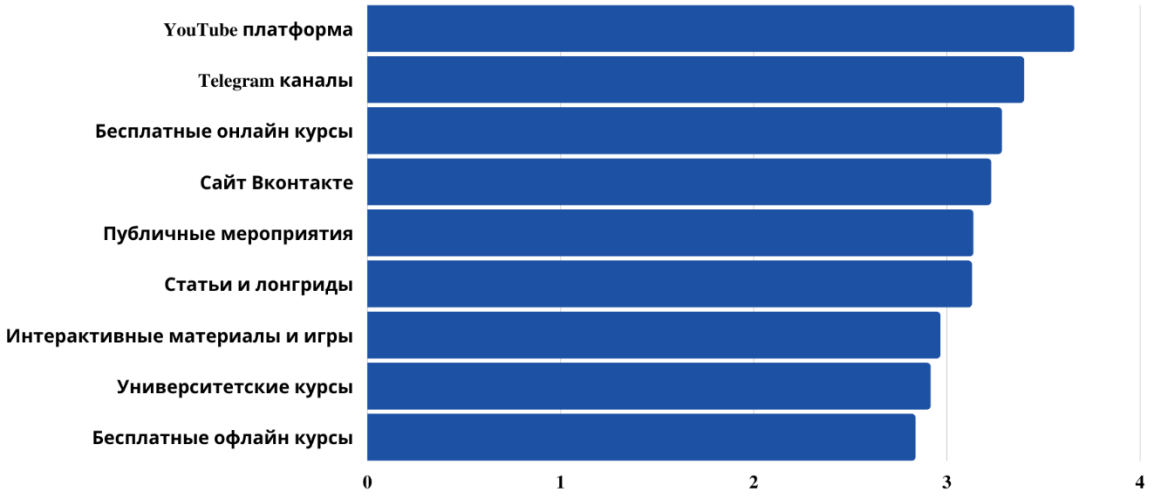


Рис. 2 – Статистические данные популярных источников получения информации экологической тематики

На основании проанализированных результатов проведенного исследования, в ходе которого изучалась актуальность экологического просвещения, интерес пользователей к экологической тематике и выявление популярных ресурсов, данные были использованы для подтверждения актуальности проекта и создания структуры цифровой платформы для экологического просвещения населения агрегатора "ЭКОfor" (рис.3).

В первом блоке будет доступна информация об образовательных курсах, высших учебных заведениях, повышениях квалификации, лекциях, воркшопах и форумах. Сектор "Просвещение" транслирует трендовый контент в формате видео, подкастов, новостей и блогов, а также дает возможность ознакомиться со списком законов, научных статей, периодических изданий и некоммерческих организаций, связанных с представленной тематикой. "Развлечения" дает доступ к просмотру экологических мест досуга: экотропы, музеи, выставки и экскурсии. В разделе "Покупки" можно найти информацию о магазинах, с экологичными товарами и товарами без упаковки, которые в последние годы набирают популярность, а также, ознакомиться с перечнем книг, авторы которых доносят до читателей информацию об экологии, природопользовании и защите окружающей среды в доступном формате, и мотивируют на экологичный образ жизни. При переходе на один из секторов на

странице будет представлен фильтр, который включает в себя пункты, под каждый запрашиваемый сектор.

Рис. 3 – Разработанная структура цифровой платформы

Такая структура поможет качественно агрегировать всю предлагаемую информацию об экологии, природопользовании и защите окружающей среды. Для пользователей данный формат сократит время на поиск нужных материалов и ресурсов. Для первоначальной структуры MVP (Minimum Viable Product) найдено: 5 образовательных курсов и 6 вузов; 9 материалов аудиоформата и 11 материалов видеоформата; 15 блогов; 35 некоммерческих организаций (НКО); 25 эко-маршрутов и 11 музеев; 4 магазина.

При реализации агрегатора, внутри цифровой платформы планируется осуществление взаимодействия двух целевых аудиторий. Такая технология позволит монетизировать предлагаемое бизнес-решение (рис.4).

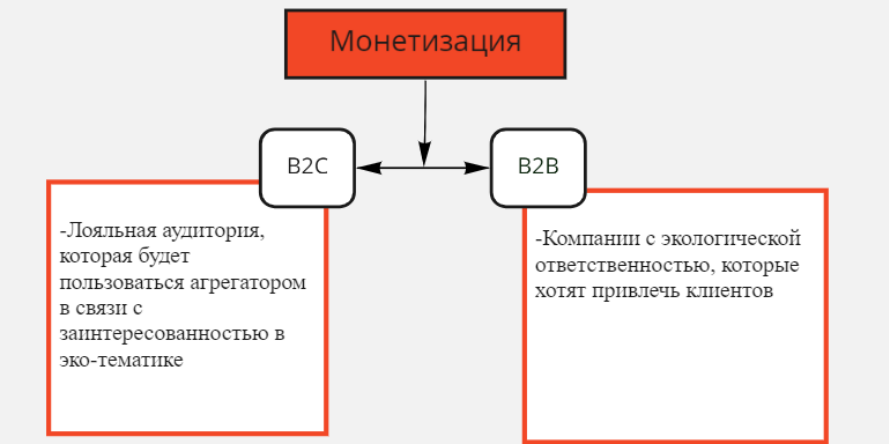


Рис. 4 – Технология монетизации агрегатора

Данная технология реализует соприкосновение двух рыночных отношений – B2B и B2C. В данном контексте рынок B2C (Business-to-consumer) представлен в формате бизнес-отношений "агрегатор-лояльная аудитория". При реализации цифровой платформы, пользователям будет доступна вся проверенная экспертами, достоверная информация, связанная с экологией, природопользованием и защитой окружающей среды. Соответственно, вместе с созданием данного агрегатора, внутри него будет располагаться онлайн-сообщество людей, так или иначе заинтересованных в экологическом просвещении.

Модель B2B (Business-to-Business) преподносится как взаимоотношение "агрегатор-другой бизнес". При работе цифровой платформы, на сайте будет размещаться реклама

магазинов с экологическими товарами, предприятия с экологической ответственностью, прошедшие экспертизу администраторов агрегатора.

В таком случае, за счет деятельности агрегатора, бизнес-сообществам предоставляется их активная лояльная целевая аудитория, на которую они опираются при покупке рекламного места в агрегаторе. А деятельность агрегатора, предоставляет пользователям информацию об экологии, создавая тем самым, сообщество людей, заинтересованных одной тематикой. Такое взаимодействие, предполагаемо, качественно влияет на монетизацию данного бизнес-решения.

Во время выполнения работы были разработаны две стратегии финансирования. Так как проект по созданию цифровой платформы агрегатора "ЭКОfor" направлен на развитие экологического просвещения, экологического образования и экологической культуры населения РФ, проект решает социально значимые задачи. Таким образом, существует возможность получить средства для реализации проекта за счет внешнего безвозмездного финансирования в виде реализации краудфандинговой кампании или в виде получения гранта от Федерального агентства по делам молодёжи (Росмолодёжь). При анализе двух стратегий, было проведено сравнение, представленное в таблице с помощью которого выявлены положительные и отрицательные стороны разработанных вариантов.

Таблица

Сравнение способов финансирования проекта

	Краудфандинговая кампания	**Грантовая поддержка**
Преимущества	– есть возможность подготовиться перед запуском осенью; – за счет проведенной кампании будет собрано первичное сообщество заинтересованных людей	– за счет проведенных мероприятий будет собрано первичное сообщество заинтересованных людей; – посещение летних форумных кампаний
Недостатки	– нестабильная ситуация с социальными сетями, для информирования о краудфандинговой кампании; – требуется новый поиск лидеров мнений и их страниц в социальных сетях	– чтобы попасть на очный этап, требуется пройти отбор на один из форумов; – монетизировать агрегатор можно только после окончания грантового проекта

После оценки способов безвозмездного финансирования, было принято решение воспользоваться двумя стратегиями с дополнительными корректировками: подать заявки на подходящие молодежные форумы, с возможностью представить проект экологического просвещения населения в виде разработки цифровой платформы агрегатора "ЭКОfor" и получить грант на его реализацию, далее запустить краудфандинговую кампанию, но с целевым привлечением не финансов, а пользователей агрегатора.

В ходе работы был проведен обзор научной литературы в области экологического просвещения, гражданского общества и социального предпринимательства; с помощью маркетингового исследования выявлены основные ресурсы и тематики будущей цифровой платформы: на основе изученных данных разработана структура и макет агрегатора для экологического просвещения; подготовлен бизнес-проект для реализации цифровой платформы.

На период июня 2022 года подготовлены все материалы для реализации MVP продукта (структура агрегатора, макет и наполнение сайта, брендинг проекта, прайс-лист для компаний); разработана стратегия развития проекта до середины 2023 года; осуществлены финансовые и пользовательские потоки до 2025 года; пройден конкурсный отбор на участие в летнем Арт-кластере "Таврида" (арт-школа экологии) где будет презентован проект для

получение гранта направленный на реализацию цифровой платформы агрегатора "ЭКОfor" для экологическое просвещение населения.

Теоретическая важность проведенного исследования заключается в анализе темы с точки зрения экологического просвещения, гражданского общества и социального предпринимательства. Практическая значимость работы заключается в возможности вывода на рынок рентабельного бизнеса, направленного на решение социально важной задачи для общества – экологического просвещения населения, с подготовленной стратегией развития и не имеющего на рынке прямых конкурентов. Такой подход к выполнению работы дает возможность качественно реализовать проект и монетизировать его в будущем.

Список использованных источников

1. Цели в области устойчивого развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (дата обращения: 10.06.2022).
2. Агентство социальной информации: исследование ВЦИОМ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.asi.org.ru/news/2020/08/19/vtsiom-ekologiya/ (дата обращения: 10.06.2022).
3. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. 09.03.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 10.06.2022).

УДК 004.056.53

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПОСРЕДСТВОМ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ПОВЕДЕНИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Есипов Д.А.

Научный руководитель – Попов И.Ю., профессор, доктор физико-математических наук, профессор научно-образовательного центра математики, научный сотрудник] института перспективных систем передачи данных

some1else.d.ma@gmail.com

Ключевые слова

Обнаружение инцидентов информационной безопасности, внутренний нарушитель, цифровая метрика, клавиатурный почерк, машинное обучение, обнаружение аномалий, метод опорных векторов, алгоритм изолирующего леса, алгоритм эллипсоидальной аппроксимации данных.

Согласно статистике, более половины инцидентов информационной безопасности в различных организациях связаны с деятельностью сотрудников. По данным института Ponemon, за 2020 год 62% инцидентов информационной безопасности обусловлены действиями внутренних нарушителей [1]. Финансовые потери организаций от указанных инцидентов составили 11,45 миллионов долларов США, из них более четырех миллионов составляют потери от инцидентов, обусловленных преднамеренными незаконными действиями. При этом время, необходимое для обнаружения и локализации подобных инцидентов в среднем составляет 77 дней [1]. Указанные инциденты нередко входят в состав целевых атак. Инциденты информационной безопасности, связанные с внутренними нарушителями, представляют значительную опасность, однако многие организации уделяют этому недостаточное внимание.

Наиболее подходящими методами обнаружения рассматриваемых инцидентов являются методы анализа активности конечных устройств, обнаружения утечки данных и непрерывной аутентификации пользователя. Указанные методы обладают определенными недостатками, а также не охватывают весь спектр рассматриваемых инцидентов (табл. 1). Тогда возникает необходимость разработки метода, дополняющего и расширяющего функционал существующих методов.

Таблица 1

Существующие методы

Метод	Точность, %	Недостатки
Swimlane. Automated Incident Response [2]	Коммерческая тайна	Значительная доля ошибок I рода. Предназначены для обнаружения кибератак. Используют сигнатуры атак, не учитывая нормальное поведение системы
Advanced Threat Analytics [2]	Коммерческая тайна	
CoDLD [3]	91,6	Значительная доля ошибок II рода. Предназначены для обнаружения утечки данных
CoBAn [3]	76,8	
Непрерывная аутентификация [4]	44,2 – 91,3	Низкая точность. Чувствительность к окружающей среде. Влияние на работу пользователя

Методы непрерывной аутентификации предполагают использование отдельного аутентификатора, например, клавиатурного почерка, в отрыве от других характеристик поведения пользователя и влияющих на них факторов, что потенциально приводит к снижению точности и эффективности указанных методов. В работе, посвященной

обнаружению сетевых атак посредством выявления аномалий в активности устройств локальной сети, предложено использование контекстной высокоуровневой информации [5]. Предложенный метод не может обнаруживать аномалии в поведении пользователя и инциденты информационной безопасности, обусловленные действиями внутренних нарушителей, однако такой подход может быть применен и для указанных задач.

Являясь сотрудниками некоторой организации, пользователи придерживаются регламентированного распорядка рабочего дня, в определенные дни недели характер их работы может иметь некоторые особенности. Также пользователи используют определенные приложения для реализации своих должностных обязанностей. Кроме того, каждый сотрудник обладает уникальным набором привычек и клавиатурным почерком. Тогда перечисленные выше особенности формируют «цифровую метрику» пользователя, характеризующую его нормальное поведение. В таком случае аномалии в поведении могут свидетельствовать о потенциальном инциденте безопасности.

В текущей работе предлагается метод обнаружения аномалий в активности пользователя посредством применения контекстной высокоуровневой информации о его взаимодействии с автоматизированным рабочим местом. Сущностью предлагаемого метода является формирование цифровой метрики пользователя как комплексной характеристики его поведения при работе с персональной электронно-вычислительной машиной. Формирование цифровой метрики пользователя возможно за счет анализа его поведенческих характеристик и их зависимостей от различных факторов, выбранных в качестве предикторов для построения модели. Структурная диаграмма предлагаемого метода приведена на рисунке.

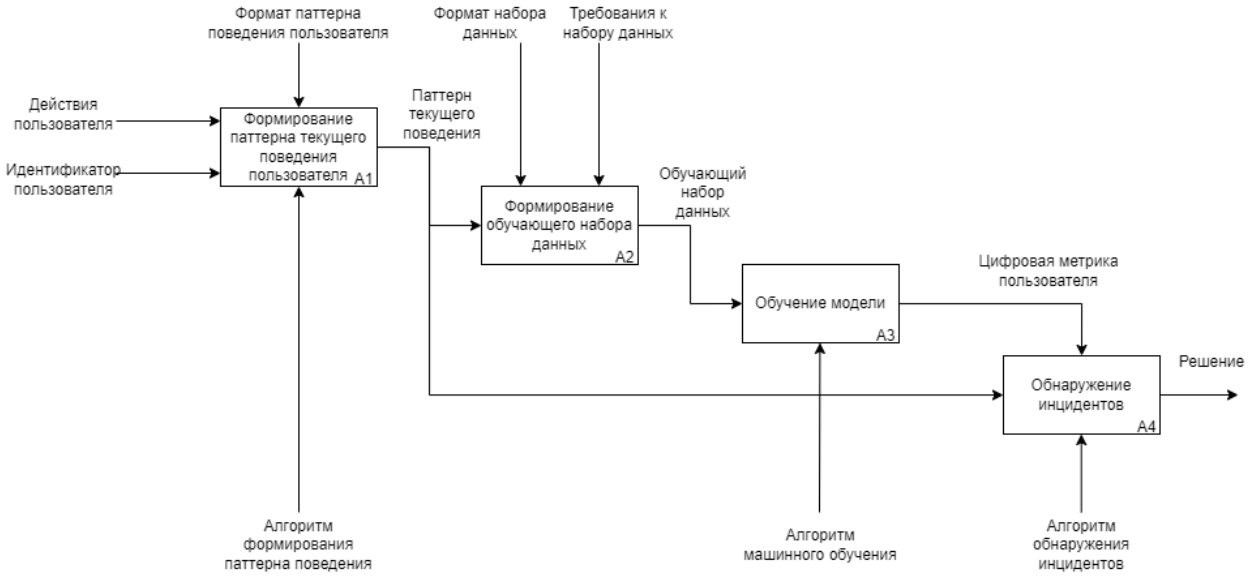


Рисунок – Структурная диаграмма предлагаемого метода

Предикторами были определены время суток, день недели, скорость и динамика нажатий на клавиши клавиатуры и мыши. Ввиду специфики взаимодействия с различными приложениями, метод предполагает обучение модели для каждого используемого пользователем процесса. Для формирования указанной модели предполагается использование алгоритма машинного обучения без учителя.

Обнаружение аномалий в активности пользователя выполняется посредством выбора модели в соответствии с именами пользователя и используемого процесса, и передачи выбранной модели вышеуказанных предикторов в качестве входных параметров для классификации. Обнаруженные аномалии могут свидетельствовать об инцидентах информационной безопасности, обусловленных действиями внутренних нарушителей.

Для формирования моделей нормального поведения пользователя были рассмотрены следующие алгоритмы машинного обучения: алгоритм опорных векторов для одного класса (OCSVM), алгоритм изолирующего леса (Isolation Forest), алгоритм эллипсоидальной

аппроксимации данных (Elliptic Envelope). Для оценки моделей были рассчитаны следующие показатели качества классификации: доля корректно классифицированных объектов (корректность, accuracy), точность (precision), полнота (recall), F-мера (F-score) и коэффициент корреляции Мэтьюса (MCC), определенный решающим показателем. Кроме представленных метрик, также немаловажно время обучения и классификации.

Модели нормального поведения были обучены на реальных данных 138 пользователей, мощность набора данных составила 388168 строк, причем 310534 (80%) из них были использованы в качестве обучающего набора, а 77634 (20%) – в качестве тестового. Для определения наиболее эффективной модели и соответствующего ей алгоритма машинного обучения, был выполнен сравнительный анализ моделей всех исследуемых алгоритмов. Полученные показатели качества приведены в таблицах 2 и 3. Временные характеристики моделей были вычислены на 100 итераций обучения и классификации соответственно.

Таблица 2

Показатели качества классификации сформированных моделей

Алгоритм	Корректность	Точность	Полнота	F-мера	MCC
OCSVM	0,9218	0,9143	0,9951	0,9530	0,7464
Isolation Forest	0,7805	0,9092	0,8049	0,8539	0,4321
Elliptic Envelope	0,7106	0,9011	0,7154	0,7976	0,3400

Таблица 3

Временные характеристики сформированных моделей

Алгоритм	Время обучения, с	Время классификации, с
OCSVM	22,5131	0,0510
Isolation Forest	95,6583	10,3003
Elliptic Envelope	213,3738	0,1050

Согласно таблице 2, наибольшие значения по всем показателям качества достигает модель, сформированная при помощи алгоритма машинного обучения OCSVM. В то же время, в соответствии с таблицей 3, указанная модель достигает минимальных временных затрат как на обучение, так и на классификацию.

Поскольку ближайшим аналогом предлагаемого метода является метод непрерывной аутентификации по клавиатурному почерку, был выполнен сравнительный анализ указанного и предлагаемого методов. Показатели качества по обоим методам приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

Показатели качества классификации сравниваемых методов

Метод	Корректность	Точность	Полнота	F-мера	MCC
По цифровой метрике (предлагаемый метод)	0,9218	0,9143	0,9951	0,9530	0,7464
По клавиатурному почерку	0,5689	0,8480	0,5592	0,6740	0,1339

Таблица 5

Временные характеристики сравниваемых методов

Метод	Время обучения, с	Время классификации, с
По цифровой метрике (предлагаемый метод)	22,5131	0,0510
По клавиатурному почерку	83,3031	5,4050

Согласно таблицам 4 и 5, предлагаемый метод демонстрирует большую эффективность в обнаружении аномалий в активности пользователя.

Разработанный метод может быть использован для обнаружения инцидентов информационной безопасности, а также реализации непрерывной аутентификации пользователя в средствах защиты информации от несанкционированного доступа.

В дальнейшей работе возможно расширение цифровой метрики, что позволит сформировать цифрового двойника пользователя и обнаруживать аномалии как в его поведении, так и в работе его автоматизированного рабочего места.

Список использованных источников

1. Ponemon Institute. 2020 Cost of insider threats global report. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.exclusive-networks.com/uk/wp-content/uploads/sites/28/2020/12/UK-VR-Proofpoint-Report-2020-Cost-of-Insider-Threats.pdf (дата обращения: 11.09.2021).
2. Hassan W.U., Bates A., Marino D. Tactical provenance analysis for endpoint detection and response systems // 2020 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). – IEEE, 2020. – С. 1172–1189.
3. Lu Y. et al. Collaborative graph-based mechanism for distributed big data leakage prevention //2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM). – IEEE, 2018. – С. 1–7.
4. Dahia G., Jesus L., Pamplona Segundo M. Continuous authentication using biometrics: An advanced review //Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. – 2020. – Т.10. – №4. – С. e1365.
5. Aparicio-Navarro F.J. et al. Using the pattern-of-life in networks to improve the effectiveness of intrusion detection systems //2017 IEEE International Conference on Communications (ICC). – IEEE, 2017. – С. 1–7.

УДК 629.7.02

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ ОПЕРАТОРУ

Здорников Е.О.

Научный руководитель – Попов И.Ю., профессор, доктор физико-математических наук, профессор научно-образовательного центра математики, научный сотрудник института перспективных систем передачи данных

e.zdornickow2012@yandex.ru

На сегодняшний день в коммерческих беспилотных летательных аппаратах присутствуют десяток датчиков, которые позволяют корректно выполнять поставленную задачу. Одной из главных задач является задача навигации дрона в пространстве. Для этого используется спутниковая навигация: GPS, ГЛОНАС. У такого способа навигации несмотря на легкость применения, есть ряд существенных недостатков. Самый главный недостаток - невозможность эксплуатации беспилотного судна внутри зданий. Отсутствие реальной альтернативы глобальным спутниковым системам позиционирования делает невозможным применение БПЛА внутри зданий и сооружений или попросту при отсутствии стабильного спутникового сигнала.

На мировом рынке коммерческих летательных аппаратов присутствуют только экспериментальные модели, которые позволяют квадрокоптеру самостоятельно (без управления оператором) перемещаться внутри помещения основываясь на данных датчиков. Так, например, российская компания NTRobotics представила коммерческий летательный аппарат, который может ориентироваться в 3D пространстве основываясь на компьютерном зрении. Также ведут собственные разработки известные в мире коммерческих БПЛА компания DJI, но подробности не раскрываются.

Основная часть. В данной работе рассматриваются способы навигации, используемые в гражданской авиации, а также проведен сравнительный анализ между системами навигации малых и средних беспилотных летательных аппаратов и гражданской авиацией. Приведены способы indoor навигации беспилотных летательных аппаратов с помощью lidar, стереокамер, ультразвуковых датчиков на основе различных алгоритмов обработки данных.

В качестве альтернативы существующим способам предлагается способ навигации дрона с помощью встроенной бортовой монокулярной камеры и дополнительного дальномера в виде ультразвукового датчика. Вычисления производятся с помощью сверточных нейронных сетей на удаленном GPU.

В качестве оборудования для данного исследования были проанализированы несколько типов коммерческих дронов. Часть из них имеет закрытое программное обеспечение и не имеется доступа к разработкам компании. Из самых популярных в таком сегменте можно выделить компанию DJI, которая уже имеет серьезные наработки в области навигации. Вторая часть дронов являются частью открытых (open source) проектов. В подобных системах меньше возможностей и наработок, но это позволяет работать с аппаратным обеспечением и не проделывать работу по связыванию систем. Для работы был спроектирован небольшой дрон, который может достигать больше времени работы при хорошей маневренности и быстрой скорости.

Размеры дрона позволяют ему летать в относительно тесных помещениях и при этом иметь на борту полезную нагрузку до 400 граммов с оптимальным временем полета. Используются шести или семи дюймовые пропеллеры, а также двух или трех лопастные. Подбор пропеллеров зависит от необходимости изменить скорость (приемистость) или повысить время полета. Выбор аккумуляторной батареи подразумевается делать исходя из нагрузки и необходимого времени полета. В ходе проведенных исследований была выбрана

LiPo батарея с напряжением 14,8V (4S), емкостью 2800 мА и токоотдачей 100C. Общая масса дрона с установленной батареей составляет 500 грамм.

Для обработки были выбраны сверточные сети, которые наиболее популярны на сегодняшний день: ResNet, DenseNet, EfficientNet. Для обучения был создан датасет из чуть более 1000 картинок. Съемка происходила на бортовую камеру квадрокоптера RunCum Split 2 с углом обзора 140 градусов. Для устранения дисторсии использовался функционал библиотеки cv2. Для получения лучшего результата были взяты пред обученные модели ResNet-152, DenseNet-201, EfficientNet-b0. На вход модели подавалась картинка с бортовой камеры, а на выходе ожидалась бинарная классификация для остановки или продолжения следования дрона.

Также помимо EfficientNet-b0 была протестирована EfficientNet-b7 для сравнения сетей с различным количеством слоев

Выводы. Точность между всеми обученными моделями разнилась максимум в пределах 10%. Самой точной моделью в серии экспериментов получилась нейронная сеть DenseNet-201 с показателем точности, достигшим 90%. Время обучения каждой модели отличался на 10 – 15 минут. Обучения одной модели происходило около 2,5 часов на GPU.

EfficientNet-b0 немного уступила первой модели и смогла достигнуть 88% точности. В свою очередь ResNet-152 показала себя немного хуже, чем предыдущие модели достигнув примерно 86% точности. Самую плохую точность показала модель EfficientNet-b7, которая только смогла преодолеть порог в 80%/

Модели в своем чистом виде не позволяют сделать полное беспилотное транспортное средство, но они могут применяться совместно с ультразвуковыми датчиками для достижения лучших результатов в indoor навигации.

По результатам данного исследования, можно говорить о том, что в качестве альтернативы спутниковой навигации в недалеком будущем можно использовать визуальную и инерциальную навигацию для определения расположения беспилотного летательного аппарата в пространстве в качестве основной или дублирующей системы.

УДК 621.314.57

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКОГО СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Иванов А.В.

Научный руководитель – Поляков Н.А., кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники, ведущий научный сотрудник научно-производственного центра "Прецизионная электромеханика"

alexanderivoff86@gmail.com

Ключевые слова

СТАТКОМ, коэффициент мощности, перетоки мощностей, уровень напряжения, показатели качества электрической энергии, нагрузка.

СТАТКОМ, будучи компенсатором поперечного типа, подключается параллельно нагрузке в том узле электроэнергетической системы, где имеется необходимость контроля перетока реактивной мощности.

Обмен активной P_2 и реактивной Q_2 мощностью между сетью и СТАТКОМ [1] представлены в формулах (1) и (2) соответственно.

$$P_2 = \frac{U_2 U_1}{X_s} \sin \delta \,, \tag{1}$$

$$Q_2 = \frac{U_1}{X_s}(U_1 - U_2 \cos \delta), \tag{2}$$

где U_1 – напряжение сети, к которому подключен СТАТКОМ, U_2 – выходное напряжение СТАТКОМ, δ – фазовый сдвиг (угол) между данными напряжениями, X_s – импеданс между СТАТКОМ и сетью (Ом).

Количество передаваемой реактивной мощности зависит от величины разницы между напряжениями, в то время как направление потока определяется тем, будет ли выходное напряжение СТАТКОМ выше или ниже переменного напряжения сети.

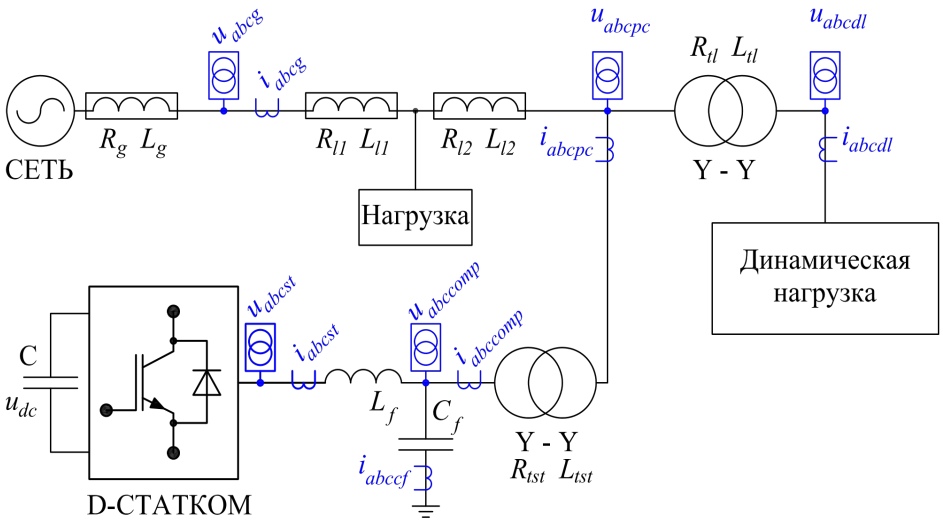


Рис. 1 – Упрощенная модель конфигурации распределительного СТАТКОМ

На рисунке 1 показана упрощенная модель D-СТАТКОМ. Трехфазные относительные величины U_{abcpc}, i_{abcpc}, u_{abcst}, i_{abcst} описываются как напряжение и ток в PCC, выходное

напряжение D-СТАТКОМ и выходной ток D-СТАТКОМ соответственно, причем принимаемая базовая мощность для пересчета в относительные единицы принимается как мощность D-СТАТКОМ. На рисунке 2 показана структура управления D-СТАТКОМ, подключенного к сети. Трехфазные величины преобразуются во вращающуюся систему координат (*dq*) для упрощения проектирования и лучшего отслеживания системой управления [2]. В конце концов, эти управляющие сигналы преобразуются обратно в трехфазную систему отчета *abc* и передаются в D-СТАТКОМ. В режиме работы с привязкой расчет угла θ между вращающейся системой координат *dq* и неподвижной системой координат *abc* обеспечивается фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ или PLL – phase locked loop). Синусоидальная широтно-импульсная модуляция (СШИМ) используется для генерации стробирующего сигнала для D-СТАТКОМ.

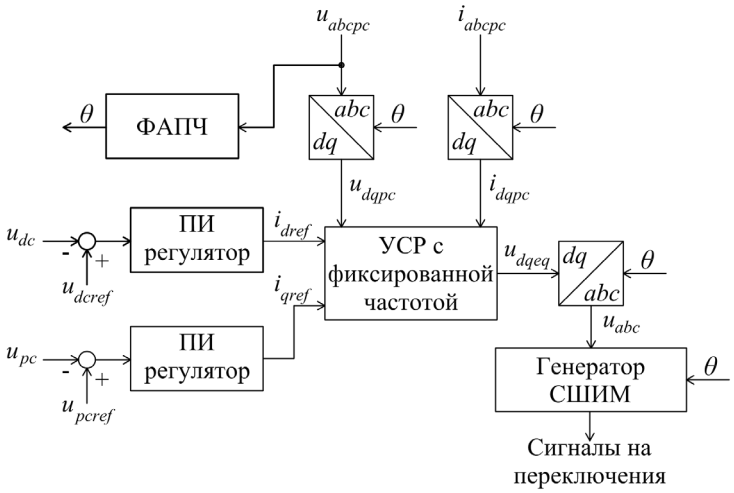


Рис. 2 – Структура управления D-СТАТКОМ

Эквивалентный закон управления УСР (управление скользящим режимом) u_{eq} и закон управления ШИМ должны быть разработаны для выполнения управления фиксированной частотой переключения ШИМ [3]. Два эквивалентных закона управления для осей *d* и *q* описываются как [4]:

$$\begin{aligned} u_{deq} &= \frac{1}{u_{dc}}\left[-\varepsilon_d \cdot sgn(S_d) - k_d S_d - L_s \cdot \omega \cdot i_{qpc} + u_{dpc}\right] \\ u_{qeq} &= \frac{1}{u_{dc}}\left[-\varepsilon_q \cdot sgn(S_q) - k_q S_q + L_s \cdot \omega \cdot i_{dpc} + u_{qpc}\right] \end{aligned}. \quad (3)$$

Эквивалентный закон управления по (3) для оси d, выраженный в структурной схеме представлен на рисунке 3.

Что касается переменных ε_d, ε_q, k_d, k_q, то можно записать [4]:

$$\begin{aligned} k_d &> 0 \\ k_q &> 0 \\ \varepsilon_d &> \left|R_s \cdot i_{dref} + L_s \cdot i^*_{dref}\right| \\ \varepsilon_q &> \left|R_s \cdot i_{qref} + L_s \cdot i^*_{qref}\right| \end{aligned}. \quad (4)$$

Выбор параметров для УСР очень важен. Увеличение значений параметров приводит к появлению дребезга. Точно так же уменьшение значений параметров влияет на время сходимости сигнала. Следовательно, значения параметров должны быть выбраны на основе компромисса между этими двумя методологиями выбора таким образом, чтобы он давал плавный выходной сигнал без вибраций и быструю сходимость.

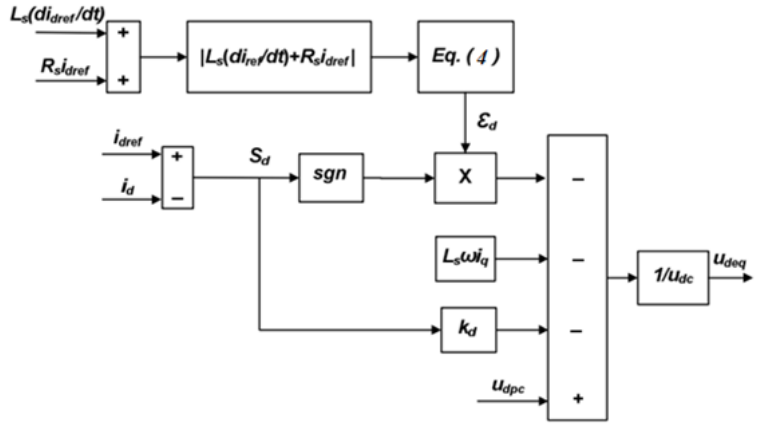


Рис. 3 – УСР для оси d D-СТАТКОМ

Таблица 1

Параметры системы управления

Символ	Параметр	Значение
ε_d	Параметры FFSMC	0,01
ε_q		0,01
k_d		0,8
k_q		0,65
k_{p_dc}	Пропорциональные и интегральные коэффициенты ПИ-регуляторов для задания по напряжению u_{dc}	2
k_{i_dc}		400
k_{p_pc}	Пропорциональные и интегральные коэффициенты ПИ-регуляторов для задания по напряжению u_{pc}	1
k_{i_pc}		2150

Таблица 2

Основные электрические параметры предлагаемой модели

Обозначение	Параметр	Значение
u_{pc}	Напряжение в PCC	35 кВ
P_{load}	Активная мощность нагрузки	3 МВт
Q_{load}	Реактивная мощность нагрузки	2 МВар
$\cos\phi$	Коэффициент мощности нагрузки	0,8321
f_{grid}	Частота сети	50 Гц
R_s	Сопротивление цепи СТАТКОМ	0,0074 о.е.
L_s	Индуктивность цепи СТАТКОМ	0,2469 о.е.
f_{stat}	Частота переключения ключей	3000 Гц
$Q_{STATCOM}$	Мощность СТАТКОМ	6 МВар
u_{dc}	Напряжение звена постоянного тока	2,4 кВ
C_{dc}	Емкость звена постоянного тока	0,0156 Ф
L_f	Индуктивность фильтра	0,165 мГн
C_f	Емкость фильтра	0,4 мФ

В процессе моделирования в момент времени 0,2 с происходит сброс нагрузки с 1 о.е. (при $P_{load} = 3$ МВт; $Q_{load} = 2$ МВар) до 0,5 о.е., затем в момент времени 0,4 с происходит наброс нагрузки с 0,5 о.е. до 1,5 о.е., а в момент времени нагрузка возвращается к исходным значениям с 1,5 о.е. до 1 о.е. Данные процессы повторяются для режима без СТАТКОМ (рис.4) и со СТАТКОМ (рис.5).

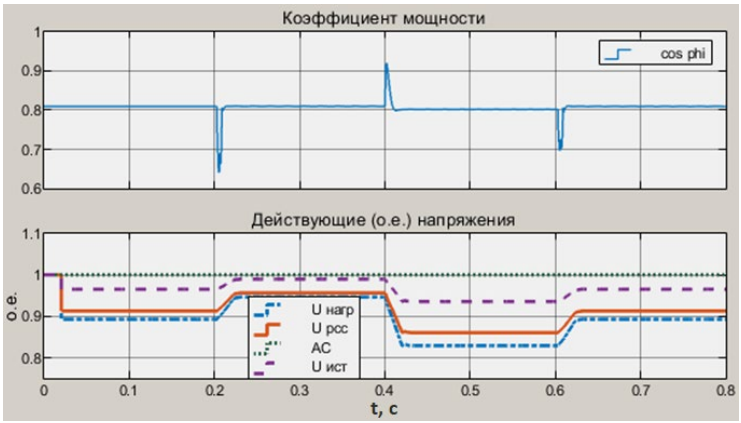


Рис. 4 – Реакция системы в случае отсутствия СТАТКОМ

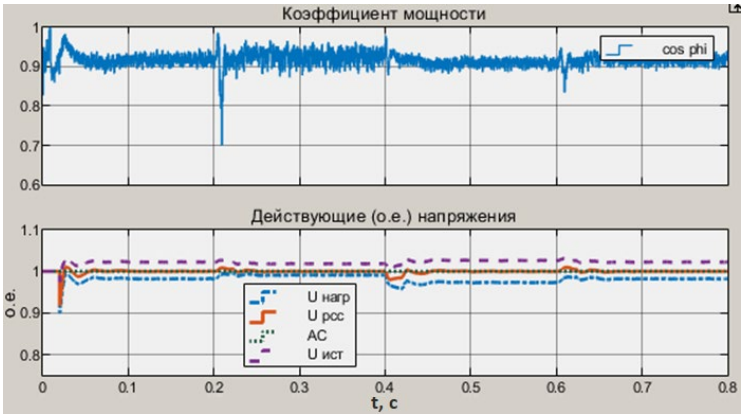


Рис. 5 – Реакция системы на возмущения в случае присутствия СТАТКОМ

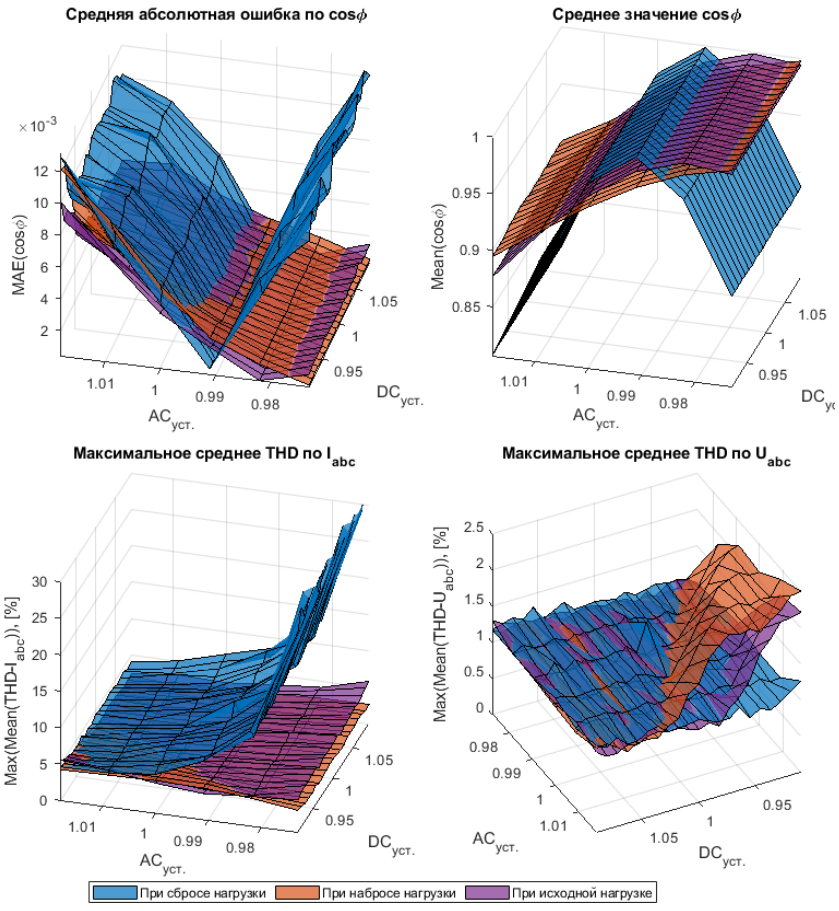


Рис. 6 – Усеченные поверхности при изменении AC и DC

Со стороны уставки АС (рис.6) в системе управления имеется сильное влияние на выходные параметры, для каждого случая изменения нагрузки (сброс, наброс и номинальная нагрузка) имеется свой максимум коэффициента мощности, что означает необходимость подбора данной уставки в режиме реального времени, однако максимальный коэффициент мощности можно достигнуть только при пониженном напряжении. Тогда, модифицировав систему управления с переключением режимов (максимальный коэффициент мощности КМ или стабильный уровень напряжения $|U|$), полученные результаты на выходе представятся следующим образом:

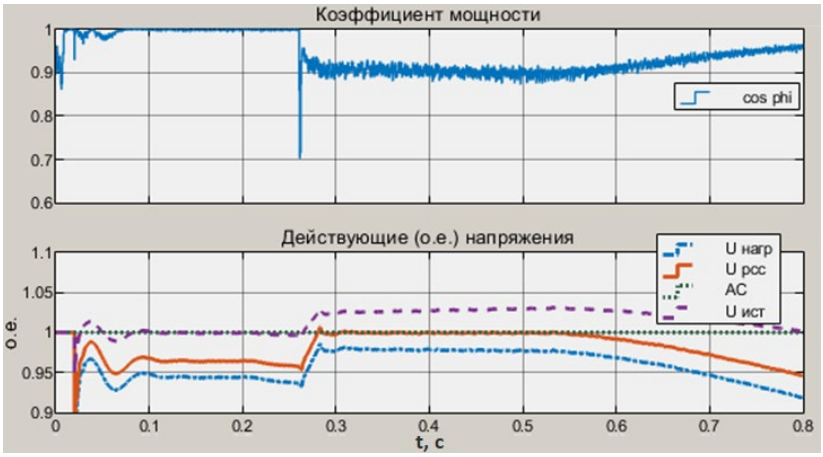


Рис. 7 – КМ и |U| с динамическим ростом Рнагр

	среднее			макс. среднее		средние мощности искажений			Пульсации U
	cos_fi	U_dc	u_load	THD_I	THD_V	Ts-	Dv	Di	
Сброс нагрузки	0.9988	1	0.9756	7.809	1.056	2.51e+04	5703	2.444e+04	0.4029
Наброс нагрузки	0.999	0.9999	0.9274	2.923	1.029	2.521e+04	1.48e+04	2.03e+04	0.3642
Обычная нагрузка	0.9984	1	0.9503	4.409	1.101	2.574e+04	1.122e+04	2.31e+04	0.4039

	среднее			макс. среднее		средние мощности искажений			Пульсации U
	cos_fi	U_dc	u_load	THD_I	THD_V	Ts-	Dv	Di	
Сброс нагрузки	0.9257	1	0.9909	5.14	1.057	2.833e+04	6253	2.762e+04	0.4081
Наброс нагрузки	0.9101	1	0.9731	2.142	1.193	3.725e+04	2.053e+04	3.097e+04	0.5898
Обычная нагрузка	0.9183	1	0.9821	2.69	1.045	2.784e+04	1.226e+04	2.495e+04	0.3672

Рис. 8 – Выходные параметры системы при управлении коэффициентом мощности и уровнем напряжения соответственно

В целом воздействия стратегий управления на выходные параметры системы не отличаются. Данные системы обеспечивают соответствие коэффициента искажения синусоидальности кривой междуфазного (фазного) напряжения по ГОСТ 32144-2013 для сетей 35 кВ, а именно не более 4% (рис.7 и 8).

В рамках оптимизации показателей качества в системе со статическим синхронным компенсатором проведена разработка модифицированного внешнего контура управления коэффициентом мощности и внешнего контура управления с совмещением функций контроля уровня напряжения и коэффициента мощности.

В ходе многочисленных моделирований актуальные проблемы постоянно усложняющейся и растущей электроэнергетической системы, преимущественно связанных с уровнем потерь напряжения и электрической энергии, с качеством электроэнергии, с пропускной способностью электротехнических средств, с управляемостью и демпфированием колебаний режимных параметров системы – были решены с использованием СТАТКОМ. В зависимости от режима работы можно достигнуть желаемых показателей энергетического характера и должных показателей качества электроэнергии, обеспечив при этом надежное качественное электроснабжение.

Список использованных источников

1. Mengi O.O. Comparison of MPC based advanced hybrid controllers for STATCOM in medium scale PEM fuel cell systems [Text] // International journal of Hydrogen Energy. – 2020. – №45. – Pp. 23327–23342.
2. Ahmed T., Waqar A., Hussain T., Al-Ammar E.A., Zahid M., Habib H.U.R. Fractional order sliding mode control for voltage source voltage converters under reconfiguration // Electr. Eng. Comput. Sci. (RAEE CS). – 2020. – Pp. 1–6.
3. Sebally F., Vahedi H., Kanaan H.Y., Moubayed N., Al-Haddad K. Sliding Mode Fixed Frequency Current Controller Design for Grid-Connected NPC Inverter // IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. – V. 4. – №4. – Dec. 2016. – Pp. 1397–1405.
4. Toqeer A. Application of Fixed Frequency Sliding Mode Control for D-STATCOM in Power Systems [Text] / A. Toqeer, H. Syed, W. Asad, A. Armghan // IBCAST. – 2021.

УДК 347.77

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ПАТЕНТНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В СФЕРЕ ФАРМАЦЕВТИКИ

Иващенко В.В.

Научный руководитель – Николаев А.С., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций, директор центра развития института интеллектуальной собственности, патентовед центра трансфера технологий

vvivashchenko@itmo.ru

Ключевые слова

Интеллектуальная собственность, патентно-информационная поддержка, управление, патентная аналитика, фармацевтика.

На сегодняшний день корпорации, крупные компании и концерны стремятся создать свои собственные отделы по работе с интеллектуальной собственностью и привлекать консалтинговые компании только к решению точечных наиболее сложных нетривиальных задач. Однако формирование такой структуры в организации, поиск кадров, их интеграция в работу других отделов, особенно отделов разработки продуктов и в том числе интеллектуальной собственности, обеспечение всеми необходимыми ресурсами такого отдела (патентными базам, сервисами по постановке и контролю за выполнением задач и т.п.) – едва ли не более сложная задача. Когда организация обладает ярко выраженной спецификой, как например, область фармацевтики, добавляется ещё одно условие – специалисты в области интеллектуальной собственности должны понимать жизненный цикл разработки лекарственных препаратов, особенности объектов ИС в данной сфере и прочие факторы, которые отражаются на формате работы патентного отдела компании.

Целью исследования данной работы являлась разработка алгоритма работы патентного отдела фармацевтической компании полного цикла по организации инновационной деятельности, связанной с созданием и выведением на рынок новых лекарственных препаратов.

В научной и прикладной литературе алгоритмы работы патентных отделов почти не представлены, выделить можно только несколько работ ученых из Китая, которые полностью связывают работу патентного отдела с жизненным циклом разработки продукта. В данной работе разработку алгоритма работы патентного отдела фармацевтической компании было решено выстроить на основе жизненного цикла разработки оригинальных лекарственных препаратов, который подробно описан и проанализирован в работе. В процессе формирования работы автором было проведено включенное наблюдение в рамках стажировки в фармацевтической компании полного цикла в R&D-центре, в результате которой были выявлены основные потребности сотрудников R&D-центра в патентно-информационной поддержке на разных фазах разработки (этапе фундаментальных исследований, разработки in silico – компьютерного моделирования, доклинических, клинических испытаниях и в процессе регистрации препарата, а также пострегистрационной работе).

Благодаря такому подходу в работе были достигнуты все поставленные задачи, а именно:

1) Проанализировать ключевые стратегии формирования патентного портфеля фармацевтической компании полного цикла:

Базовая классификация стратегий формирования портфеля исходит из типа инноваций, которые лежат в его основе, так как она определяет объекты, которые войдут в портфель. Если для компании одинаково ценны принципиально разные виды инноваций, которые составляют портфель, то компания будет вынуждена диверсифицировать их и применять разные

стратегии как в области формирования таких портфелей, так и в области дальнейшего управления. При любом типе инноваций может быть применена сложная, но эффективная стратегия «distinct-but-related individual patents». Стратегия формирования портфеля за счет обхода патентов хоть и считается агрессивной, имеет место быть в современной бизнес-практике.

2) Разработать авторское определение патентно-информационной поддержки в интересах фармацевтической компании полного цикла:

Патентно-информационная поддержка – комплекс мер, упорядоченный в единый процесс, интегрированный в разработку продукта (например – лекарственного препарата) для целей удовлетворения информационных потребностей участников разработки посредством патентно- информационного поиска, анализа результатов поиска, их аналитико-синтетической обработки с целью запустить на базе разрабатываемого продукта жизненный цикл РИДа (создание, планирование, охрана, оценка, капитализация, коммерциализация) в рамках реализации миссии по качественному управлению портфелем ИС организации.

3) Сформулировать основные требования участников рынка к корпоративному ландшафту как к инструменту патентной аналитики:

Корпоративный ландшафт (внутренний ландшафт) – ландшафт, построенный по существующему портфелю интеллектуальной собственности, либо для проектирования такого портфеля на предприятии для целей, во-первых, информирования сотрудников о плане работ с объектами внутри портфеля, во-вторых, для оценки существующих поставщиков технологий или существующих покупателей технологий в зависимости от типа предприятия. Корпоративный ландшафт первого уровня может быть построен на готовых патентах компании, но если корпоративный ландшафт будет разрабатываться на старте проектной деятельности, то сможет вобрать в себя гораздо больше объектов.

4) Определить принципы работы сервиса патентно-информационной поддержки как к инструменту управления портфелем фармацевтической компании полного цикла:

Патентно-информационная поддержка, образующаяся на стыке патентной аналитики и информационной поддержки сотрудников предприятия, направлена на удовлетворение информационных потребностей, принятие решений на базе данных, формирование управления нового качества за счет взаимной интеграции внутренних процессов и достижения высокого уровня прозрачности в отношении результатов приводит к формированию побочных продуктов – знаний, которые могут видоизменять структуру жизненного цикла проекта / продукта. Эти знания должны быть аккумулированы и сохранены на предприятии, систематизированы и выстроены в сервис с разным уровнем доступа для участников процесса производства и продвижения продукта.

5) Предложить структуру взаимодействия подразделений внутри фармацевтической компании полного цикла с внедренным сервисом патентно-информационной поддержки (рис.1).

6) Разработать архитектуру сервиса патентно-информационной поддержки для фармацевтических компаний полного цикла:

Архитектура включает в себя общее представление о взаимодействии пользователей, формировании сущностей в системе и формированию жизненного цикла сущностей в рамках жизненного цикла РИД (результата интеллектуальной деятельности).

В работе сформировано описание групп пользователей (Руководитель компании, Руководитель отдела патентно-информационной поддержки, R&D-специалист, Сотрудник отдела патентно-информационной поддержки и т.д.) с указанием прав, которыми они обладают внутри сервиса, в том числе по созданию сущностей и их продвижению по жизненному циклу. Список сущностей представлен всеми возможными объектами интеллектуальной собственности, а также документами, сопровождающими процесс перехода объекта из РИД в ОИС (отчет о патентном поиске, заявка на регистрацию и т.д.).

7) Разработать интерфейсы автоматизированного сервиса патентно-информационной поддержки для фармацевтических компаний полного цикла:

В работе приводятся только ключевые доски, а именно руководителя компании и руководителя патентно-информационного отдела, как основных акторов в работе по принятию решений в отношении объектов интеллектуальной собственности.

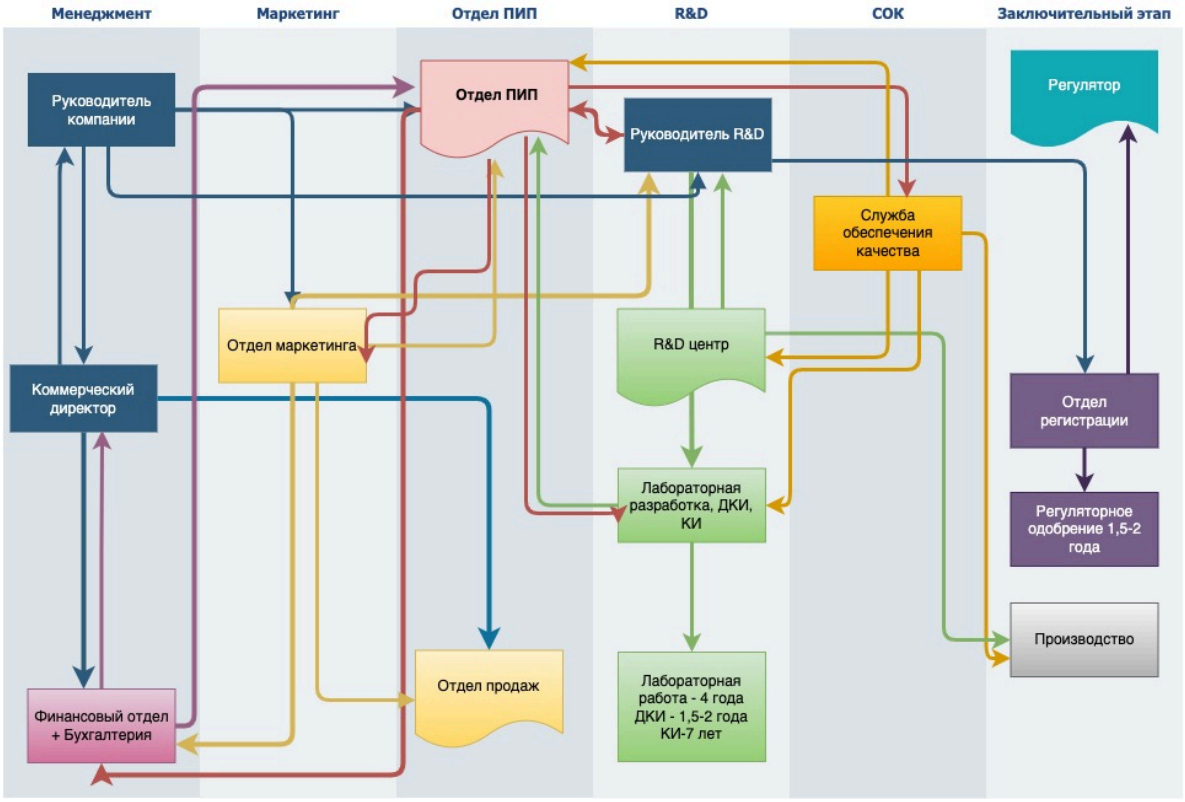


Рис. 1 – Схема взаимодействия отделов фармацевтической компании полного цикла, реализующих подход патентно-информационной поддержки [построено автором]

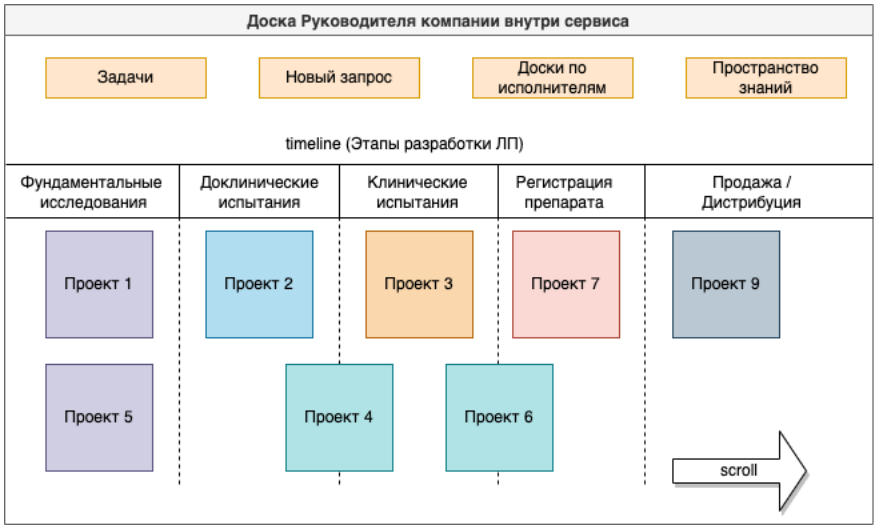


Рис. 2 – Доска Руководителя компании внутри сервиса [построен автором]

В описание интерфейса содержатся функции кнопок, переходы с одной доски на другую, назначение элементов, присутствующих на доске. Страницы, которые открываются при нажатии на кнопку также описаны в работе.

Доска руководителя состоит из кнопок, активирующих новые окна, карточек проектов и таймлайна разработки, который может быть более детализированным. Предполагается, что в настройках руководитель может настроить глубину детализации для главного экрана. Для первичного примера взяты этапы разработки лекарственного препарата взяты максимально широко. При увеличении количества этапов доску можно будет сдвигать влево, тем самым

скролить основную часть страницы. Шапка интерфейса при этом не сдвигается. Проекты, расположенные между двумя фазами, считаются проектами, ожидающими принятия решения о продолжении исследований, т.е. о переходе на следующую фазу. Цвета карточек проектов определяются фазой, однако, в данном сервисе предполагается выбирать любой цвет / картинку или изобразительный элемент для подложки. В случае, когда товарный знак для препарата выбран, он может быть помещен в качестве подложки, чтобы было удобнее идентифицировать его в системе.

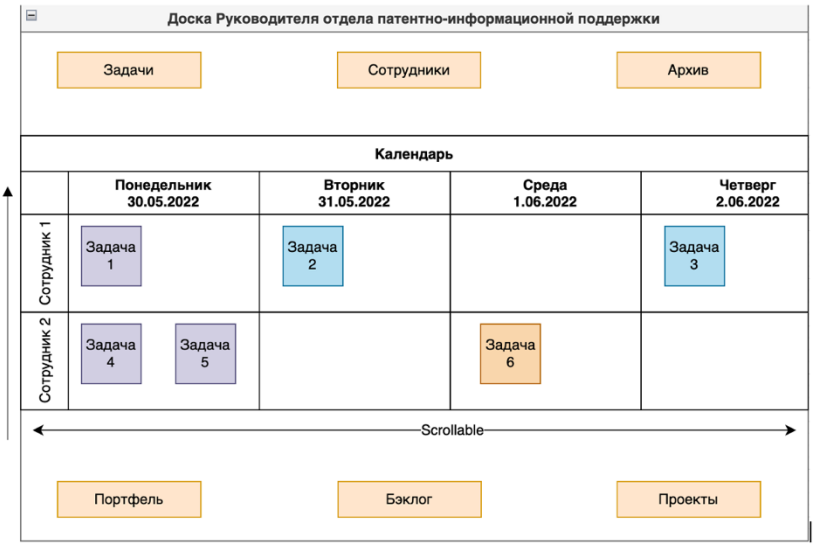


Рис. 3 – Доска Руководителя отдела патентно-информационной поддержки [построен автором]

Для более детальной разработки такой системы необходимо проводить исследования в области юзабилити и ux-дизайна с участием конечного потребителя.

Таким образом, в работе сформулированы и описаны стратегии формирования портфелей фармацевтических компаний в зависимости от типа инноваций, которые они производят. Работа содержит литературный обзор, рассматривающий стратегии управления патентным портфелем, на примере фармацевтического сектора. Сформулировано понятие корпоративного ландшафта как инструмента по развитию патентного портфеля, дана краткая характеристика его значения. В работе описана технология патентно-информационной поддержки, сформулировано авторское определение патентно-информационной поддержки, приведена схема взаимодействия подразделений фармацевтической компании полного цикла с интегрированным отделом патентно-информационной поддержки участников. Разработана архитектура и интерфейс сервиса патентно-информационной поддержки предприятия.

Список использованных источников

1. Котенева О.Е., Николаев А.С. Методы управления интеллектуальной собственностью: учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2020. – 108 с.
2. Новрузов Б.А. Фармацевтическая промышленность и интеллектуальная собственность // Право интеллектуальной собственности. – 2017. – С. 108–118.
3. Nikolaev A.S., Maximova T.G., Ivashchenko V.V., Sennikova A.V., Cherkashina A.A. Effectiveness of patinformatics research for building IP management strategy in a pharmaceutical enterprise // 11th Computer Science On-line Conference 2022 CSOC2022 – 2022. DOI:10.1007/978-3-031-09070-7_21.
4. WIPO Patent drafting Manual. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.wipo.int/publications/ru/details.jsp?id=297 (дата обращения: 01.02.2022).
5. Zhang X. Measuring strategic technological strength: Patent Portfolio Model. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120119 (дата обращения: 02.02.2022).

УДК 339.1; 339.133.017; 339.138

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО СПРОСА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Иващенко Я.С.

Научный руководитель – Орлова О.Ю., кандидат технических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций, доцент научно-образовательного центра инфохимии, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных технологий в инфохимии

yana.05.01.98@inbox.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №619404 «Обеспечение коммерциализации и капитализации проектов в области Life Science в ситуации цифровой трансформации инновационных социально-экономических систем».

Ключевые слова

Исследование спроса, безглютеновая продукция, анализ целевой аудитории, тенденции рынка, покупательский спрос, PESTEL- анализ.

При существовании в условиях развитой конкуренции перед компаниями остро стоит вопрос адаптации к изменениям потребительского спроса и привлечения внимания потребителей за счет вывода на рынок новинок, дифференцирования продукции. Производители уделяют особое внимание вопросам, связанным с продвижением новых товаров, на пути от производства до реализации потребителям. Результат разрешения этих вопросов во многом обусловлен тем, насколько правильно были приняты решения в части выбора каналов коммуникаций с потребителями, методов распределения продукции, выбора места сбыта и продаж продукции, разнообразия ассортимента и характеристик, и качества реализуемой продукции. Прежде чем принимать решения в части одного из обозначенных вопросов следует изучить информацию и провести необходимые исследования. Одним из необходимых исследований является изучение спроса на продукцию, причем исследование, как и перед выводом нового продукта на рынок, так и период его реализации.

Цель данной работы состоит в разработке мероприятий по совершенствованию применяемых в компании FOODCODE методов исследования покупательского спроса с целью обоснования коммерческих решений организации.

Объектом исследования является компания FOODCODE, которая занимается производством и реализацией продукции без содержания глютена.

Перед запуском производства и продаж владельцами бренда было проведено исследование потенциального спроса на продукцию и будущего рынка сбыта и продаж. При анализе данного процесса автором были выявлены основные проблемы:

1. Сложность получения информации в части безглютеновой продукции из-за недостаточной сформированности рынка.
2. Большие затраты на получение информации.
3. Сложность обработки больших массивов данных.
4. Получение представления о рынке не дает представление о том каким должен быть продукт.
5. Большой упор на количественные данные не дал ожидаемых результатов.
6. Анализ потребностей потребителей показал неактуальность количественных данных о рынке.

Для решения обозначенных проблем в рамках данной работы разработан алгоритм мероприятий по совершенствованию, применяемых в компании FOODCODE методов исследования покупательского спроса (таблица).

Таблица

Алгоритм исследования спроса

Наименование блока	Элемент алгоритма
Целеполагание	Постановка целей и задач исследования Выбор подхода к изучению спроса
Сбор информации	Выбор источников информации о спросе Применение метода сбор информации о спросе Проведение опроса, анкетирования, интервью
Обработка информации	Визуализация полученных данных Выявление тенденций изменения спроса Выявление факторов, влияющих на спрос
Анализ собранной информации	Выявление целевой аудитории Анализ целевых персон Построение модели потребительского поведения Дизайн-мышление Customer Development Конкурентный анализ PESTEL- анализ Построение прогноза развития спроса на продукцию
Обоснование коммерческих решений	Выбор места сбыта и продаж продукции Определение объемов производства и реализации Выбор каналов коммуникации с потребителями Разработка и оценка альтернативных решений

Алгоритм представляет собой последовательность действий из пяти блоков. Каждый блок определяет собой обобщение вида деятельности на определенном этапе исследования спроса и содержит несколько смысловых элементов исследования.

В процессе разработки алгоритма был изучен спрос на безглютеновую продукцию FOODCODE, однако практическая значимость проведенного исследования состоит в возможности применения данного алгоритма по отношению к другим рынкам, продукции, компаниям. Однако в каждом конкретном случае алгоритм подлежит корректировке и актуализации в зависимости от потребностей организации, особенностей рынка и исследуемой продукции.

Большое внимание в работе уделяется моделированию и изучению потребительского поведения: чем точнее удастся создать модель поведения потребителей, тем более точно можно предсказывать, как будут они себя вести в разных ситуациях покупки товара [1]. В основе построенной модели потребительского поведения лежит типовая модель [2].

В процессе анализа рынка безглютеновой продукции были выявлены основные тенденции:

- рост числа предложений безглютеновых продуктов за прошлый год составил 71%;
- объем поиска предложений потребителями в интернете возрос до 173% [3];
- наблюдается расширение ассортимента безглютеновой продукции на полках магазинов;
- возрастает доля продукции отечественных производителей на российском рынке;
- одним из самых востребованных продуктов остаются хлебобулочные изделия, а также кондитерские изделия;
- основным требованием потребителей на рынке является доступная цена, и рынок уже предлагает продукцию по более низким ценам, чем в начале своего пути развития;
- возрастает количество случаев диагностики целиакии и аллергии на глютен, что способствует росту спроса на продукцию;
- большинство потребителей без пищевых ограничений в потреблении глютена ассоциируют безглютеновую продукцию с более здоровой пищей, подходящей для людей, придерживающихся здорового образа жизни.

Таким образом, разработанный алгоритм помогает систематизировать и упорядочить процесс исследования спроса. В процессе разработки алгоритма была предпринята попытка рассмотреть процесс изучения спроса и рынка безглютеновой продукции с разных сторон, чтобы в дальнейшем на основе его результатов принимать наиболее рациональные и оптимальные управленческие решения.

По итогу ВКР разработаны:

1. Сформулированы характеристики понятия “спрос”, описано влияние факторов, оказывающих влияние на спрос.
2. Описан процесс построения модели потребительского поведения.
4. Дана оценка текущего состояния компании FOODCODE.
5. Предложено использование PESTEL- анализа для определения тенденций развития рынка и определения места компании FOODCODE на рынке.
6. Сформирован и частично апробирован алгоритм исследования покупательского спроса на материалах компании FOODCODE.
7. Сформированы подходы и методы к оценке эффективности мероприятий по совершенствованию применяемых методов исследования покупательского спроса.
8. Сформулированы альтернативные коммерческие решения для компании FOODCODE в части увеличения спроса на безглютеновую продукцию.

Дальнейшие исследования направлены на апробацию алгоритма изучения покупательского спроса на примере иного вида продукции и связанную с этим его доработку и адаптацию.

Список использованных источников

1. Кормина О.И. Моделирование поведения потребителей : учебное пособие / О.И. Кормина. — Тольятти: ТГУ, 2018. — 181 с. — ISBN 978-5-8259-1201-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/139673 (дата обращения: 27.03.2022).
2. Сидорова С.А. Маркетинг: учебно-методическое пособие / С.А. Сидорова. — Самара: СамГУПС, 2020. — 96 с. — ISBN 978-5-6044457-2-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/161309 (дата обращения: 27.03.2022).
3. Как растет рынок безглютеновой продукции в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://savita-eco.com/kak-rastet-rynok-bezglyutenoj-produkczij-v-rossii/ (дата обращения: 15.04.2022).

УДК 338.45

БИЗНЕС-ТЕЗИС "FLEXLITE": РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЯМ ГИБКИХ ДИСПЛЕЕВ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Игнатьев В.А.

Научный руководитель – Желтова В.В., директор инжинирингового центра "M2M телемеханика и приборостроение"

vadimchegnach@gmail.com

Ключевые слова

Гибкий дисплей, автомобильная промышленность, органический ЖК-дисплей, TFT, OLCD.

За последние 15 лет размеры автомобильных дисплеев значительно выросли. Сначала они были очень маленькими, но с тех пор они становились все больше и больше. Они менялись много раз: несколько дисплеев сливались в один, разрешение становилось все выше, а отображаемая информация становилась все более всеобъемлющей. Если в 2005 году дисплеи в среднем имели размеры от 3,5 до 5 дюймов, то к 2021 году они получили размеры Pillar-to-Pillar, как показано на рисунке 1 [1].

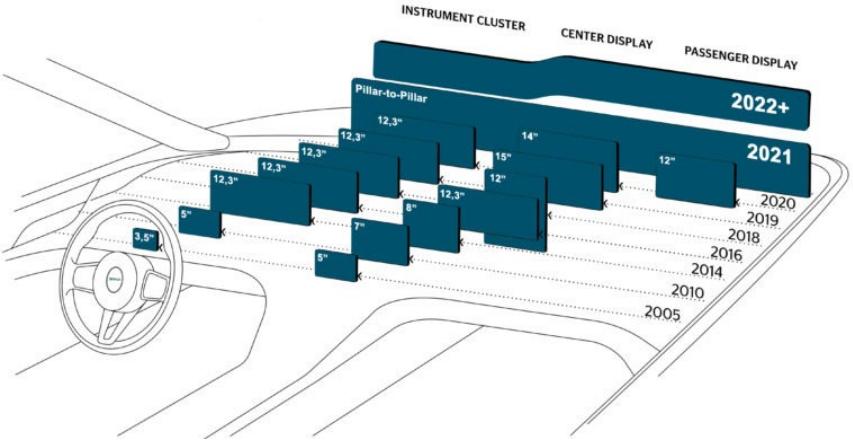


Рис. 1 – Тенденция увеличения размеров автомобильных дисплеев

Доминирующей технологией отображения на данный момент является Жидкокристаллический дисплей (LCD). ЖК-дисплей — это тип плоскопанельного дисплея, в котором используется технология жидких кристаллов. Существует большое количество вариантов ЖК-дисплеев для различных применений и потребителей. Поэтому ЖК-дисплеи стали чрезвычайно популярными и использовались в телефонах, смартфонах, телевизорах, мониторах и различных панелях.

Как ЖК-дисплеи вытеснили старые технологии отображения, так и сейчас идет активная замена данной технологии на OLED дисплеи. В данных дисплеях отсутствует подсветка, так как диоды подсвечиваются самостоятельно. Яркость подсвечивания зависит от количества приложенного напряжения. Соответственно, если не подавать ток на светодиод, то свечения не будет и за счет того OLED дисплей имеет настоящий черный цвет.

Из-за отсутствия подсветки, такие дисплеи получаются более тонкими, что является преимуществом перед LCD дисплеями. Это также влияет на массу устройства и энергопотребление, так как из-за отсутствия дополнительного слоя в виде подсветки, снижается масса. Низкое энергопотребление достигается за счет самоподсвечивания определенных пикселей, в то время как у LCD дисплеев подсветка включена постоянно при работе.

Однако и у данной технологии есть недостатки. Срок службы такого дисплея меньше, чем у LCD-дисплея, так как некоторые пиксели на OLED дисплее могут работать в разы больше, чем некоторые и начинают выгорать. Вторым недостатком является цена. OLED дисплеи примерно в 2 раза дороже, чем LCD аналог.

Компании совершенствуют имеющиеся технологии отображения. Одной из них является LCD-дисплей с тонкопленочной транзисторной матрицей (TFT), которая представлена на рисунке 2. На сегодняшний день компания FlexEnable значительно продвинулась в данной сфере. Компании удалось создать тонкопленочные транзисторы на основе органики (OTFT) и полностью настроить производственный цикл для данной технологии.

Рис. 2 – OTFT матрица

На данный момент органические материалы имеют более высокие характеристики, чем аморфный кремний, при этом, при производстве дисплеев и других продуктов на основе аморфного кремния, используется стеклянная подложка, так как кремний и другие неорганические тонкопленочные транзисторы обрабатываются при температуре выше 300°C. Использование органических транзисторов позволило заменить стеклянную подложку на пластиковую, что привело к обработке при температурах ниже 100°C. Это уменьшает стоимость производства дисплея и позволяет производить тонкие, гибкие, легкие и небьющиеся дисплеи.

Еще одним преимуществом OLCD является более широкий спектр применений. Если OLED-дисплеи в основном используются во флагманских телефонах и дорогих дисплеях, то OLCD имеет возможность интегрироваться во все виды бытовой техники и электроники, автомобили, ноутбуки, планшеты и различные коммерческие экраны (цифровые вывески).

- Формируемость, OLCD возможно оборачивать вокруг различных поверхностей и нарезать на различные формы в процессе производства. При этом возможно добавление технологических отверстий, например, для механических ручек и переключателей в автомобиле, либо другой технике.
- Высокая яркость и срок службы, OLCD дисплей имеет те же параметры, что и ЖК-дисплей на стеклянной подложке. Также срок службы выше, чем у OLED-дисплея, так как используется общая подсветка, вместо подсвечивания определенного пикселя.
- Стоимость, OLCD технология в три-четыре раза дешевле стоимости производства гибкого OLED-дисплея. Это достигается за счет использования существующих заводов и производственных линий ЖК-дисплеев, тех же цепочек поставок. Также в производстве используется низкотемпературный процесс, вследствие чего уменьшается потребление энергии.
- Безрамочные дисплеи, нынешние LCD-экраны невозможно создать безрамочными. OLCD позволяет обернуть края дисплея за рамку, чтобы получить безрамочный дисплей.

Также, использование OLCD позволяет уменьшить вес среднего ноутбука на 100 г и на 0,5 мм тоньше [2].

— HDR. Использование двухячеистой структуры позволяет добиться сверхвысококонтрасного дисплея, при этом, учитывая тонкость подложки, дисплей не потеряет гибкости и легкости.

В таблице 1, представлены числовые преимущества OLCD технологии по сравнению с кремниевым LCD на пластиковой подложке [2].

Таблица 1

Сравнение OLCD и кремниевого стеклянного LCD

Критерий	**Кремниевый стеклянный LCD дисплей**	**OLCD на пластиковой подложке**	**Преимущества OLCD на пластиковой подложке**
Вес (г/см^2)	0.25	0.025	В 10 раз легче
Толщина без подсветки (мм)	~1.2	~0.3	В 4 раза тоньше
Радиус изгиба (мм)	>1000	~10	Может быть обернут вокруг поверхности
Свобода форм	Низкая	Высокая	Можно легко задать любые формы
Яркость	Одинаковые		Такая же яркость
Срок службы	Одинаковые		Такой же срок службы

На данный момент уникальная технология производства OLCD перенесена на базу Российского центра гибкой электроники (РЦГЭ), который позиционируется как производитель TFT-матриц и гибких интегральных микросхем в 2020 году в городе Троицк.

Для решения проблем автомобильной промышленности, связанных с увеличением размеров дисплеев и сложностью их интеграции в салон автомобиля является бизнес-проект FlexLite. Проект FlexLite предназначен для использования уникальных технологий и разработки гибких ЖК-дисплеев на основе OTFT-матриц для автомобильной промышленности. Российские автоконцерны, такие как LADA и AURUS проявили интерес к гибким ЖК-дисплеям, способным лаконично и эргономично влиться в интерьер автомобиля. FlexLite будет представлять собой инжиниринговое бюро, которое будет заниматься разработкой решений по применению гибких ЖК-дисплеев в автомобильной промышленности.

Чтобы соответствовать будущим требованиям к дисплеям, они должны максимально эффективно и безопасно интегрированы в изогнутые и фигурные поверхности салона автомобиля, а также соответствовать техническим требованиям, таким как яркость, надежность и срок службы при доступной цене. Проект FlexLite предлагает следующие варианты использования гибких ЖК-дисплеев в автомобилях [3]:

— безопасность. Это можно реализовать как интеграцию OLCD дисплея в переднюю стойку автомобиля, чтобы исключить слепую зону для водителя, как на рисунке 3;

— также возможна интеграция гибкого OLCD дисплея для замены, либо же дополнения бокового зеркала автомобиля, как на рисунке 4;

— информационно-развлекательные системы. Данное решение представлено на рисунке 5 и реализовано на базе двух 12,1-дюймовых OLCD.

Рис. 3 – Использование OLCD дисплея как устранение слепой зоны водителя

Рис. 4 – Использование OLCD дисплея как дополнение, либо замену бокового зеркала

Рис. 5 – S-образный блок центральной консоли

FlexLite, как инжиниринговое бюро, предлагает определенные решения автомобильным концернам под определенный автомобиль. Такие решения, как центральная консоль автомобиля, гибкие дисплеи на передние стойки для соединения с системой камер для устранения слепых зон водителя, дисплеи для управления мультимедией для пассажиров. Потенциальными заказчиками являются автомобильные концерны LADA, AURUS, КАМАЗ.

FlexLite будет напрямую связываться с автоконцернами и на примере пилотного автомобиля определенной модели концерна показывать какие решения возможно внедрить в тот или иной автомобиль. Простая бизнес-модель указана на рисунке 6.

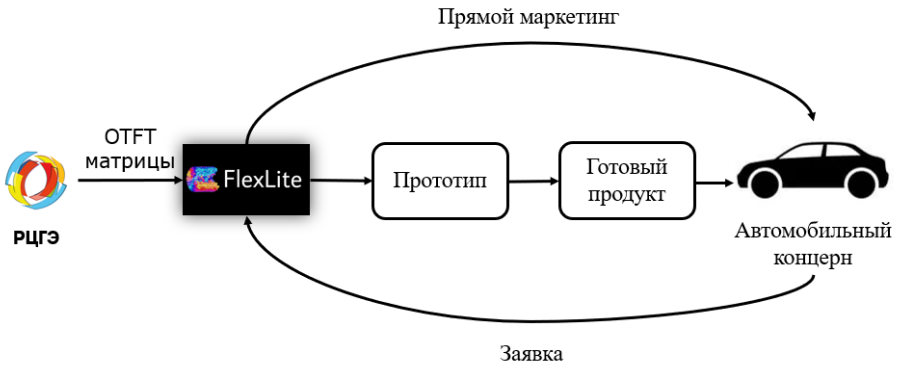


Рис. 6 – Бизнес-модель проекта FlexLite

FlexLite, получая OTFT матрицы от Российского центра гибкой электроники, будет разрабатывать собственные дисплеи для определенных решений. Для производства дисплеев требуются условия чистой комнаты и определенное оборудование для поэтапного нанесения всех слоев структуры ЖК-дисплея.

На создание проекта FlexLite выделяется три начальных этапа с расчетом на 2022 и 2023 год. Этапы развития представлены в таблице 2.

Таблица 2

Этапы развития проекта FlexLite

№ этапа	**Наименование этапа**	**Описание этапа**	**Срок реализации этапа**
1.	Создание MVP	Разработка опытного образца гибкого ЖК-дисплея уровня технологической готовности не ниже TRL3.	III и IV кв. 2022 г.
2.	Патентование гибкого ЖК-дисплея	Данный этап нацелен на защиту интеллектуальной собственности в виде гибкого ЖК-дисплея с определенным назначением,	I кв. 2023 г.
3.	Создание конечного продукта	В результате переговоров с потенциальными заказчиками будут разработаны определенные решения.	I и II кв. 2023 г.

Для начала нужно осуществить закуп OTFT-матриц в Российском центре гибкой электроники и использование услуг прототипирования для разработки первого MVP, так как продукт сложен в производстве, требуются технически сложные и дорогие производственные мощности. После разработки MVP, планируется запатентовать полученный опытный образец и представить продукт автомобильным концернам, потенциальным инвесторам и получить дальнейшие инвестиции для приобретения производственных помещений, оборудования и оплаты заработной платы рабочего персонала в виде 3Д-дизайнера и инженера.

На основе запланированных этапов был просчитан определенный требуемый бюджет на первый год работы, представлен в табл. 3.

Таблица 3

Статьи расходов проекта FlexLite

Статья расходов	**Период/ Наименование этапа**				**Итого, руб**
	2022		**2023**		
	III кв.	**IV кв.**	**I кв.**	**II кв.**	
	Создание MVP		**Создание конечного продукта**		
1. Инвестиционные расходы (руб.), в т.ч:					
1.1 OTFT-матрица 2,5"	10000	-	20000	-	30000
1.2 OTFT-матрица 7"	140000	-	196000	-	336000
1.3 Компьютер для 3Д-моделирования	100000	-	-	-	100000
1.4 Услуги прототипирования	500000	-	500000	-	1000000
1.5 Патенты	-	-	100000	-	100000
2. Операционные расходы (руб)	300000	300000	300000	300000	1200000
ИТОГО	1050000	300000	1116000	300000	2766000

На период первого года работы проекта потребуется минимум 2 766 000 рублей. В данную таблицу затрат входит создание MVP и покупка материалов, создание конечного продукта для представления по итогам переговоров с потенциальным заказчиком. В период подготовки проекта была подана заявка на Студенческий стартап в Фонд содействия инновациям с поддержкой в виде 1 млн рублей. В случае победы, средства, полученные с гранта, пойдут в развитие проекта.

В результате работы была проанализирована проблема автомобильной промышленности в области дисплеев и имеющиеся решения. Для решения данной проблемы был предложен бизнес-проект FlexLite для разработки новых решений с использованием OTFT матриц с планом развития проекта и расчетом инвестиций на первый год работы.

Список использованных источников

1. Robert Prange, Trends in automotive display glass processing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.glastory.net/trends-in-automotive-display-glass-processing/ (дата обращения: 23.04.2022).
2. Flexible OLCD. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.flexenable.com/technology/flexible-olcd/ (дата обращения: 21.05.2022).
3. Flexible displays for automotive. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.flexenable.com/applications/automotive/ (дата обращения: 21.05.2022).

УДК 621.59

МАЛОТОННАЖНЫЙ ОЖИЖИТЕЛЬ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Иконникова А.Ю.

Научный руководитель – Баранов А.Ю., профессор, доктор технических наук, профессор образовательного центра "Энергоэффективные инженерные системы"

nasty-golikov@yandex.ru

Ключевые слова

Сжиженный природный газ, малотоннажное производство, СПГ, энергоэффективность, температура и давление конденсации.

С повсеместным ростом потребления энергии и сопутствующим усложнением экологической ситуации, использование природного газа в качестве основного ее источника становится все более актуальным. Производство сжиженного природного газа (СПГ) позволяет решить ряд вопросов не только его транспортировки, но и хранения. С ростом объемов производства сжиженного природного газа встает вопрос о необходимости повышения эффективности, что позволит не только сократить энергозатраты, но и повысить экологичность производства [1]. В условиях сложившейся экономической обстановки более актуальным направлением развития СПГ может стать его малотоннажное производство, позволяющее сконцентрироваться на внутреннем рынке.

В результате анализа существующих технологий, применяемых в малотоннажном производстве, выделены основные: с использованием внешнего охлаждения и с помощью открытых циклов, а также их комбинации [2].

Для выбора рабочей модели рассмотрены 3 основные вариации: цикл с использованием внешнего охлаждения однокомпонентным хладагентом, цикл на смешанном холодильном агенте и цикл с расширением части сырьевого потока. Результаты анализа показали, что наиболее распространен азотный холодильный цикл с детандерами, в связи со своей простотой, безопасностью и доступностью холодильного агента [3]. Использование технологий, основанных на применении смешанных хладагентов (СХА), активно практикуется за рубежом. К преимуществам этой технологии относят простоту и низкую металлоемкость установки, а также высокую эффективность, но в то же время сам подбор смеси и расчет параметров цикла для такой установки является затруднительным [4]. Применение установок, использующих энергию расширения части потока природного газа, влечет за собой снижение коэффициента ожижения.

Для повышения энергоэффективности изученных технологий традиционно используют увеличение ступеней охлаждения и включение в цикл источников холодопроизводительности, например детандеров. Для исследования выбран азотный детандерный цикл, обладающий наибольшей простотой и, следовательно, позволяющий произвести работы с большей точностью.

Анализ процесса перевода природного газа в жидкое состояние показывал, что возможно повышение энергоэффективности процесса ожижения за счет повышения давления сырьевого потока. Технологически повысить давление сжатого газа в 2 – 3 раза относительно просто, поскольку основные энергозатраты пропорциональны не абсолютному давлению, а степени сжатия. Поэтому, используя магистральный газ давлением от 7 до 10 МПа, можно доводить давление сырьевого потока на входе в блок ожижения до 20 – 22 МПа. Для исследования влияния, повышенного давления на распределение тепловой нагрузки, связанной с ожижением природного газа по температурным уровням, с использованием таблицы значений энтальпии при разных температурах и давлениях, рассчитаны изменения энтальпии природного газа в изобарном процессе при $\Delta T = 1$ К.

Расчёт выполнен для диапазона температур от 100 до 300 К и давлений от 1 до 25 МПа с шагом 5 МПа. По полученным значениям изменения энтальпии рассчитано отношение удельной тепловой нагрузки при повышенном давлении к значениям при стандартных параметрах сжижения (рис.1).

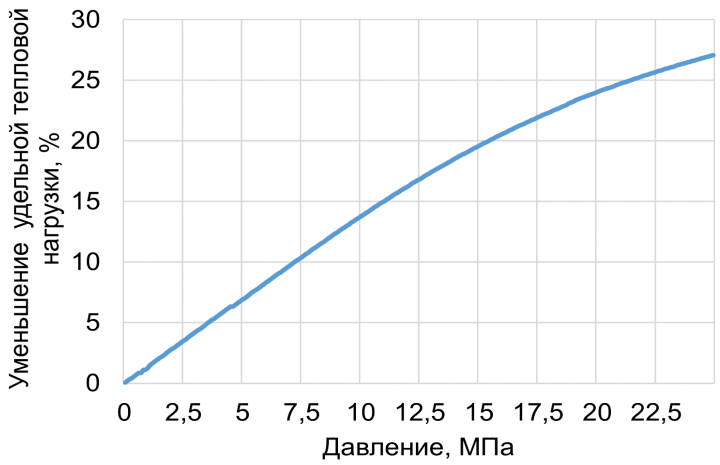


Рис. 1 – График уменьшения удельной тепловой нагрузки в зависимости от давления сырьевого потока газа

Также были определены температурные уровни, при которых происходит сжижение газа. Изменение температур конденсации представлено на рисунке 2.

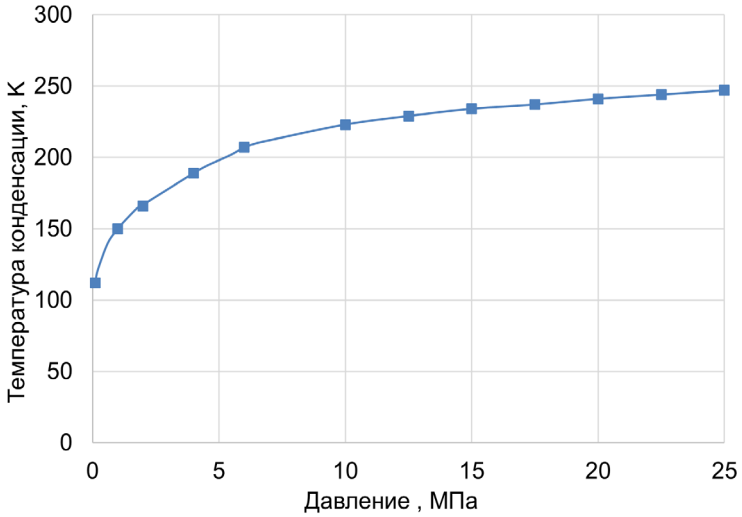


Рис. 2 – Зависимость средней температуры конденсации природного газа от давления

С учетом полученной зависимости, можно утверждать, что повышение давления сырьевого потока природного газа ведет к уменьшению удельной тепловой нагрузки при ожижении природного газа, а также к повышению температуры жидкости на линии насыщения. При достижении особо высоких давлений порядка 20 МПа температура конденсации составляет примерно 250 К. Таким образом, при наращивании давления сырьевого потока теплота конденсации газовой смеси передаётся рефрижераторному циклу на всё более высоком уровне. Одновременно увеличивается диапазон температур, в котором происходит процесс конденсации.

Для проведения вычислительного эксперимента была выбрана наиболее простая схема азотного цикла, представленная на рисунке 3.

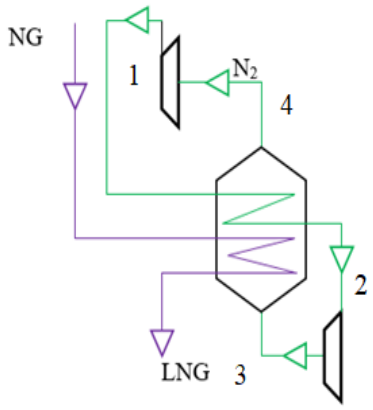


Рис. 3 – Схема азотного цикла получения СПГ с одним детандером (NG – сырьевой поток природного газа, N2 - поток азота, LNG – поток СПГ)

Краткое описание принципа действия технологической схемы: газообразный азот поступает в центробежный компрессор, где сжимается до состояния соответствующее точке 1, затем проходит через трехпоточный теплообменник, в котором за счёт обмена с обратным потоком низкого давления его температура снижается до состояния 2. Затем газовый поток расширяется в детандере и охлаждается до состояния 3. Природный газ поступает в теплообменный аппарат под давлением, соответствующим давлению в магистральном трубопроводе. Контактируя с обратным потоком циркулирующего азота, отдает ему теплоту, переходит в переохлажденное состояние. Не обозначенная на схеме гидротурбина снижает давление потока СПГ и возвращает часть энергии.

Для моделирования построены 3 варианта цикла с разным количеством ступеней охлаждения (рис 4). Расчет циклов производится путем расчета энергетических балансов отдельных ступеней. Для этого расчет проводится в несколько итераций путем подбора долей тепловой нагрузки ступеней и давления азота.

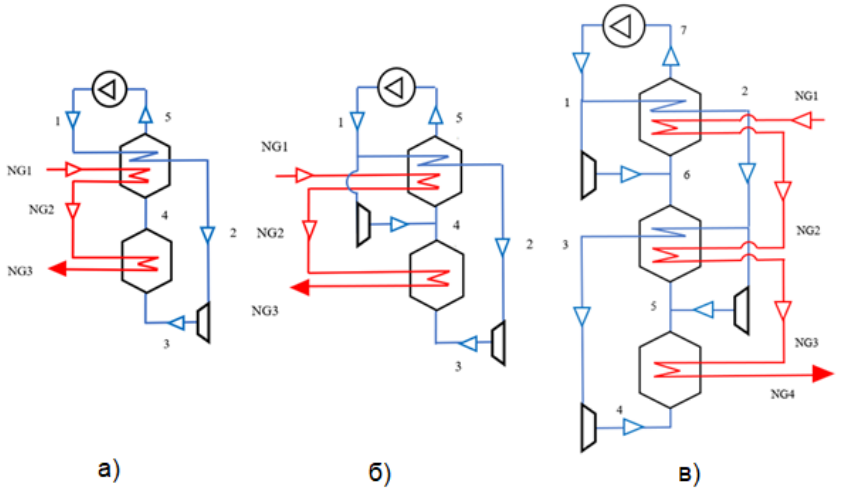


Рис. 4 – Расчетные схемы цикла: а) с 1 детандером, б) с 2 детандерами, в) с 3 детандерами

Расчет проводился для всех 3 вариаций в диапазоне давлений ПГ от 7 до 20 МПа с шагом в 1 МПа. Для каждого рассчитанного цикла определялись энергетические характеристики и суммарные затраты энергии. Также для сравнения были рассчитаны затраты энергии на сжижение при атмосферном давлении потока природного газа.

В качестве основных энергетических характеристик рассматривались:

1. Работа сжатия в компрессоре:

$$L_{сж} = \frac{P_1 V_1 \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\eta_T},$$

где $V_1 = \frac{\rho_1}{G}$ – объем газа на всасывании в компрессор, P_1, P_2 – давления на всасывании и нагнетании соответственно, η_T – изотермический КПД компрессора.

2. Работа расширения в детандере :

$$L_д = \sum g_{ic} G_{NG} \Delta h_д ,$$

где g_{ic} – удельный расход доли потока, идущей на детандер, G_{NG} – расход потока природного газа, $\Delta h_д$ – разница энтальпий до и после детандера.

3. Работа расширения в гидротурбине :

$$L_Г = \sum G_{NG} \Delta h_Г ,$$

где $\Delta h_Г$ – разница энтальпий до и после гидротурбины.

4. Суммарные затраты энергии на ожижение:

$$W = L_{сжN2} + L_{сжNG} - L_д - L_Г .$$

Для выявления закономерностей по полученным значениям составлены графики зависимости затраченной энергии от давления сырьевого потока природного газа. Графики трех циклов объединены на одном с целью удобства сравнения и представлены на рисунке 5, также на изображение соответствующим цветом нанесены прямые отражающие затраты энергии при стандартных условиях.

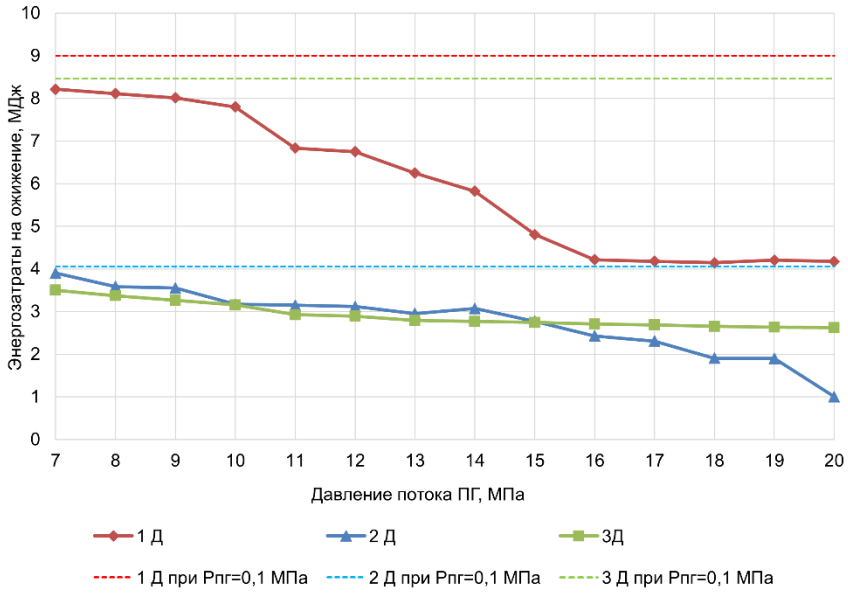


Рис. 5 – Зависимость энергозатрат азотного цикла ожижения от давления потока природного газа

По полученным на графике зависимостям сделан вывод о наличии тенденции к снижению затрат на сжижение природного газа с ростом давления его потока. Циклы с одной и тремя детандерными ступенями охлаждения показали наибольший выигрыш в энергии по сравнению со стандартными условиями, однако вариация с двумя ступенями показывает самые низкие значения затраченной энергии.

Для выполнения цели диссертационного исследования произведён расчет малотоннажной установки ожижения природного газа производительностью 300 тыс. т/год. В

качестве рабочего цикла по результатам проведенного анализа выбран двухступенчатый детандерный цикл азотного охлаждения (рис. 6).

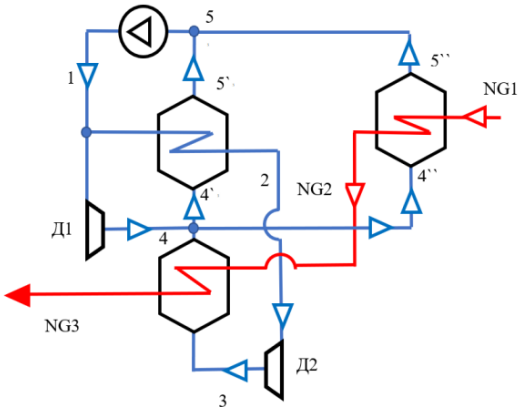


Рис. 6 – Схема цикла с разделением трехпоточного теплообменника

По рекомендациям к расчету многопоточных теплообменников, изложенных в труде [5], использован упрощенный вариант расчета, когда конструктивное выполнение аппарата позволяет рассматривать теплообмен между разными потоками как независимый. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Рабочее вещество	азот, природный газ
Производительность кг СПГ/с	9,5 (300 тыс. т./год)
Давление потока ПГ, МПа	20
Изотермический КПД компрессора ηт	0,65
Адиабатный КПД детандера ηs	0,7
Теплоприток от окружающей среды Q.ос, Дж/кг	2000

Энергетические параметры установки приведены в табл. 2. Также для сравнения указаны затраты при стандартных условиях.

Таблица 2

Энергетические характеристики установки

P_{NG}, МПа	$L_{сж\ N2}$, МДж	$L_{сж\ NG}$, МДж	$L_{Д}$, МДж	$L_{Г}$, МДж	W, МВт	G_{N2} ,кг/кг ПГ
20	38,57	1,91	6,57	0,69	33,84	80,36
0,1	61,99	0	7,79	0	54,21	133,20

Очевидно, что повышение давления сырьевого потока природного газа позволяет получить выигрыш в затратах энергии порядка 40%.

По результатам выполненного исследования можно говорить о том, что повышение давления сырьевого потока природного газа дает существенный выигрыш в затратах энергии на его ожижение. Наибольший прирост энергоэффективности наблюдался у цикла с 3 детандерными ступенями, а наименьший у цикла с 2. Однако цикл с 2 детандерами показал наименьшие значения затраченной энергии на ожижение единицы ПГ. Расчет малотоннажной установки производительностью 300 тыс.т/год показал возможность снижения затрат до 40% при сжатии природного газа до 20 МПа.

Помимо снижения затрат энергии, повышение давления природного газа также способствует снижению габаритов теплообменного оборудования, а следовательно, и металлоемкости установки, уменьшению теплопритоков, улучшению процессов очистки, осушки и деэтанизации.

Также можно отметить, что хотя другие технологии на данный момент позволяют получать лучшие показатели энергоэффективности, рассмотренный способ обладает большим потенциалом благодаря своей технологической простоте. В связи со сложившейся экономической и политической обстановкой в мире, особенно важно отметить, что данная технология может быть полностью реализована на базе отечественного оборудования – российские производители могут предоставить достаточно мощные компрессорные и детандерные установки. Также ее применение может способствовать развитию внутреннего рынка СПГ. Установка сжижения природного газа, использующая магистральный газ может позволить не только покрывать пиковые нагрузки его потребления, но и газифицировать ближайшие населенные пункты.

Целью дальнейших исследований технологии могут стать вариации схем циклов с включением в них дополнительных источников холодопроизводительности, а также возможные физические испытания установки. Возможна также дополнительная проверка теории на технологиях производства СПГ, основанных на применении смешанного хладагента.

Список использованных источников

1. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – №4. – С. 124–142.
2. Бармин И.В., Кунис И.Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра / под ред. А.М. Архарова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 256 с.: ил.
3. Key R.D., Edvardsson T. Choose the best refrigeration technology for small-scale LNG production //Hydrocarbon Processing. – 2014. – №1. – Pp. 45–52.
4. Pham T.N. et al. Enhancement of single mixed refrigerant natural gas liquefaction process through process knowledge inspired optimization and modification //Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 110. – С. 1230–1239.
5. Архаров АМ., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы. – Общество с ограниченной ответственностью Научно-техническое издательство Машиностроение, 1996. – 576 с.

УДК 004.056.55

РАЗРАБОТКА ПОРОГОВОЙ СХЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА НА МНОГОМЕРНЫХ УРАВНЕНИЯХ

Иогансон И.Д.

Научный руководитель – Беззатеев С.В., доцент, доктор технических наук, профессор факультета безопасности информационных технологий, директор лаборатории криптографических методов защиты информации

ivan.ioganson@yandex.ru

Ключевые слова

Схема разделения секрета, пороговая подпись, постквантовая криптография, многомерные уравнения, протокол конфиденциального вычисления.

На сегодняшний день стало ясно, что появление первых квантовых компьютеров с большим количеством кубит всего лишь вопрос времени. Поэтому важно уже сейчас готовиться к этому и изучать постквантовые криптографические схемы. Одной из таких схем является схема электронной подписи на основе многомерных уравнений Rainbow [1]. Данная схема входит в тройку финалистов третьего раунда конкурса NIST (National Institute of Standards and Technology) на звание стандарта электронной подписи, что говорит о высоком уровне доверия к данной схеме.

Схемы пороговой подписи нужны для того, чтобы любая коалиция из уполномоченных пользователей, количеством не менее порогового значения, могла сформировать электронную подпись от лица всех уполномоченных пользователей. Подобные схемы имеют широкое распространение в децентрализованных системах, таких как, например, криптовалюты. Однако, на сегодняшний день не существует полноценных постквантовых схем пороговой подписи на многомерных уравнениях.

Разумеется, для классической (доквантовой) криптографии уже существуют подобные схемы. Примером может послужить работа [2], в которой представлена схема порговой подписи на основе схемы разделения секрета Шамира и подписи RSA (Rivest, Shamir и Adleman). В постквантовой криптографии схем разделения секрета, оперирующих не числами, а многомерными полиномами, почти нет. Единственное, что удалось найти, это работа [3], в которой представлена схема разделения секрета на многомерных полиномах, использующая Китайскую теорему об остатках. Однако данная схема не удовлетворяет некоторым из необходимых требований, поэтому было принято решение разработать собственную схему разделения секрета.

Разработанная схема основана на схеме разделения секрета Шамира [4] и выглядит следующим образом. Пусть дано поле G. Тогда полиномом $f \in G[X]$, где $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$, будет называться выражение (1):

$$f(X) = \sum_i a_i x_1^{e_{i1}} x_2^{e_{i2}} \ldots x_m^{e_{im}}, \quad (1)$$

где $a_i \in G$, а $e_{i1}, e_{i2}, \ldots, e_{im} \in N \cup \{0\}$.

Для разделения многочлена $s(X) \in G[X]$ между n пользователями, так чтобы любые k из них собравшись смогли восстановить *s(X)*, необходимо выбрать *k–1* случайных полиномов $f_2(X), \ldots, f_k(X) \in G[X]$.

Тогда тенью пользователя под номером $i \in G / \{0\}$ будет являться полином $s_i(X) \in I$, определенный формулой (2):

$$s_i(X) = s(X) + f_2(X)*i + \ldots + f_k(X)*i^{k-1}. \quad (2)$$

Для восстановления $s(X)$ необходимо, собрав k теней $s_{i_1}(X), s_{i_2}(X), \ldots, s_{i_k}(X)$, посчитать по формуле (3):

$$s(X) = \sum_{j=1}^{k} s_{i_j}(X) * l_j, \quad (3)$$

где $l_j = \prod_{t \neq j} \frac{i_t}{i_t - i_j}$.

Для реализации схемы пороговой подписи на основе алгоритма Rainbow, необходимо уметь выполнять две операции: производить композицию секретов и уметь решать систему линейных уравнений, поделенную на тени.

Пусть даны 2 системы уравнений $A: G^{m_2} \to G^{m_1}$ и $B: G^{m_3} \to G^{m_2}$, со степенями d_1 и d_2 соответственно, разбитые на тени A_i и B_i с помощью разработанной схемы. Отметим, что, говоря о системе, уравнений, в данном случае имеется в виду ничто иное как набор полиномов. Тогда можно вычислить их композицию $C = A \circ B$ следующим образом:

1. Каждый пользователь i рандомизирует свои тени A_i и B_i, получив новые тени $\bar{A}_i$ и $\bar{B}_i$ соответственно.
2. С помощью протокола генерации новых теней с помощью теней $\bar{A}_i$ и $\bar{B}_i$ участники генерируют для каждого участника i d_1 новых теней $\bar{A}_i^{(1)}, \ldots, \bar{A}_i^{(d_1)}$ и $\bar{B}_i^{(1)}, \ldots, \bar{B}_i^{(d_1)}$.
3. Каждый пользователь i вычисляет $\bar{C}_i^{(0)} = \bar{A}_i \circ \bar{B}_i$ и $\bar{C}_i^{(j)} = \bar{A}_i^{(j)} \circ \bar{B}_i^{(j)}$ для j от 1 до d_1.
4. Теперь имея на руках $(d_1 + 1)k$ теней $\bar{C}_i^{(j)}$ для j от 0 до d_1 пользователи совместно переходят из $((d_1 + 1)k - d_1, n)$ – пороговой схемы в (k, n) – схему, получая тени C_i.

Таким образом, C_i является тенью секрета $A \circ B$ с порогом k.

С помощь данной операции теперь можно найти решение системы линейных уравнений, поделенной на тени. Пусть даны система линейных уравнений $B: G^m \to G^m$ из m полиномов $b_1(X), \ldots, b_m(X)$, разделенных с помощью приведенной выше схемы на тени $b_{1i}(X), \ldots, b_{mi}(X)$ для $i \in \{1 \ldots n\}$. Пусть также дан вектор $Y' = (y'_1, \ldots, y'_m)$, разделенный с помощью схемы Шамира на тени $Y'_i = (y'_{i1}, \ldots, y'_{im})$. Для решения системы уравнений $\{b_i(X) = y'_i\}$ необходимо произвести следующие действия:

1. Сгенерировать случайное обратимое аффинное преобразование $L: G^m \to G^m$. Это можно сделать, к примеру, взяв m случайных линейных многочлена в форме верхнего треугольника, то есть:

$$L = \{l_1(X), \ldots, l_m(x)\}$$
$$l_t(X) = x_t + \sum_{j=t+1}^{m} l_{tj} * x_j + l_{t0} \quad (4)$$

Разумеется, оно изначально должно быть разделено на тени, то есть каждый участник i генерирует свою тень L_i.

2. Вычисляются тени $C_i(X)$ системы $C(X) = B\big(L(X)\big) - Y'$.
3. $C(X)$ восстанавливается с помощью k теней $C_i(X)$.
4. Каждый пользователь решает систему уравнений $C(X) = 0$.
5. Если решение есть, получает решение $\bar{X}'$.
6. Вычисляется тени X'_i вектора $X' = L(\bar{X}')$.

Таким образом, X'_i — это тень решения X' системы уравнений $B = Y'$.

В данной работе представлена схема разделения секрета на основе схемы Шамира, которая пригодна для использования в постквантовых алгоритмах на основе многомерных уравнений. Представленная схема позволяет делить полином на тени, собирать полином из

теней, вычислять композицию секретов, а также решать систему линейных уравнений, не раскрывая при этом самой системы.

Данная схема в будущем может быть использована в криптосистемах, основанных на задаче решения системы многомерных уравнений, а также в различных децентрализованных системах, таких как, например, криптовалюты.

Список использованных источников

1. Ding J., Schmidt D. Rainbow, a new multivariable polynomial signature scheme // International conference on applied cryptography and network security. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2005. – С. 164–175.
2. Shoup V. Practical threshold signatures // International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. – С. 207–220.
3. Galibus T., Matveev G. Finite Fields, Gröbner Bases and Modular Secret Sharing // Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography. – 2012. – Т.15. – №6. – С. 339–348.
4. Shamir A. How to share a secret // Communications of the ACM. – 1979. – Т.22. – №11. – С. 612–613.

УДК 004

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ ИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Казак В.А.

Научный руководитель – Чугунов А.В., доцент, кандидат политических наук, директор центра технологий электронного правительства, доцент Института дизайна и урбанистики

Научный консультант – Низомутдинов Б.А., ведущий аналитик центра технологий электронного правительства

kazakvauniversity@gmail.com

Ключевые слова

Парсинг, API-ключи, извлечение информации, социальные сети, веб-скрейпинг, доступная среда, городская среда.

Сегодня социальные сети играют в жизни современного человека огромную роль. Причем люди таким образом могут не только общаться, но еще и делиться советами, профессиональными навыками, продвигать свои услуги, покупать товары и прочее.

Благодаря сети можно найти самую разную информацию, которая в данный момент интересует. И если воспользоваться всей этой информацией правильно, то это открывает широчайшие горизонты почти во всех сферах жизни общества. Одной из таких областей является сфера, связанная с развитием города. Например, для управления городскими проектами можно использовать данные из социальных сетей или из специализированных сервисов обладающими свойствами социальных сетей. Одним из таких источников информации могут послужить комментарии с рейтингами из сервиса Google Maps. Для того чтобы получить эти данные для последующего анализа нужно воспользоваться специализированными инструментами [4].

На данный момент времени существуют различные способы оценки доступности среды, к примеру опросы, проведение наблюдений, изучение проектной документации, интернет-опросы. Однако все эти способы трудозатратны, то есть возникает необходимость задействовать значительные кадровые ресурсы на протяжении долгого времени, и в зависимости от исследуемого участка их объем может быть разным. Часто, в режиме экономии ресурсов, данные методы не используются городской властью.

Поскольку данная проблема слабо освещена не только в зарубежном, но и в отечественном зарубежном пространстве, то целесообразным будет предложить новую методику оценки доступности объектов городской среды.

Основной целью данной работы является предложение методики оценки доступности объектов городского благоустройства для маломобильных групп населения.

Объектом работы являются городские объекты определенного района города. Предметом выступают данные, находящиеся в социальных сетях (различные комментарии и отзывы по городским объектам).

Разработка новой методики даст возможность улучшить общественное пространство и сделать его современным и доступным для маломобильных групп населения.

Предлагаемая методика подразумевает:

- определение аудитории пользователей городских объектов;
- составление словаря, включающий в себя слова, которые могут характеризовать доступность объекта;
- определение способа выгрузки данных из интернет-ресурсов;

- анализ и обработка полученных данных.

Сам метод можно разбить на несколько шагов. Шаги практической реализации метода можно изобразить схемой, которая представлена на рисунке 1.

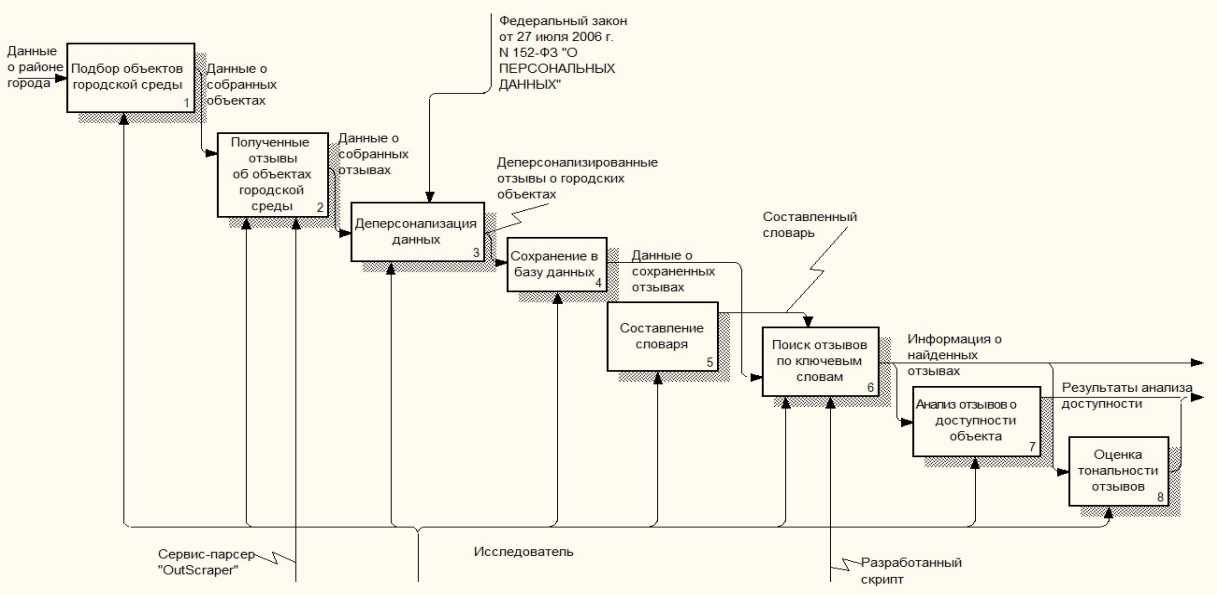


Рис. 1 – Оценка доступности городской среды

Исходными данными для данного исследования являются различные текстовые сообщения жителей, содержащие информацию о том или ином городском объекте.

В качестве источника данных был рассмотрен геоинформационный сервис – Гугл карты. Гугл карты дают возможность оставлять комментарии о локации. Каждый, кто посетил объект на карте, может оставить отзыв, как положительный, так и отрицательный, при этом, кроме численной оценки, пользователь может оставить текстовый комментарий. Эта информация становится очень полезной при изучении плюсов и минусов локации. Как правило, такие отзывы оставляют на бизнес-объекты – кафе, рестораны, клубы, гостиницы, и бизнес очень успешно использует их, для улучшения качества своих услуг. Различные муниципальные учреждения – больницы, школы, полиция, тоже работают с отзывами, что говорит о высокой информативности данных отзывов. Значит, данную информацию можно использовать и для оценки рекреационных объектов благоустройства (парки, скверы и сады) [5].

Для проведения исследования был отобран один район в Санкт-Петербурге – Петроградский район, далее, отобраны типы объектов:

- парк;
- сад;
- сквер.

Для данных типов были отобраны определенные локации, далее, в Гугл картах были сформированы ссылки на каждый объект (на карточку с отзывами).

Изучив методы выгрузки данных из Интернет-ресурсов, были проанализированы несколько альтернативных вариантов и было принято решение искать готовый парсер (сервис). Поэтому, был найден готовый парсер – «OutScraper», данный инструмент дает возможность выгружать отзывы о любом объекте на Гугл картах в машиночитаемом виде. Выбор производился при помощи метода анализа иерархий (критерии: функциональная возможность, практичность, стоимость). При помощи данного сервиса были выгружены все отзывы об интересующих нас объектах. Все данные были деперсонализированы.

В данной работе мы сосредоточились на изучении доступности таких объектов для незащищенных социальных групп – люди с ограниченными возможностями, семьях с колясками и пенсионеров. Необходимо было понять, пишут ли представители данных социальных групп отзывы про парки, в которых есть информация о доступности.

На следующем этапе, в результате анализа специализированных текстов был составлен словарь, включающий 60 слов, которые могут характеризовать доступность объекта. Далее, с помощью скрипта был произведен поиск по собранной базе данных, с использованием этих слов и различных словоформ. Были отобраны все отзывы, которые содержат термины из созданного словаря. На примере Петроградского района можно наблюдать, что в ходе поиска было отобрано 450 отзывов, которые характеризуют доступность. Это очень ценная информация, которая может помочь улучшить эти объекты.

Кроме того, не стоит забывать о том, что отзывы могут оставлять специально написанные для определенных целей боты. В рамках данного вопроса были отобраны сто аккаунтов, написавшие интересующие нас в исследовании отзывы. При изучении данных пользователей обращалось внимание на многочисленные факторы: странный никнейм, оставлено малое, либо чрезмерно большое количество отзывов на платформе, пустой профиль. Развивая данный вопрос можно обратиться к показателям, которые предоставляет сам ресурс (рис.2). Стоит заметить, что все факторы, влияющие на оценку, стоит рассматривать в совокупности, и даже в этом случае, только с определенной долей вероятности можно утвердить, что аккаунт является искусственным или реальным. В ходе рассмотрения отобранных аккаунтов было выявлено, что только семь из них являются подозрительными. Кроме этого, во избежание неактуальности данных были выбраны несколько городских объектов, которые нужно посетить и проверить, соответствует ли состояние данного места, написанным комментариям или отличается от реальности.

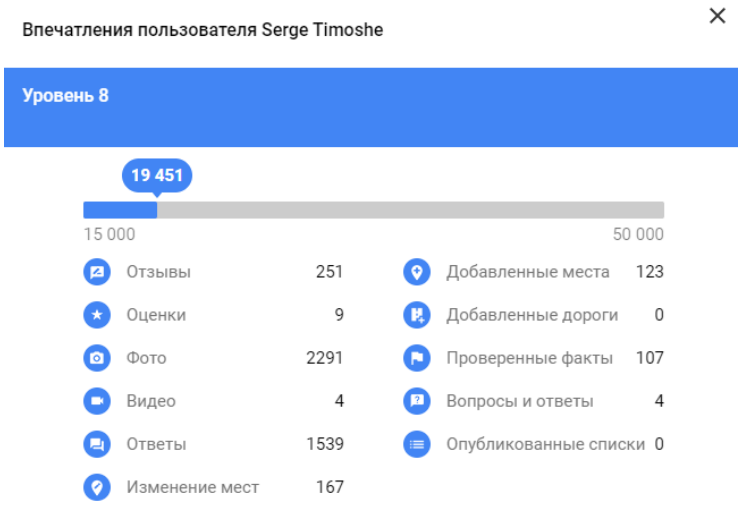


Рис. 2 – Статистика по аккаунту в Google Maps

Далее была проведена проверка, исключая отзывы, которые были малоинформативные. Итоговая база содержала 125 отзывов о доступности объектов. Дополнительно была проанализирована тональность сообщений. Для данной задачи был написан программный код при помощи средств языка python. Многочленный алгоритм наивной байесовской классификации, как правило, является базовым решением для задачи анализа настроений. Основная идея метода наивного Байеса состоит в том, чтобы найти вероятности классов, присвоенных текстам, используя совместные вероятности слов и классов. Обучение прогностической модели происходило на основе позитивных и негативных российских сообщений из социальной сети Twitter. Данные сообщения были сформированы Юлией Рубцовой в рамках диссертационного исследования. Модель, которая была обучена на наборе русских сообщений из Twitter для разработки, продемонстрировала оценку точности и полноты (F1) равную 0,765 на наборе для оценки.

Около 20% таких отзывов имели негативную тональность и 57% позитивную тональность (рис.3). А также был проанализирован пользовательский рейтинг в отрыве от текстового содержания комментария. Данные диаграммы говорят о том, что район в целом доступен для маломобильных групп населения, однако есть некоторое недовольство со

стороны посетителей рекреационных зон Петроградского района. Также мы можем наблюдать то, что иногда люди могут писать негативный отзыв, но при этом ставить хорошую оценку месту посещения (4–5), что делает способ оценивать место только по рейтингу нецелесообразным.

В итоге при помощи представленных программных средств были отобраны отзывы по некоторым районам: Василеостровский, Выборгский, Калининский, Колпинский, Красногвардейский, Пушкинский, Фрунзенский, Центральный. На таблице представлены количество отзывов и оценка тональности по районам, которая была выявлена при помощи написанного программного кода для оценки тональности.

Рис. 3 – Статистика по аккаунту в Google Maps

Таблица

Общая аналитика по районам Санкт-Петербурга

№	Название района	Всего отзывов	Позитивная тональность (%)	Негативная тональность (%)
1	Василеостровский	7824	30,41	69,59
2	Выборгский	6985	28,49	71,51
3	Калининский	3820	80,08	19,92
4	Колпинский	1368	82,16	17,84
5	Красногвардейский	2454	82,76	17,24
6	Пушкинский	1022	81,60	18,40
7	Фрунзенский	3387	84,17	15,83
8	Центральный	2218	82,15	17,85

Также в рамках проделанной работы была построена концепция картографического сервиса, представленная на рисунке 4. Кроме этого был представлен прототип итогового картографического сервиса (рис.5).

Рис. 4 – Концепция картографического сервиса

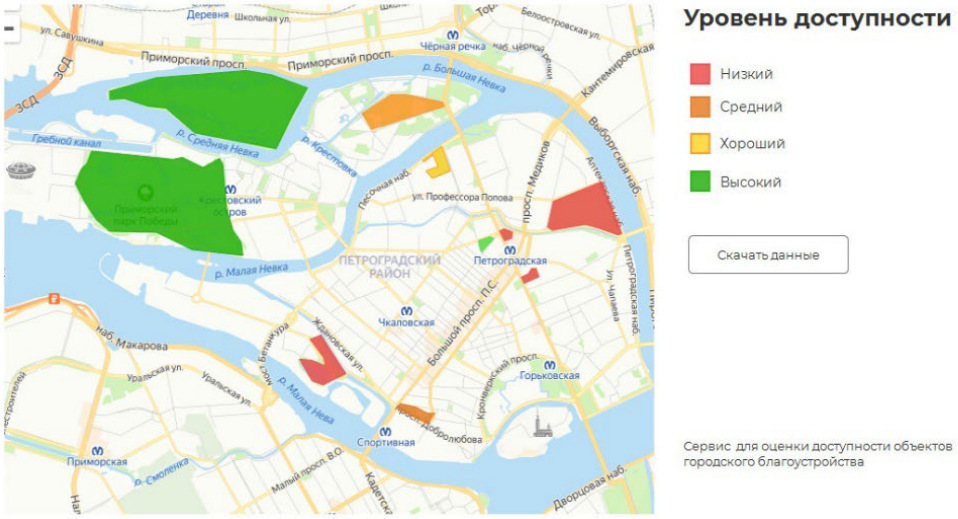


Рис. 5 – Прототип картографического сервиса

В рамках выполнения работы были рассмотрены и проанализированы научные статьи, специализированные сайты, различные труды конференций, а также были просмотрены мнения на специализированных форумах, и в каждом из этих информационных источников были затронуты проблемы, связанные с оценкой доступности городских объектов для маломобильных групп населения.

В ходе проделанной работы была представлена и описана методика применения оценки доступности объектов городского благоустройства. В качестве наглядного примера были взяты объекты городской среды (парки, скверы, сады), расположенные на территории Петроградского района.

Анализ полученных отзывов выявил: в двух из восьми районов превалирует сильно выраженный негативный оттенок отзывов, показывающий, что в районе присутствуют труднодоступные территории для маломобильных групп населения, на которые администрация района должна обратить внимание и оперативно исправить ситуацию. Также были построены концепция и прототип картографического сервиса.

Список использованных источников

1. Ненько А.Е., Семенова А.М., Галактионова А.А. Оценка качества общественных пространств по данным отзывов в Google Maps // Научный сервис в сети Интернет: труды

XXII Всероссийской научной конференции (21-25 сентября 2020 г., онлайн). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2020. – С. 473–485.
2. What are Location-Based Social Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.quickanddirtytips.com/business-career/communication/what-are-location-based-social-networks (дата обращения: 16.12.2021).
3. A vision of smarter cities How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future, IBM Institute for Business Value. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/downloads/cas/2JYLM4ZA (дата обращения: 27.12.2021).
4. Особенности социальных сетей в городском пространстве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sotsialnyh-setey-v-gorodskom-prostranstve-1/viewer (дата обращения: 07.01.2022).
5. Аналитика социальных сетей как инструмент для продвижения территорий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vc.ru/marketing/81241-analitika-socialnyh-setey-kak-instrument-dlya-prodvizheniya-territoriy (дата обращения: 28.12.2021).

УДК 338.2; 005

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Кийкова Д.А.

Научный руководитель – Торосян Е.К., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

daria_kiykova@list.ru

Ключевые слова

Цифровая трансформация медицинских учреждений, цифровая трансформация здравоохранения, управление на основе данных, подходы цифровой трансформации, методы цифровой трансформации, стратегия цифровой трансформации.

Процесс перехода к цифровым обществу и экономике продолжается уже полвека и сейчас изменения происходят со все возрастающей скоростью из-за стремительно развивающихся технологий Цифровизация затронула все сферы деятельности человека, в том числе и здравоохранение. Цифровизация и цифровая трансформация здравоохранения – это комплексные процессы, которые включают в себя множество элементов.

На ход цифровизации и цифровой трансформации влияет подход, выбранный для ее проведения. В работе рассматривались следующие подходы:

- в зависимости от инициирующей стороны (сверху-вниз и снизу-вверх);
- в зависимости от типа изменений (процессный и технологический);
- в зависимости от типа стратегии (внедрение цифровых технологий в основные бизнес-процессы, создание отдельных цифровых проектов, создание бизнеса в полностью цифровой среде);
- в зависимости от модели оказания медицинской помощи (диагноз-центричная модель и пациенто-центричная модель);
- проектный подход.

Были проанализированы методы цифровой трансформации, определены их ограничения при использовании в сфере здравоохранения, выявлено, какие направления цифровая трансформация (ЦТ) прорабатываются каждым из методов. Способы, приемы и шаги достижения целей цифровой трансформации указываются в методах:

- метод на основе проекта «Бережливая поликлиника»;
- методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием (ЦТГК);
- метод четырех уровней;
- метод на основе оценки зрелости инфраструктуры.

Для указанных выше подходов и методов был проведен анализ применимости их на этапах ЦТ (оценка цифровой зрелости; выбор целевых процессов для ЦТ, разработка целевой стратегии; реализация пилотного проекта; масштабирование) и на направлениях ЦТ (клиент, стратегия, технологии, операционная деятельность, организация) [1].

Принимая во внимание особенности применения подходов и методов в сфере здравоохранения, и особенности устройства сферы здравоохранения, был предложен методический подход к цифровой трансформации медицинских учреждений.

В результате рассмотрения методов, которые могут быть применены при ЦТ медицинских учреждений, были выделены два из них - метод на основе проекта «Бережливая поликлиника» и метод на основе Методических рекомендации ЦТГК. Данные методы требуют адаптации для использования в сфере здравоохранения.

Из проекта «Бережливая поликлиника» для решения задач цифровизации и ЦТ медицинских учреждений различных типов могут быть использован ряд рекомендаций.

В качестве инструментов определения проблемных мест могут быть использованы следующие, описанные в проекте «Бережливая поликлиника»: вопросная техника «5W1H», метод 5 «Почему?», диаграмма Исикавы, диаграмма связей и пирамида проблем [2].

Из Методических рекомендации ЦТГК для решения задач цифровизации и цифровой трансформации медицинских учреждений различных типов могут быть использованы рекомендации к структуре и содержанию проекта Стратегии [3].

Под методическим подходом будет подразумеваться совокупность способов воздействия на планирование, организацию и проведение ЦТ медицинских учреждений.

Методический подход состоит из этапов, за основу были взяты процессы PMBOK 6 версии: инициирование, планирование, реализация, контроль, завершение. Дополнения коснутся следующих процессов PMBOK: планирование и контроль; остальные процессы остаются неизменными. Далее рассмотрим каждый из измененных этапов подробнее.

На этапе планирования необходимо составить рабочую группу по проведению цифровой трансформации. Даже если для ее проведения будут приглашены сторонние специалисты, для работы с ними должна быть собрана рабочая группа из 5 – 7 человек. В состав рабочей группы могут быть включены ИТ-специалисты, медицинский персонал (практикующие врачи, интерны, ординаторы, главный врач, заместитель руководителя медицинской организации, заведующий структурным подразделением (отделом, отделением, лабораторией, кабинетом, отрядом), главная медицинская сестра, главная акушерка, главный фельдшер)), который знает особенности процессов в учреждении. К работе группы так же можно привлекать специалистов компаний-разработчиков ИС (МИС, ЛИС и т.д.), использующихся в медицинском учреждении.

На этапе планирования так же, в соответствии с методическим подходом на основе проекта «Бережливая поликлиника», необходимо провести работы по вовлечению сотрудников в процесс цифровой трансформации.

На этапе планирования необходимо провести оценку цифровой зрелости медицинского учреждения. Для проведения оценки возможно использовать стандартные модели: на основе серии ГОСТ 15504, методика «Индекс зрелости Индустрии 4.0», метод на основе оценки зрелости инфраструктуры (рассматривался в п. 2.2.4). Особое внимание следует уделить оценке готовности персонала медицинского учреждения к цифровизации и цифровой трансформации. Успех цифровизации и цифровой трансформации медицинского учреждения зависит от множества факторов, в особенности от компетенций сотрудников.

При проведении оценки цифровой зрелости необходимо моделировать бизнес-процессы «AS-IS», кроме стандартных нотаций моделирования бизнес-процессов (IDEF0, BPMN, Процесс, Процедура), в дополнение может быть использована нотация Потока создания ценности из проекта «Бережливая поликлиника».

На этапе планирования так же необходимо провести работы по составлению стратегии ЦТ с учетом данных о цифровой зрелости и готовности персонала к цифровой трансформации. В рамках данного этапа предполагается составление стратегии и выбор подходов к ЦТ.

В стратегии следует представить следующие разделы:

1. Текущее состояние и перспективы цифровой трансформации медицинского учреждения.
2. Целевое видение, цели и КПЭ ЦТ медицинского учреждения.
3. Инициативы и дорожная карта ЦТ медицинского учреждения.
4. Кадры, компетенции и культура для ЦТ медицинского учреждения.
5. Модель управления цифровой трансформацией медицинского учреждения.
6. Модель финансирования реализации стратегии ЦТ медицинского учреждения.

В Методических рекомендации ЦТГК даны рекомендации по каждому разделу. Применительно к сфере здравоохранения, могут быть даны рекомендации по пунктам, рассмотренным ниже.

При проработке первого раздела «Текущее состояние и перспективы цифровой трансформации» необходимо в подразделе «Результаты анализа цифровой трансформации отрасли» особое внимание уделять не столько примерам ЦТ медицинских учреждений по

России, а в большей части тем лучшим практикам, которые были реализованы в субъекте, где расположено медицинское учреждение. Это обусловлено тем, что значительное влияние на ЦТ оказывает подход к цифровой трансформации, используемый в регионе (интеграционный подход или подход единой МИАС). В подразделе «Ключевые вызовы и возможности для цифровой трансформации» особое внимание уделяется определению возможностей, которые повысят конкурентоспособность на рынке, но применительно к сфере здравоохранения, это наиболее актуально для частных медицинских учреждений.

Так же при проработке первого раздела стратегии могут быть применены рекомендации из проекта «Бережливая поликлиника» по определению проблемных мест. Определить проблемные места можно несколькими способами:

- путем обсуждения процессов администрацией медицинского учреждения с владельцами процессов;
- путем анкетирования сотрудников и пациентов;
- путем использования листа проблем и листа предложений для сотрудников и пациентов.

Во втором разделе стратегии цифровой трансформации «Целевое видение, цели и КПЭ цифровой трансформации» один из подразделов посвящен описанию целевой бизнес-модели. Данный подраздел имеет большую актуальность для частных медицинских учреждений, так как в бюджетных медицинских организациях ЦТ направлена не на переход к новой бизнес-модели, а на переход к управлению и принятию врачебных решений на основе данных.

Во втором разделе стратегии так же можно применить рекомендации из проекта «Бережливая поликлиника», а именно из этапа диагностики и целевого состояния:

- проводить картирование потока создания ценности. Нотация ПСЦ применяется в бережливом производстве, для целей ЦТ, после моделирования бизнес-процессов на верхнем уровне в нотации ПСЦ, следует провести подробное моделирование бизнес-процессов в других нотациях (IDEF0, BPMN, Процесс и Процедура). Во втором разделе стратегии необходимо моделировать процессы в состоянии «TO-BE»;
- использование методов поиска коренных причин проблем;
- на этом этапе также необходимо определить подходы и методы, с применением которых будет проводиться цифровая трансформация.

На основе анализа подходов к ЦТ медицинских учреждений было выявлено, что основным подходом к цифровой трансформации медицинских учреждений является подход «сверху-вниз». Его можно совмещать с подходом «снизу-вверх», но основным из них двух должен всегда оставаться «сверху-вниз». Следует применять подходы процессный и технологический вместе, так как значительных результатов цифровизации и ЦТ можно добиться не только внедряя цифровые решения, но и изменяя процессы работы в целом.

На данный момент медицинские организации в большинстве случаев работают по диагноз-центричной модели, но постепенно, в процессе цифровой трансформации сферы здравоохранения, происходит переход к пациенто-центричной модели организации медицинской помощи. Поэтому при проведении ЦТ следует учитывать обе модели и закладывать задел на работу в пациенто-центричной модели.

При выборе подхода в зависимости от типа стратегии:

- следует применять тип «Внедрение цифровых технологий в основные бизнес-процессы», если планируется только внедрение информационных систем, которые незначительно изменят существующие бизнес-процессы;
- тип «Создание отдельных цифровых проектов» следует применять, если цифровая трансформация будет проходить по этапам, на отдельно выделенных бизнес-процессах, без влияния на основные бизнес-процессы или с точечным влиянием;
- тип «Создание бизнеса в полностью цифровой среде», следует использовать при полном переводе медицинского учреждения в цифровую среду (по примеру госпиталя Бунданг Сеульского национального университета). В данном случае так же изменяется модель оказания медицинской помощи с диагноз-центричной на пациенто-центричную.

Необходимо так же определить методы, которые будут использованы для проведения цифровой трансформации. Из проанализированных ранее методов, для сферы здравоохранения более всего подходят: метод на основе проекта «Бережливая поликлиника» и метод на основе Методических рекомендации ЦТГК, на их основе составлен методический подход, рассматриваемый в данном разделе.

На этапе контроля могут быть применены рекомендации из проекта «Бережливая поликлиника»:

- периодическая оценка достижения целевых показаний проекта, регулярные отчеты о ходе реализации проекта. Применительно к цифровизации и ЦТ данные работы следует проводить на всех этапах проекта;
- постоянное ознакомление сотрудников с ходом ЦТ – посредством информационного стенда, рассылки по почте или с помощью иных методов;
- стандартизация процесса - утверждение актуального бизнес-процесса, инструкций сотрудников и их совершенствование, которое должно проводиться не реже 1 раза в год;
- проведение регулярной оценки цифровой зрелости и готовности персонала к ЦТ – для оценки прогресса и выявления новых точек роста.

Таким образом, схема этапов методического подхода будет иметь следующее представление (рисунок). Этапы инициации, планирования и контроля выделены цветом, так как по ним внесены дополнения к основным процессам PMBOK, на основе которых возможно провести цифровую трансформацию медицинского учреждения. Реализация и контроль – взаимосвязанные процессы. На основе результатов выполнения контроля совершается переход к этапу Планирования для внесения корректировок в план работ по цифровой трансформации.

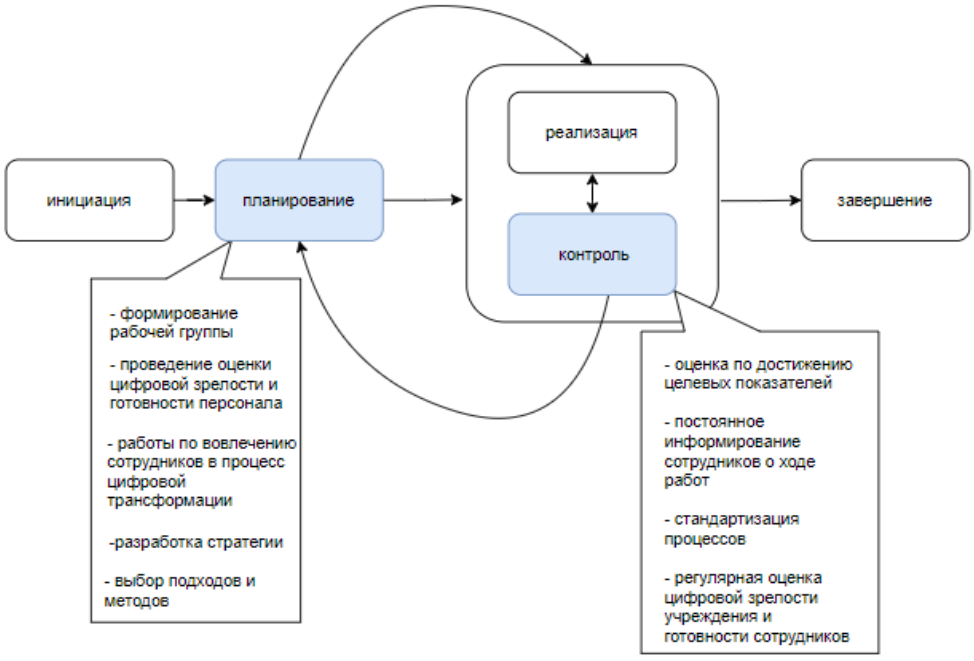


Рисунок – Этапы методического подхода цифровой трансформации медицинских учреждений

В результате расчета экономической эффективности применения разработанного методического подхода на примере проведения в частной медицинской клинике проекта по подключению к оператору иной информационной системы (интеграционной платформе) для передачи данных в ЕГИСЗ (единая государственная информационная система в сфере здравоохранения) было выявлено, что итоговые затраты на проект на 50 тысяч меньше, чем при проведении проекта без использования методического подхода. Этого удается достичь за счет того, что часть работ выполняется в ходе подготовки к цифровой трансформации и при реализации каждого подпроекта нет необходимости проводить эти работы заново.

Применение методического подхода позволяет в перспективе сократить расходы на непредвиденную доработку существующих систем, на найм дополнительных сотрудников. Методический подход учитывает и работу с сотрудниками медицинского учреждения, так что руководству не придется каждый раз сталкиваться с сопротивлением, которое может замедлять цифровизацию и ЦТ. Без применения методического подхода руководителю приходится уделять много времени на каждый новый проект в рамках цифровизации или ЦТ.

Методический подход позволяет оценить предполагаемые затраты на цифровую трансформацию медицинских учреждений, без его применения будет происходить оценка затрат только на запускающийся проект.

При проведении ЦТ и цифровизации в сфере здравоохранения преследуют не цели увеличения прибыли, а цифровизацию процессов нынешних процессов, исполнение требований органов управления здравоохранением и на переход к управлению, основанному на данных. Поэтому эффективность проектов по цифровой трансформации не всегда удается определить в стоимостном выражении.

Разработанный методический подход не направлен напрямую на решение проблем финансирования цифровизации и цифровой трансформации, проблемы безопасности данных организации, проблемы, обусловленные влиянием внешней среды.

Разработанный методический подход позволяет решать следующие проблемы проведения цифровизации и ЦТ медицинских учреждений: управленческие проблемы, проблемы, связанные с человеческим капиталом учреждения и в малой степени решаются проблемы технического характера.

Таким образом, в работе был проведен анализ подходов и методов цифровой трансформации, проведена разработка методического подхода к ЦТ медицинских учреждений на основе анализа сферы здравоохранения и подходов и методов к ЦТ. В методическом подходе содержатся уточнения по его этапам, даются рекомендации по выбору подходов и методов в зависимости от типа медицинского учреждения. Проведена оценка эффективности применения методического подхода на примере проекта по подключению частной медицинской клиники к интеграционной платформе. Хотя и первоначальные затраты на первые этапы общего проекта по ЦТ медицинского увеличивают итоговые затраты на проведение цифровой трансформации, но на реализацию проектов по цифровой трансформации в итоге затрачиваются меньшие ресурсы, чем при реализации этих проектов без применения разработанного методического подхода. Кроме того, методический подход позволяет решать многие управленческие проблемы, проблемы, связанные с человеческим капиталом учреждения и проблемы технического характера, возникающие при проведении цифровой трансформации.

Список использованных источников

1. Торосян Е.К., Кийкова Д.А. Подходы и методы цифровой трансформации медицинских учреждений // Петербургский экономический журнал – 2021. – №4. – С. 62–71.
2. Применение методов бережливого производства в медицинских организациях. Открытие проектов по улучшениям. Методические рекомендации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/561183958 (дата обращения: 18.06.2021).
3. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digital.gov.ru/ru/documents/7342/ (дата обращения: 11.05.2022).

УДК 334

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСФЕРОМ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Кирышева В.А.

Научный руководитель – Гаврилюк Е.С., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

lera.kirysheva@mail.ru, gavrilyukes@itmo.ru

Ключевые слова

Цифровая экономика, внедрение инноваций, трансфер технологий, результаты интеллектуальной деятельности.

В рамках работы зафиксировано функциональное назначение процесса технологического трансфера, определены цели и задачи акторов процесса.

Передача технологий является особым механизмом, который благополучно влияет на процесс цифровой трансформации на высокотехнологичных производствах. Трансфер и внедрение инноваций — многоуровневый процесс, требующий поэтапного технологического анализа, привлечения квалифицированных экспертов из смежных отраслей, оценки всех возможных негативных исходов и принятия сложных стратегических операций.

Передача технологий может стимулировать общий экономический рост и региональное экономическое развитие. Эта деятельность становится центральной особенностью системы исследований и разработок в промышленности.

Зачастую в процессе передачи технологий участвуют несколько агентов — заинтересованных лиц. Каждый из них обладает определенными мотивами для передачи технологий и может оказать решающее влияние на каждом этапе этого процесса. Неформальные социальные механизмы также могут способствовать передаче технологий. Социолог Мануэль Кастельс назвал это «средой», в которой регион привлекает большое количество конкурентоспособных работников, что позволяет идеям воплощаться.

С помощью трансфера предприятие совершает производственный скачок в инновационной деятельности [2]. Предприятия, которые внедряют инструменты трансфера, получают конкурентное преимущество за счет сотрудничества с другими участниками инновационного процесса.

Выявлены основные тенденции трансфера технологий производственных предприятий, а также зафиксированы подходы к управлению технологическим трансфером на производственных предприятиях.

Сотрудничество с университетами открывает большой простор для фундаментальных технологических исследований. Совместные отраслевые и университетские проекты рассматриваются как важный инструмент набора кадров в гонке за научные таланты.

В настоящее время основными инструменты поддержки российских новаторских инициатив являются амортизационная премия, налоговые льготы, возможность списания расходов, потраченных на исследования и разработки, поддержка со стороны институтов развития — фондов, ассоциаций [3].

На основе исследования практики реализации трансфера технологий на примере российского и зарубежного опыта, а также обозначения места российских предприятий в цепочке технологического трансфера, выявлены проблемы и барьеры его интенсификации.

В результате исследования зафиксированы основные проблемы и барьеры:

1. Коммуникативные (нехватка информации об особенностях ведения технологического трансфера, бизнеса и доступных технологиях, недостаток информации о потенциальных

партнерах, недостаток информации об инструментах поддержки научно-технологического сотрудничества, недостаток связей и коммуникаций между предприятиями);
2. Содержательные (нехватка квалифицированного персонала, низкий технологический уровень и недостаточное качество продукции и услуг, низкая коммерциализуемость технологий);
3. Регуляторные (административные барьеры, нехватка стимулирующих мероприятий и проектов, отсутствие понятного механизма правовой защиты прав на объекты интеллектуальной собственности).
4. Выявлена проблема, которая заключается в использовании неэффективных инструментов государственной поддержки науки и исследователей. Поскольку научно-исследовательские организации осуществляют деятельность на основе сметного финансирования, у них слабые стимулы к достижению высоких конечных результатов [4].

Проблема заключается в слабости организационных механизмов взаимодействия между наукой и промышленностью. В отношении прикладных исследований возможно развитие дополнительных программ по предоставлению грантов на НИОКР, в соответствии с которыми НИИ и ВУЗы получали бы государственную помощь на осуществление научных проектов при условии привлечения со финансирования со стороны частных предприятий.

Учитывая сложность вопросов и разнообразие целей, критериев и перспектив, универсально определить критерии успешной передачи технологий особенно сложно. Успешность определяет синтез различных показателей: качественных и количественных показателей. Успех деятельности при передаче технологий определяется двумя уровнями — операционным и технологичным.

Факторы, влияющие на повышение результативности субъектов трансфера технологий транснациональных предприятий: однородность бизнес-процессов, реализация которых сопровождается трансфером технологий, институциональный тип субъекта реализации трансфера технологий, соответствие получателя технологий требованиям, выполнение которых необходимо для непосредственного трансфера, наличие мотивации для трансфера технологий, регламентация прозрачного механизма, который объединяет и интегрирует компетенции в соответствии с потребностями принимающих агентов, умеренный контроль, личное взаимодействие акторов процесса, уровень заинтересованности поставщика, стабильность отношений между получателем и поставщиком [5].

Представленные индикаторы вместе измеряют экономическую жизнеспособность предприятий в текущих условиях: способность конкурировать на международном уровне, использовать внутренние ресурсы и снижать зависимость за рубежом, а также разрабатывать новшества и наращивать технологическую базу страны.

Анализируя существующую государственной политику, можно сделать вывод, что необходимо отслеживать устойчивые связи с другими участниками процесса. Необходимо принять комплексную экспортно-трансферную стратегию, где будут обозначены основные акторы и их функции внутри инновационной цепочки.

На основе определения проблем и барьеров реализации трансфера технологий предложена усовершенствованная модель для производственных предприятий в условиях цифровой экономики.

Предложенная модель трансфера технологий демонстрирует систему взаимодействия, направленную на формирование устойчивых связей и поиск заинтересованных технологических партнеров.

Для укрепления позиций реального сектора необходимо усиливать модернизацию производств при переходе к цифровой экономике и внедрять технологии индустрии 4.0. Для минимизации сбоев были предложены три новых элемента в системе управления производственным трансфером на производственных предприятиях.

Проектный офис трансфера технологий выполняет функцию интегратора, предоставляя предприятиям возможность получения требуемых ресурсов. Основными продуктами деятельности Проектного офиса является биржа и мероприятия.

Биржа — платформа, на которой в реальном времени будет публиковаться перечень технологий и проектов, инвесторов и технологических брокеров.

Таблица

Рекомендации по интенсификации трансфера технологий производственных предприятиях

Производственные предприятия	Разработать общие стандарты технологического трансфера: включить в устав предприятий научные исследования как вид деятельности. Разработать информационную систему для открытого согласования документации в рамках осуществления трансфера между подразделениями и внешними акторами. Разработать систему контроля за использованием ОИС в практической деятельности. Проводить комплексный мониторинг и оценку запланированных показателей трансфера ОИС. Повысить качество экспертизы РИД за счет привлечения экспертов смежных отраслей и предприятий. Создать среду для профессионального роста сотрудников за счет проведения обучений, стажировок и выполнения проектов между разными подразделениями. Разработать открытую систему мотивации сотрудников по достижению результатов
Высшие учебные заведения	Включить в устав вузов возможность осуществления коммерциализации РИД. Разработать информационную систему для открытого согласования документации в рамках осуществления трансфера между подразделениями и внешними акторами. Привлекать к экспертизе проектов технологических брокеров для проведения комплексной оценки технологий, проработке проекта на различных стадиях и поиска спроса на рынке. Создать службу, осуществляющую управление рисками, связанными с использованием ОИС. Создать Проектный офис для объединения акторов в единую сеть, обеспечения их активного взаимодействия друг с другом и совместного пользования объектами инновационной инфраструктуры. Разработать ряд концепций для проведения акселерационных мероприятий и мероприятий, направленных на продвижение продуктов/услуг с целью улучшения характеристик и содержания. Повысить качество научно-практических мероприятий и уровень организации профильных рабочих групп за счет привлечения междисциплинарных экспертов и организации внешней экспертизы
Внешние регуляторы	Создать региональную биржу — ИТ-платформу, на которой в реальном времени будет публиковаться актуальный для региона перечень технологических предложений (стартапов, исследований) для предприятий и инвесторов. Систематизировать информацию о технологических предложениях, их активности в сфере наукоемких разработок для ускорения процесса поиска необходимых ресурсов. Вносить изменения в механизмы стимулирования трансфера ОИС. Вносить своевременные корректировки в систему стандартов и форм договоров, связанных с патентно-лицензионной деятельностью. Вносить изменения в систему регуляторных документов для совершенствования законодательства в сфере трансфера технологий и своевременной защиты новых ОИС. Стимулировать заинтересованность вузов и предприятий в развитии территориальных кластеров с целью формирования стратегических партнерств предприятий и вузов, привлечения инвестиций в инновационную деятельность и активного вовлечения вузов в инновационные процессы в экономике региона

Мероприятия, проводимые Проектным офисом, имеют две направленности: акселерационные, которые обеспечивают качественный прирост технологии и мероприятия, которые направлены на продвижение и коммерциализацию технологий.

Без совершенствования модели в целом невозможно усовершенствовать трансфер технологий на производственных предприятиях, особенно в условиях политики новой индустриализации в связи с санкциями. Возникает необходимость в усилении цепочки трансфера производственных предприятий, но модель не будет работать если не производить изменения в процессах, в которых участвуют все акторы.

Важно рассмотреть место производственных предприятий, место в цепочке трансфера при взаимодействии с другими элементами. Значимость места производственных предприятий подкрепляется условиями системных шоков, связанных с ограничением на ввоз высокотехнологичного оборудования.

Для внедрения предложенной модели разработаны методические рекомендации, направленные на интенсификацию трансфера технологий производственных предприятий, которые зафиксированы в таблице.

Необходимо разработать общие стандарты технологического трансфера, повысить качество экспертизы результатов интеллектуальной деятельности, разработать систему мотивации сотрудников по достижению результатов.

Для успешного управления технологическим трансфером необходимо формировать устойчивые производственные связи и искать заинтересованных технологических партнеров. Важно тесно сотрудничать с экспертами, которые обладают высоким уровнем стратегического планирования и заинтересованы в пролонгированной поддержке высокотехнологичных проектов на разных уровнях.

Необходимо формировать среду для активного взаимодействия акторов процесса друг с другом, а также с различными элементами инновационной инфраструктуры: лабораториями, другими предприятиями, инвесторами, технологическими брокерами.

Критериями оценки успешности модели являются организационные, содержательные, научно-технические, производственные, финансово-экономические параметры. Основной методикой оценки эффектов от внедрения модели являются затратные методы. Основными из них являются затраты на внедрение, покупку и оценку совокупной стоимости.

Для успешного управления технологическим трансфером на производственных предприятиях необходимо формировать устойчивые производственные связи и искать заинтересованных технологических партнеров. Важно тесно сотрудничать с экспертами, которые обладают высоким уровнем стратегического планирования и заинтересованы в пролонгированной поддержке высокотехнологичных проектов на разных уровнях.

Список использованных источников

1. Государственная программа «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности» от 15.04.2014 года №328. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://government. ru/rugovclassifier/862/events/ (дата обращения: 06.06.2022).
2. Монахов С. В., Шиханова Ю. А., Потоцкая Л. Н., Трансфер технологий и инновационная активность национальной экономики: теоретические аспекты взаимосвязи и взаимозависимости // Инновационное развитие АПК: экономические проблемы и перспективы. – 2020. – С. 244-250.
3. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года — НИУ ВШЭ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://prognoz2030.hse.ru (дата обращения: 06.06.2022).
4. Кохно П. Технологические инновации и коллективные формы хозяйствования // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. – 2017. – №11. – С. 23–30.
5. Андреев М. О., Незговорова Д. М. Почему трансфер технологий так важен? // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. – 2020. – С. 182–184.

УДК 004.946

БИЗНЕС-ТЕЗИС "VRWALKER": РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ VR ДЛЯ ПРОГРАММ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ ПОСЛЕ ТРАВМ СПИННОГО МОЗГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКЗОСКЕЛЕТА

Киселев А.Д.

Научный руководитель – Силакова Л.В., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

arkadijk99@gmail.com

Ключевые слова

Экзоскелет, реабилитация, VR технологии, дети-пациенты, мотивация, реабилитационный центр, программа реабилитации.

Существует проблема недостатка мотивации среди детей во время прохождения реабилитации с экзоскелетом. Это связано с тем, что процесс реабилитации рутинный и требует большого количества усилий от пациентов. Ежедневная работа с экзоскелетом требует эмоциональной и физической концентрации от пациента. Согласно проведенному автором интервью с терапевтами, направляющими пациентов на курс реабилитации с экзоскелетом, 30% пациентов не завершают курс реабилитации до конца.

Об актуальности исследования говорит и то, что рынок медицинских изделий в России растет ежегодно на 4% и к 2025 году достигнет 18 млрд руб. [1]. Прогнозируется, что рынок VR/AR к 2025 году увеличится в 5 раз до 7 млрд руб. [2]. Также было выявлено, что рынок VR в медицинских изделиях в мире растет, в среднем, на 49%, что намного быстрее чем темпы роста рынка медицинских изделий (5%) [3,4]. Таким образом, ожидается, что доля VR технологии в медицинских изделиях (в том числе в реабилитационных) будет расти, что говорит о том, что проекты в этой сфере будут становиться всё более популярными.

В ходе исследования были проанализированы возможные пути решения проблемы мотивации пациентов во время прохождения курса реабилитации с экзоскелетом. Информация была получена из открытых источников. Возможными решениями могут быть: дополнительная работа с психологом во время прохождения курса реабилитации, создание мотивационных роликов для пациентов, приложение, отражающее прогресс пациента во время реабилитационного курса, игры в виртуальной реальности. Для того чтобы сравнить решения, направленные для повышения мотивации пациентов во время прохождения курса реабилитации с экзоскелетов, был проведен опрос среди пациентов, родителей и врачей- специалистов в области реабилитации (всего 15 человек). Опрос проходил на базе лаборатории нейрофизиологии и нейро реабилитационных технологий при ФГБУ «СПб НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России. Среди пациентов были дети с травмами спинного мозга, ДЦП, врожденными заболеваниями опорно-двигательного аппарата, (от 10 до 15 лет) и их родители.

Пациентами было проведено сравнение технологий на основе качественной оценки каждого из решений, где пациенты выбирали из представленных критериев наиболее предпочтительное решение. Каждое из решений было представлено детям и их родителям, где они оценили их по трех-бальной шкале (табл.1).

Как видно из таблицы, VR приложения набрали наибольшее количество баллов по сравнению с другими решениями.

В ходе работы было выявлено три ключевых требования к пациенту и игровому приложению во время занятий с экзоскелетом. Информация была получены в ходе общения с терапевтами. К ним относятся: пациент должен двигать руками, не опускать голову и во время занятия не должно быть мелькающих объектов перед пациентом. Учитывая эти особенности, было создано несколько сценариев VR игр, в которые пациенты смогут играть во время занятий с экзоскелетом.

Таблица 1

Сравнение способов мотивации пациентов

Критерии сравнения / Способы мотивации пациентов	**Дополнительные занятия с психологами**	**Мотивационные видео для пациентов**	**Приложения с прогрессом пациентов**	**Игровые VR приложения**
Взаимодействие с пациентами	2	2	1	3
Интерес пациента к решению	1	2	3	3
Знание технологии	3	3	2	1
Желание продолжить занятия с решениями	2	2	2	2
Общие впечатления о решении	2	2	2	3
Total	10	11	10	12

Первый сценарий называется «Лужайка». Суть приложения заключается в том, что при взаимодействии с объектом сцены пользователю-наблюдателю предоставляется расширенная обучающая информация об этом объекте. В общем виде информация предоставляется в виде набора текстовых, звуковых и графических данных. Планируется, что в будущем приложение позволит детям самим создавать пищевые цепочки. Внешний вид сценария представлен на рисунке 1.

Рис. 1 – Внешний вид сценария «Лужайка»

Второй сценарий называется «Сбор урожая». Игрок выбирает корзину для сбора урожая. Затем в середине экрана появляется число. Пользователю необходимо собирать яблоки, на которых написаны числа так, чтобы в сумме они составляли заданное число. После игрока переносят на следующий уровень, где он за определенное время собирает яблоки. На рисунке 2 представлен внешний вид сценария игры, которая была уже разработана.

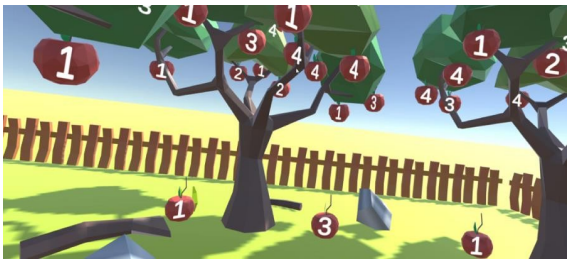


Рис. 2 – Внешний вид сценария «Сбор урожая»

В ходе общения со специалистами в области реабилитации были определены ключевые требования по безопасности к оборудованию (VR очкам/шлему):

- автономность очков;
- стоимость оборудования;
- вес и удобство VR очков;
- легкая настройка VR очков. В таблице 2 представлен сравнительный анализ моделей VR очков по нескольким техническим критериям (рис.2) [1].

Таблица 2

Сравнение моделей VR очков

Параметры сравнения / Модели VR очков	Часто-та, Гц	Зона отслеживания, метров	Совместимые контроллеры	Обязательное оборудование	Возраст использо-вания, лет	Цена, тыс. руб.
HTC Vive	90	5 на 5	Собственные	ПК или ноутбук		70
Vive Pro 2	90	5 на 5	Собственные	ПК или ноутбук		80
Oculus Quest 2	72	Свободное перемещение	Др. в т.ч.	Автономно 3 часа	с 13	40
Oculus Rift DK2	60 – 75	5 на 5	Др. в т.ч.	ПК или ноутбук		33,89
Deepon E3	70	5 на 5	Др. в т.ч.	ПК или ноутбук		45
3Glasses D2	60	5 на 5	Др. в т.ч.	ПК или ноутбук		30
StarV R One	90	5 на 5	Др. в т.ч.	ПК или ноутбук		100
Lenovo Mirage Solo	75	Свободное перемещение	Др. в т.ч.	Автономно 2,5 ч.		39
PlaySt ation VR	90 - 120	5 на 5	Др. в т.ч.	PlayStation 4	с 12	30

Таким образом, были выявлены оптимальные для реабилитационных центров VR очки – Oculus Quest 2. В ходе исследовании были проведены VR-сессии, состоящие из существующего VR-контента (видео, мультфильмы, игры), разработана первая VR-игра, которая станет частью будущей библиотеки VR-игр. В настоящий момент, игра тестируется на пациентах и в будущем планируется расширить количество игр и реабилитационных центров, которые внедрят игровое приложение.

Список использованных источников

1. Российский рынок медицинских изделий. Итоги 2020 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.meditex.ru/news_all/RossiyskiyrynokmeditsinskikhizdeliyItogi2020goda/ (дата обращения: 16.04.2022).
2. Российский рынок дополненной и виртуальной реальности (AR/VR) TMT-Консалтинг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tmt-consulting.ru/wp-content/uploads/2021/02/%D0%A2%D0%9C%D0%A2-HW-AR-VR-2020.pdf (дата обращения: 21.04.2022).
3. The global Virtual Reality (VR) in healthcare market is projected to grow from $628.0 million in 2022 to $6.20 billion by 2029, at a CAGR of 38.7%. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality- vr-in-healthcare-market-101679 (дата обращения: 16.04.2022).
4. Global Medical Device Market 2020 Size. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.globenewswire.com/news-release/2020/10/27/2114984/0/en/Global-Medical-Device-Market-2020-Size-To-Increase-Due-To-Rising-Infectious-And-Chronic-Disease- Cases-As-Per-The-Business-Research-Company-s-Medical-Devices-Global-Market-Opportuni.html#:~:text=The%20medical%20devices%20market%202020,a%20rate%20of%20%2D3.2%25. (дата обращения: 02.04.2022).
5. Собко Я. Технический обзор 9 популярных шлемов виртуальной реальности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sobko.info/9-shlemov-virtualnoj- realnosti/ (дата обращения: 03.02.2022).

УДК 535.347

СПЕКТРОСКОПИЯ МАГНИТНОГО КРУГОВОГО ДИХРОИЗМА НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА

Клименко Д.И.

Научный руководитель – Маслов В.Г., доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник центра "Информационные оптические технологии", профессор факультета фотоники

ohiko27@gmail.com

Ключевые слова
Магнитный круговой дихроизм, магнитные наночастицы, магнетит, маггемит.

В последние годы магнитные материалы набирают все большую популярность, что обусловлено их обширной областью применения. Одними из наиболее часто исследуемых материалов являются магнитные наночастицы Fe_3O_4 и композиты на его основе. Благодаря своим уникальным свойствам магнитные наночастицы (МНЧ) находят применение во многих областях, в частности, актуальными являются исследования применений МНЧ в области биомедицины.

С уменьшением размеров до нанометрового масштаба происходит увеличение соотношения площади поверхности к объему, из-за чего материал начинает проявлять нехарактерные для него ранее физические и химические свойства, которые можно регулировать, это относится и к магнитным свойствам. Стоит отметить, что увеличение соотношения площади поверхности к объему делает наночастицы чувствительными к воздействию окружающей среды. В работе [1] говорится, что в аэробных условиях магнетит является метастабильным состоянием, т.к. окисление ионов Fe^{2+} превращает его в маггемит, обладающий отличными от магнетита свойствами. Таким образом, под воздействием аэробной среды происходит окисление магнетита до маггемита и, соответственно, изменение свойств магнитного наноматериала. Магнитный материал должен обладать определенными свойствами для конкретных областей применения, что обуславливает необходимость точного контроля структуры используемого материала. Наиболее информативным методом, предоставляющим сведения об электронной структуре (о положении и характере переходов) магнитных наночастиц Fe_3O_4 является спектроскопия магнитного кругового дихроизма, которая заключается в различном поглощении света с левой (LCP (A_{lcp})) и правой (RCP (A_{rcp})) круговой поляризацией в продольном магнитном поле.

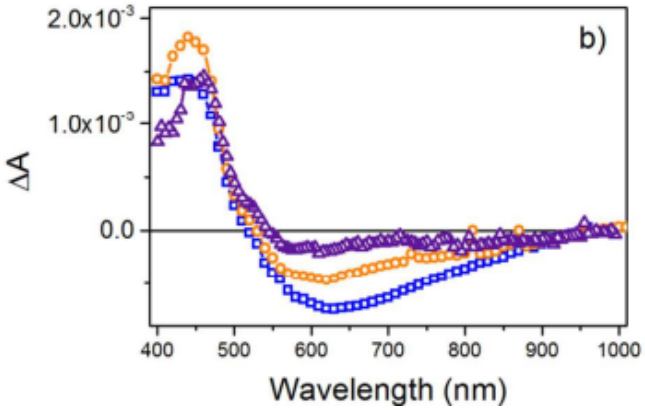


Рис. 1 – Временная эволюция спектров МКД МНЧ Fe_3O_4: синяя кривая – 3 месяца на воздухе, желтая кривая – 12 месяцев, фиолетовая – 24 месяца [1]

По мнению Кампо, спектр МКД МНЧ Fe_3O_4 следует интерпретировать как сумму вкладов двух фаз (магнетита и маггемита) [1]. Данные представления подтверждают исследования, проводившиеся в длительном временном диапазоне, в результате которых было

зафиксировано изменение спектров МКД после продолжительного контакта образца магнитных наночастиц Fe_3O_4 с воздухом (т.е. в спектре МКД проявлялся вклад маггемита, образовавшегося в результате окисления воздухом магнетита), что можно видеть на рисунке 1.

Из рисунка видно, что с течением времени спектры МКД претерпевают изменения, обусловленные, с точки зрения Кампо, окислением магнетита до маггемита.

С целью различения перекрывающихся спектральных полос магнетита и маггемита Кампо предлагает воспользоваться тем, что их спектры МКД характеризуются разной зависимостью от напряженности магнитного поля. Для этого он предлагает произвести процедуру разложения спектра МКД на компоненты, используя следующую формулу:

$$CD\ (H) = \sum_{i=1,2} A_{sp,i} L(C_i H) + A_{lin} H, \quad (1)$$

где $A_{sp,i}$ — амплитуда сигнала МКД i-го суперпарамагнитного вклада на данной длине волны; A_{lin} — амплитуда линейной компоненты, обусловленной влиянием матрицы и оптических элементов; L — функция Ланжевена (математическая функция, используемая для описания намагниченности: $L(x) = \coth(x) - 1/x$; C_i — отражает объем соответствующей фазы (суперпарамагнитной компоненты); H — напряженность магнитного поля [1].

В нашем случае членом $A_{lin}H$ мы пренебрегаем в области короче 350 нм. Отмечается присутствие зависящего от длины волны сигнала МКД в нулевом поле $A_0(\lambda)$. Таким образом, для аппроксимации предлагается использовать следующую формулу:

$$\Delta D(\lambda, H) = A_{sp,1}(\lambda) L(C_1 H) + A_{sp,2}(\lambda) L(C_2 H) + A_0(\lambda). \quad (2)$$

Если кривая в некоторой спектральной области описывается одиночной функцией Ланжевена, в спектрах в данной области прослеживается вклад только от одной фазы. В этом случае мы получим следующие варианты значений амплитуд на фиксированной длине волны: $A_{sp,1}(\lambda_{fix}) \neq 0$, $A_{sp,2}(\lambda_{fix}) \approx 0$, либо наоборот: $A_{sp,1}(\lambda_{fix}) \approx 0$ и $A_{sp,2}(\lambda_{fix}) \neq 0$.

При этом $A_{sp,1}(\lambda_{fix}) = \Delta D_{sat}(\lambda_{fix}) - A_0(\lambda)$, аналогично во втором случае $A_{sp,2}(\lambda_{fix}) = \Delta D_{sat}(\lambda_{fix}) - A_0(\lambda)$.

Значения C_1 и C_2 могут быть определены по наклону кривой $\Delta D(\lambda_{fix}, H)$ при малых значениях H на линейном участке зависимости сигнала МКД от H. Поскольку в случае одиночных функций Ланжевена $A_{sp,i}(\lambda_{fix})$ численно равны уровню насыщения $\Delta D_{sat}(\lambda_{fix})$ по H кривой $\Delta D(\lambda_{fix}, H)$, можно записать:

$$\frac{(\Delta D(\lambda_{fix}, H) - A_0(\lambda))}{(\Delta D_{sat}(\lambda_{fix}) - A_0(\lambda))} = L(C_1 H). \quad (3)$$

При малых x имеем: $L(x) = x/3$, или

$$\frac{(\Delta D(\lambda_{fix}, H) - A_0(\lambda))}{(\Delta D_{sat}(\lambda_{fix}) - A_0(\lambda))} = \frac{C_1}{3} H. \quad (4)$$

Для двух данных длин волн определяем: C_1, C_2, $A_{sp,1}(\lambda_{fix})$, $A_{sp,2}(\lambda_{fix})$. В работе [1] в качестве опорных спектральных точек используются следующие длины волн: ~ 400 ($A_{sp,2}(400) = 0$) и более 650 нм ($A_{sp,1}(650) = 0$). Для наших расчетов мы используем длины волн 400 и 700 нм.

Далее по этим данным производим расчет амплитуд сигнала МКД двух суперпарамагнитных вкладов для других длин волн используя систему уравнений:

$$\Delta D(\lambda_i, H_1) - A_0(\lambda_i) = A_{sp,1}(\lambda_i) L(C_1 H_1) + A_{sp,2}(\lambda_i) L(C_2 H_1), \quad (5)$$

$$\Delta D(\lambda_i, H_2) - A_0(\lambda_i) = A_{sp,1}(\lambda_i) L(C_1 H_2) + A_{sp,2}(\lambda_i) L(C_2 H_2).$$

Вводим обозначение D:

$$D = L(C_1 H_1) L(C_2 H_2) - L(C_2 H_1) L(C_1 H_2). \quad (6)$$

Тогда решение системы уравнений будет выражаться следующим образом:

$$A_{sp,1}(\lambda_i) = \frac{1}{D}\{[\Delta D(\lambda_i, H_1) - A_0(\lambda_i)]L(C_2H_2) - [\Delta D(\lambda_i, H_2) - A_0(\lambda_i)]L(C_2H_1)\}, \quad (7)$$

$$A_{sp,2}(\lambda_i) = \frac{1}{D}\{[\Delta D(\lambda_i, H_2) - A_0(\lambda_i)]L(C_1H_1) - [\Delta D(\lambda_i, H_1) - A_0(\lambda_i)]L(C_1H_2)\}.$$

Поскольку C_1, C_2 не зависят от длины волны, то для всех длин волн используются одни и те же значения C_1, C_2.

Используя вышеприведенный математический аппарат, мы производим расчет амплитуд сигнала МКД 2-х суперпарамагнитных вкладов всех исследуемых образцов МНЧ для всех выбранных нами длин волн.

На рисунке 2 представлена серия спектров магнитного кругового дихроизма тонких пленок сферических МНЧ Fe_3O_4 при разных значениях напряженности магнитного поля.

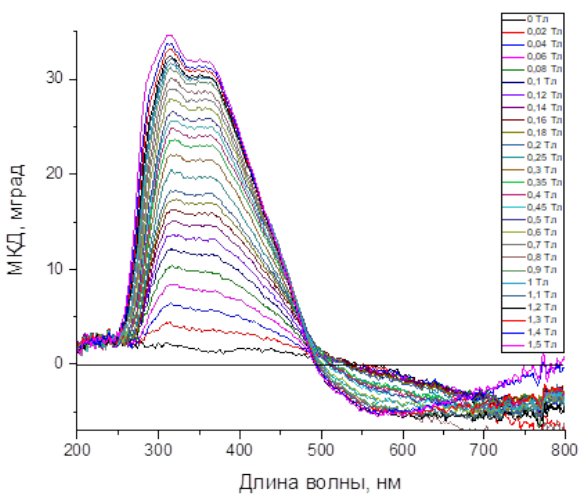


Рис. 2 – Спектры магнитного кругового дихроизма сферических МНЧ Fe_3O_4

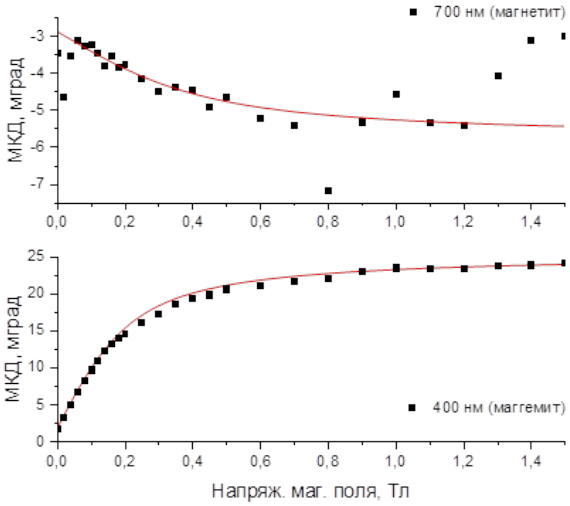


Рис. 3 – Зависимость значений МКД на длинах волн 400 и 700 нм от напряженности магнитного поля. Красная кривая – аппроксимация по формуле 2

По полученным спектрам МКД построим зависимость значений МКД на длинах волн 400 и 700 нм от напряженности магнитного поля (рис.3).

При рассмотрении кривой для $\lambda = 400$ нм видно, что при $H < 0{,}1$ Тл кривая имеет линейный участок, для которого мы можем получить:

$$A_0 = 1{,}68 \text{ мград},$$

$$\Delta D(0{,}1) = 9{,}71 \text{ мгард},$$

$$\Delta D_{sat} = 23{,}3 \text{ мград},$$

$$C_1 = \frac{9{,}71-1{,}68}{23{,}3-1{,}68} \cdot \frac{3}{0{,}1} = 11{,}1 \text{ Тл}^{-1},$$

$$A_{sp,1} = 23{,}3 - 1{,}68 = 21{,}62 \text{ мград},$$

$$A_{sp,2} = 0 \text{ мград}.$$

Проводим аналогичный расчет для кривой $\lambda = 700$ нм:

$$A_0 = -2{,}88 \text{ мград},$$

$$\Delta D(0{,}1) = -3{,}35 \text{ мгард},$$

$$\Delta D_{sat} = -5{,}39 \text{ мград},$$

$$C_2 = \frac{3{,}35-2{,}88}{5{,}39-2{,}88} \cdot \frac{3}{0{,}1} = 5{,}61 \text{ Тл}^{-1},$$

$$A_{sp,1} = 0 \text{ мград},$$

$$A_{sp,2} = -(5{,}39 - 2{,}88) = -2{,}51 \text{ мград}.$$

Используя систему двух уравнений (7), рассчитываем амплитуды сигнала МКД двух суперпарамагнитных вкладов для других длин волн и строим график зависимости амплитуды сигнала МКД для двух фаз от длины волны (рис.4).

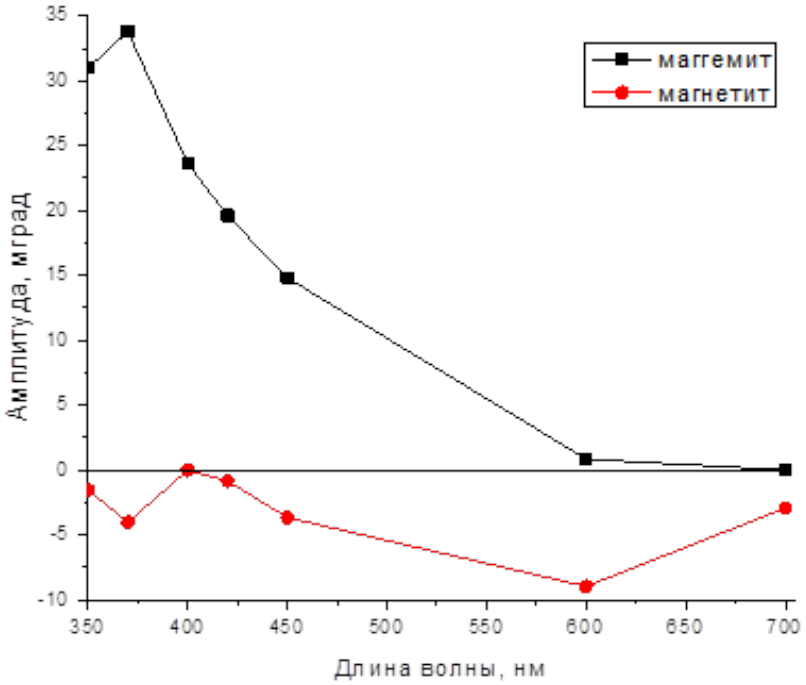


Рис. 4 – Зависимость амплитуды сигнала МКД для двух фаз от длины волны

Согласно представлениям, указанным в статье [1], величины C_1, C_2 пропорциональны объему соответствующих фаз. По величине значений C_1, C_2 можно сделать вывод о соотношение двух фаз (маггемита к магнетиту) в анализируемом образце сферических МНЧ, которое приблизительно равно 2 к 1.

Аналогичные расчеты были произведены для кубических и «условно кубических» МНЧ (синтез был поставлен по протоколу кубических частиц: прекурсоры и их количество были идентичны, различались условия синтеза МНЧ, поэтому они названы «условно кубическими»). Соотношение двух фаз (маггемита к магнетиту) в образце кубических МНЧ приблизительно равно 1,1 к 1, а в образце «условно кубических» — 11 к 1.

В данной работе были исследованы спектры МКД сферических, кубических (полученных разными процедурами синтеза) МНЧ Fe_3O_4. Было обнаружено, что спектры МКД всех исследуемых МНЧ представляют собой сумму вкладов двух фаз: магнетита и маггемита. Используя разную зависимость спектров МКД двух фаз от напряженности магнитного поля, было произведено разложение полученных спектров сухих слоев МНЧ на компоненты, что позволило произвести разделение вкладов фаз в спектре МКД.

Полученные спектральные зависимости амплитуд показали, что все анализируемые образцы окислены в различной степени, доминирующий вклад в спектрах во всех 3-х случаях вносил маггемит.

Показано, что маггемит содержит несколько положительных максимумов в области 300 – 425 нм и близкое к 0 значение интенсивности сигнала МКД в области $\lambda > 650$ нм. Интенсивные переходы в области 300 – 425 нм большинство авторов рассматривают как переходы, обусловленные переносом заряда лиганд-металл, в которых участвуют поверхностные атомы кислорода (переходы не подвержены запрету по симметрии) [2 – 5]. В области $\lambda > 490$ нм у маггемита отмечено наличие переходов, которые могут быть

трактованы как переходы межрешеточного переноса заряда [2,4,5]. Переходы, связанные с межвалентным переносом заряда, у маггемита отсутствуют, т.к. все атомы железа имеют одинаковую валентность.

Магнетит содержит положительную полосу в области 425 – 450 нм, предположительно связанную с межрешеточным переносом заряда [2,4,5], широкая отрицательная полоса с максимумом в области 600 – 700 нм может быть обусловлена межвалентным переносом заряда [2,4,5], а область отрицательных значений МКД от 350 нм и короче пока не поддается однозначной интерпретации.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1) спектры МКД МНЧ Fe_3O_4 определяются не архитектурой или формой МНЧ, а соотношением фаз магнетита и маггемита, который в тех или иных количествах присутствует во всех образцах;
2) вклады магнетита и маггемита в спектрах МКД могут быть разделены на основании зависимости МКД от напряженности магнитного поля;
3) интенсивная полоса в спектре МКД в области 300 – 400 нм, содержащая несколько положительных максимумов, наблюдаемая в спектрах МНЧ магнетита, принадлежит на самом деле не магнетиту, а маггемиту и, предположительно, связана с переходами переноса заряда лиганд-металл с участием поверхностных атомов кислорода.

Список использованных источников

1. Campo G. et al. Magneto-optical probe for investigation of multiphase Fe oxide nanosystems // Chemistry of Materials. – 2015. – V.27. – №2. – Pp. 466–473.
2. Lin C.R. et al. Fe3S4 and Fe3O4 magnetic nanocrystals: magneto-optical and Mössbauer spectroscopy study // Materials Research Express. – 2014. – V.1. – №2. – Pp. 025033.
3. Yao H., Ishikawa Y. Finite size effect on magneto-optical responses of chemically modified Fe3O4 nanoparticles studied by MCD spectroscopy // The Journal of Physical Chemistry C. – 2015. – V.119. – №23. – Pp. 13224–13230.
4. Spivakov A. et al. Magnetic and magneto-optical oroperties of iron oxides nanoparticles synthesized under atmospheric pressure // Nanomaterials. – 2020. – V. 10. – №9. – Pp. 1888.
5. Cai J. et al. Large-scale, facile transfer of oleic acid-stabilized iron oxide nanoparticles to the aqueous phase for biological applications // Langmuir. – 2017. – V.33. – №7. – Pp. 1662–1669.

УДК 53.06

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПО ЦИКЛУ АКТИВНОЙ МАГНИТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

Комилова М.У.

Научный руководитель – Тукмакова А.С., кандидат технических наук, доцент

andin_123689@mail.ru

Работа выполнена в рамках проекта РНФ №21-72-10147 «Разработка научных основ нового поколения твердотельных магнитных рефрижераторов».

Ключевые слова

Магнитокалорический эффект, активный магнитный регенератор, магнитокалорический холодильник, численное моделирование, оптимизация, фазовый сдвиг, межреберное расстояние, теплоотвод.

В настоящее время основным потребительским видом холодильного оборудования являются парокомпрессионные холодильные установки. У таких холодильных машин имеется ряд недостатков, таких как: большое энергопотребление, износ компрессорного оборудования, риск утечки хладагента (фреона), вред окружающей среде, большие размеры, трудоемкость обслуживания. В связи с этим в последние десятилетия задача создания компактного, экологически безопасного, энергетически эффективного и высоконадежного холодильника стала актуальной. Преимуществом в этом вопросе обладают твердотельные источники холода (тепла), так как они не имеют движущихся частей в системе, не используют жидкие и газообразные фреоны, имеют малые габариты, затрачивают меньше энергии. К такому классу относятся и холодильные установки, работающие на магнитокалорическом эффекте.

Магнитокалорический эффект (МКЭ) свойственен всем магнитным материалам и обусловлен связью магнитной подрешетки с магнитным полем, изменяющим магнитную часть энтропии твердого тела. Как и сжатие газа, изотермическое намагничивание парамагнетика или мягкого ферромагнетика уменьшает энтропию. В обратимом процессе размагничивание, как и расширение газа, восстанавливает магнитную энтропию системы при нулевом магнитном поле. Термодинамический цикл в МКЭ в ферромагнетиках вблизи его температуры магнитного упорядочения (температуры Кюри, T_c) схематически показана на рис. 1. Магнитокалорический эффект характеризуется изменением энтропии ($\Delta S_м$), если процесс протекает изотермически, или изменением температуры ($\Delta T_{ад}$) – при адиабатном процессе, за счет изменения магнитного поля.

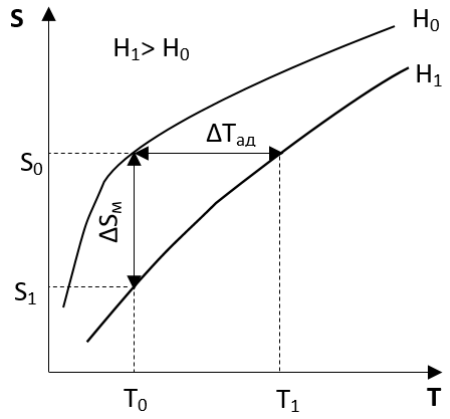


Рис. 1 – Схематическое изображение ST-диаграммы магнитного материала при нулевом (H0) и ненулевом (H1) значении магнитного поля

С открытия феномена магнитокалорического эффекта в 1918 году физиками П. Вайсом и А. Пикаром [1] начались исследования по возможности применения данного явления. Так в 1926–1927 годах впервые был предложен процесс охлаждения с помощью адиабатического размагничивания [2,3]. Далее, демонстрация в 1976 году Дж. Брауном [4] первого магнитного холодильника показала существующий потенциал применения МКЭ для охлаждения при комнатных температурах, что вызвало огромный интерес со стороны всего мира. В настоящее время ученые прилагают усилия для внедрения магнитных холодильников в широкое потребление в качестве альтернативы традиционным холодильникам. Однако данную задачу сложно решить экспериментальным путем или аналитическими расчетами. Применение численных методов является неотъемлемой частью подобных исследований и разработок.

В магнитокалорической холодильной системе основным узлом является регенератор. Он изготавливается из магнитокалорического материала, который также выполняет роль активного хладагента. Поэтому процесс охлаждения (нагрева) носит название активной магнитной регенерации (АМР), а магнитокалорический (МК) материал, используемый в процессе, – активного магнитного регенератора (АМР). Существует несколько термодинамических циклов, в которых можно использовать АМР, но чаще всего используется цикл Брайтона, так как рабочие условия цикла (адиабатный и изополевый) легче реализуемы.

На рис. 2 показана простая схема цикла Брайтона, основанного на АМР (или так называемого АМР-цикла). Вначале происходит процесс намагничивания магнитокалорического материала, при котором его температура растет за счет МКЭ. Теплоноситель (рабочая жидкость), из холодного теплообменника (ХТО, теплоисточника) поступает в пустоты пористого (или ребристого) МК материала в АМР, находящегося в магнитном поле. Проходя через пористую структуру (пазы) регенератора, рабочая жидкость нагревается и покидает материал. Затем жидкость поступает в горячий теплообменник (ГТО, теплоотводчик), где отдает тепло в окружающую среду. Та же жидкость, охлажденная окружающей средой, противотоком снова проходит через магнитокалорический регенератор. Без воздействия магнитного поля на регенератор, жидкость охлаждается за счет магнитокалорического эффекта. Далее, охлажденная жидкость выходит из АМР и поступает в ХТО.

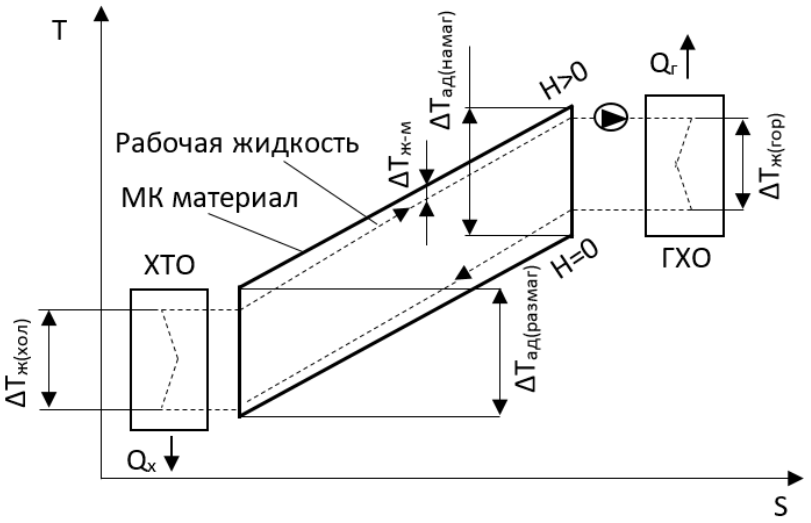


Рис. 2 – Схематическое изображение полного АМР цикла типа Брайтона на TS-диаграмме [5]

Моделирование процесса магнитного охлаждения осуществлялось в программной среде Comsol Multiphysics, где для решения инженерных задач используется метод конечных элементов.

Работа состоит из двух частей. В первой проводилось сравнение трех значений фазового сдвига (0˚, 90˚ и 270˚) между функциями изменения магнитного поля и смещения

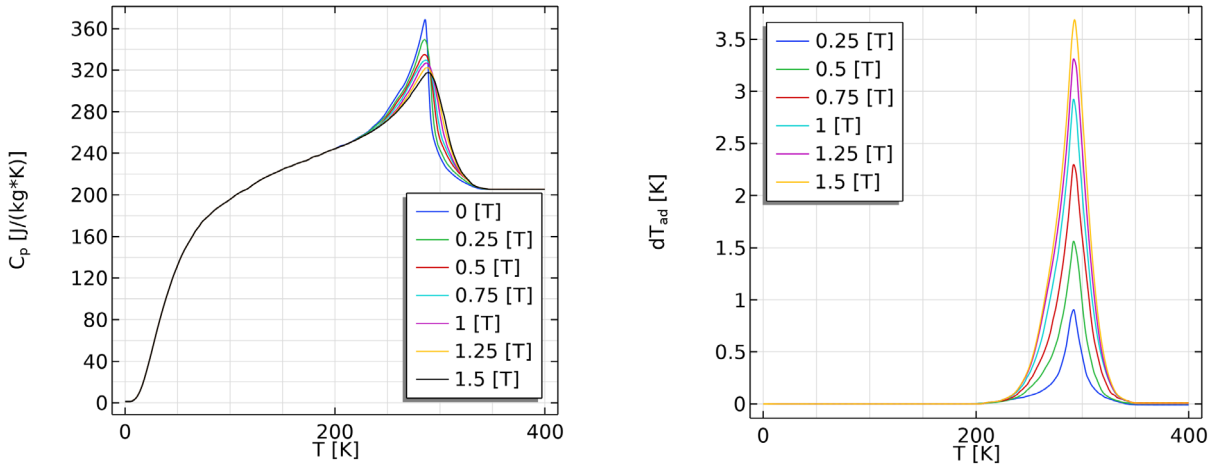
поршней, с изменением магнитного поля от 0 до 1.5 Тл с шагом 0.25 Тл. Во второй части проводился анализ изменения значения ширины каналов в регенераторе (10 мкм, 40 мкм и 60 мкм), по которым движется теплоноситель.

Процессы намагничивания и размагничивания были заданы количеством подводимого и отводимого тепла, – тепловым потоком Q_{in} (Вт). Значение было введено по формуле количества теплоты, получаемого при изменении температуры:

$$Q_{in}=C(H(t),T)\cdot m\cdot \Delta T\,(H(t),T)/t\,, \qquad (1)$$

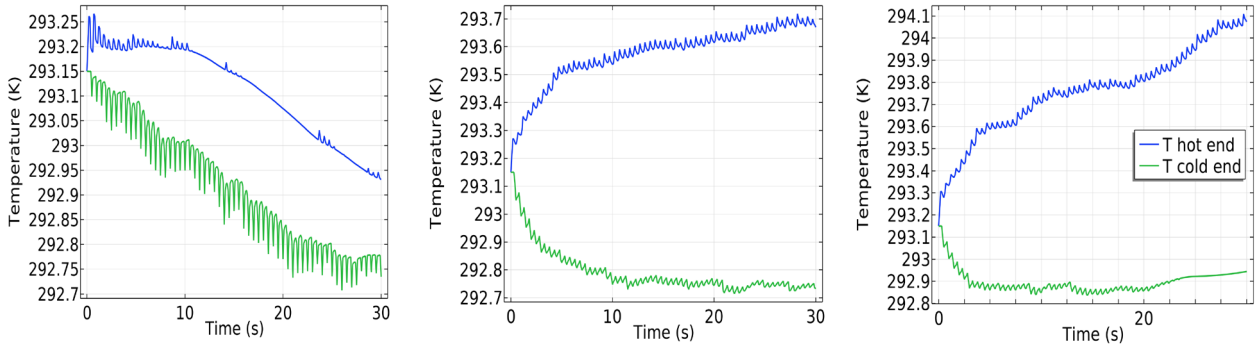
где C – удельная теплоемкость (Дж/(кг·К)), m – масса, кг, ΔT – изменение температуры (К), t – время одного цикла намагничивания и размагничивания (0.5 с).

Удельная теплоемкость и изменение температуры были заданы функциями от текущего значения магнитного поля (варьируемого от 0 до 1.5 Тл, в зависимости от времени) и текущего значения температуры. Функции теплоемкости и адиабатного изменения температуры МК материала были получены в ходе эксперимента (рис. 3, а,б).



а б

Рис. 3 – Интерполированные значения: а) удельной теплоемкости гадолиния при разных значениях магнитного поля, Ср (T, H); б) адиабатической разности температур гадолиния при разных значениях магнитного поля, ΔTad (T, H)



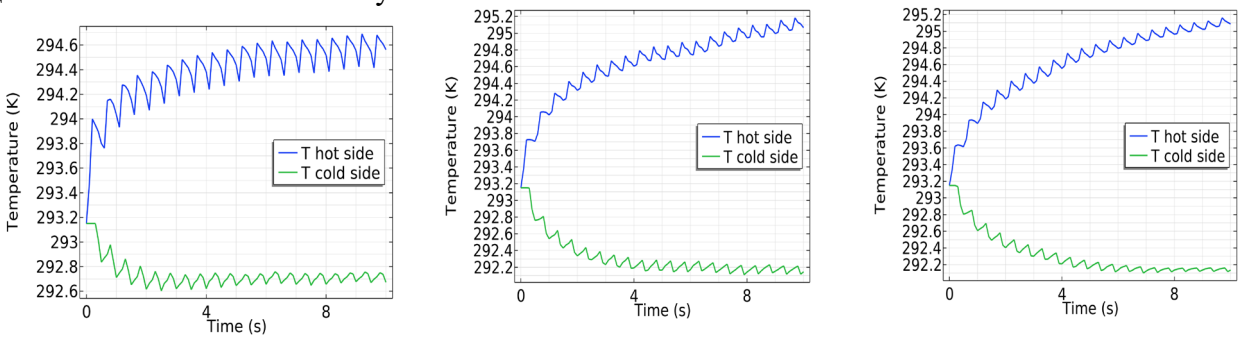
а б в

Рис. 4 – Графики зависимости температуры теплоносителя от времени при фазовом сдвиге (а) 0 градусов, (б) 90 градусов, (в) 270 градусов

Результаты расчета разности температур на теплом и холодном концах системы при разных значениях фазового сдвига между функциями изменения магнитного поля и движения теплоносителя приведены на рисунке 4 а, б и в. В результате расчета модели с фазовым сдвигом равным 0˚, 90˚ и 270˚ с заданным временем в 30с разность температур составила 0,25, 1 и 1,15 градусов соответственно. При этом, при фазовом сдвиге 90˚ наблюдается более стабильное изменение температуры, при 0˚ и на теплом, и на холодном концах наблюдается

спад температур. При 270˚ после пятой секунды на холодном конце системы процесс охлаждения останавливается, а после 20-й секунды температура и на холодном, и на теплом концах системы следует резкому увеличению.

Приведенные ниже графики отображают разность температур на холодном и теплом концах системы при различных значениях ширины каналов в регенераторе. При значении зазора 40 мкм температура на холодной стороне системы достигает 292.2 К за 4 с, при значении 60 мкм – за 6 с, а при 10 мкм это значение не было достигнуто за расчетное время в 10 с. Помимо этого, сам расчет занимал также разное время в зависимости от выбранной ширины зазора: для 60 мкм оно равнялось 1 часу 42 минутам, для 40 мкм – 4 часам 50 минутам, для 10 мкм – 11 часам 7 минутам.



а б в

Рис. 5 – Графики зависимости температуры теплоносителя от времени при ширине канала (а) 10 мкм, (б) 40 мкм, (в) 60 мкм

Модель после процесса оптимизации содержит следующие элементы (рис.6): регенератор в виде десяти концентрических колец, изготовленных из гадолиния массой 0.08 г, толщина колец – 0.1 мм, расстояние между кольцами – 0.04 мм; теплоноситель – воду, проходящую по пазам регенератора, объемом $30 \cdot 10^{-9}$ м^3; два тефлоновых поршня высотой 0.1 мм, обеспечивающие возвратно-поступательное движения воды. Радиус и высота системы рассчитывалась по исходным данным.

Магнитное поле описывалось синусоидальной функцией, подавалось постоянное поле с максимальным значением 1.5 Тл (рис.6). Рабочая частота составила 2 Гц, фазовый сдвиг между функциями магнитного поля и движения теплоносителя – 0˚.

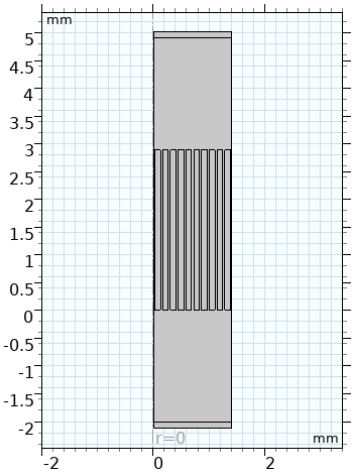


Рис. 6 – Общий вид геометрии магнитного регенератора в среде Comsol Multiphysics

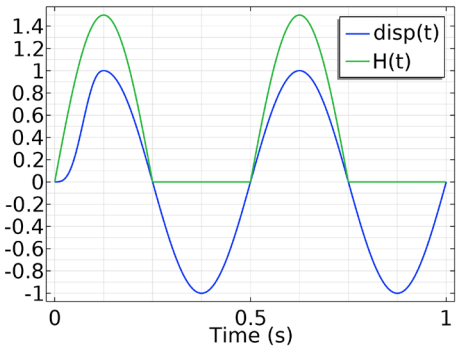


Рис. 7 – График функций зависимости движения жидкости (disp(t), [мм]) и приложенного магнитного поля (H(t), [T]) от времени

Максимальное значение вводимого теплового потока составило 0.22 Вт. Для поддержания температуры на теплом конце системы с помощью граничного условия был задан отвод тепла в период нагрева системы (при намагничивании), равный 0.085 Вт. На холодном конце наблюдался спад температуры до 270 К (рис.7). С помощью инструментов постобработки результатов в программе был определен тепловой поток на холодном конце системы, который далее в соотношении к объему используемого магнитокалорического материала ($12.7 \cdot 10^{-3}$ см^3) составил – 5 Вт/см^3.

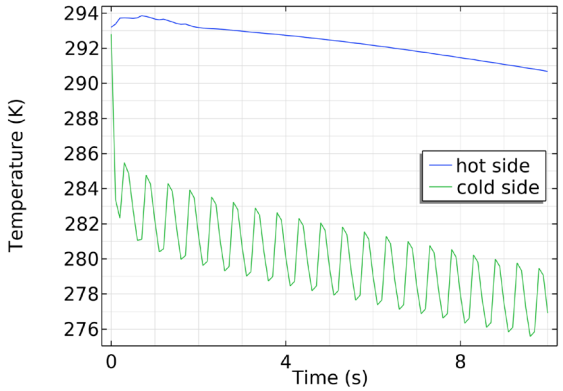


Рис. 8 – Температура на теплом и холодном концах системы

В данной работе, посвященной численному моделированию магнитокалорического преобразователя, был проведен анализ оптимизация геометрии МК регенератора, – выбрано оптимальное значение межреберного расстояния, равного 40 мкм, Выбрано оптимальное значение фазового сдвига для синусоидальной функции теплового потока, равный нулю. В оптимизированной модели МК холодильника была показана возможность получения разности температур в 15 К при работе при комнатных температурах.

Дальнейшие исследования включают выбор режима для поддержания температуры на теплом конце системы постоянной и равной комнатной, а также подбор и численное моделирование теплообменных аппаратов для магнитокалорической холодильной системы.

Литература

1. Weiss P., Piccard A. Sur un nouveau phénomènemagnétocalorique // Compt Rend Ac Sci – 1918. – V. 166. – Pp. 352–354.
2. Debye P. Einige bemerkungenzur magnetisierungbeitiefer, temperature // Annals of Physics – 1926. – V. 386. – Pp. 1154–1160.
3. Giauque W.F. A thermodynamic treatment of certain magnetic effects. A proposed method of producing temperatures considerably below 18 absolute // Journal of the American Chemical Society – 1927. – V. 49. – Pp. 1864–1870.
4. Brown G.V. Magnetic heat pumping near room temperature // Journal of Alloys and Compounds – 1976. – V. 47. – Pp. 3673–3680.
5. Kitanovski A., Tusek J., Tomc U., Plaznik U., Ozbolt M., Poredos A. Magnetocaloric Energy Conversion:From Theory to Applications. – Springer, 2015. – 471 p.

УДК 332.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА УСЛУГ УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Кранина А.Д.

Научный руководитель – Овсянко Д.В., доцент, кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

annakranina@gmail.com

Ключевые слова

Жилищно-коммунальные услуги, повышение качества услуг, критические характеристики качества, управляющая компания, оценка качества.

На сегодняшний день сфера жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) является неотъемлемым элементом, обеспечивающим комфортное существование населения. Реформирование ЖКХ в рамках перехода на рыночные отношения предусматривает необходимость управления качеством жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ), как один из стимулирующих факторов конкурентного преимущества. Несмотря на это, уровень удовлетворенности граждан не растет, а число обращений, связанных с некачественным предоставлением услуг только увеличивается. Именно управляющим компаниям (УК) в сфере ЖКХ принадлежит ключевая роль в формировании потенциала совершенствования качества предоставляемых услуг с целью удовлетворения ожиданий потребителей.

Комплексный подход к системе жизнеобеспечения граждан рассматривает сферу ЖКУ как одну из ключевых, что подразумевает особую необходимость в повышении качества данных услуг [1].

Основополагающей целью в оценке качества жилищно-коммунальных услуг является получение достоверной информации о текущем качестве предоставления услуг ЖКУ для дальнейших преобразований по их улучшению [2].

В первой главе исследования были сформулированы основные понятия, структура и особенности жилищно-коммунальных услуг, рассмотрена нормативно-правовая база, направленная на регулирование отрасли ЖКХ, а также выявлены и систематизированы факторы, влияющие на качество жилищно-коммунальных услуг.

В рамках работы был проведен анализ деятельности управляющей компании «XXX», предоставляющей жилищно-коммунальных услуги населению с 2016 года в городе Санкт-Петербург.

Для формирования понимания образа потребителя, а также его ожиданий и претензий, связанных с качеством жилищно-коммунальных услуг было проведено анкетирование. Ввиду того, что большая часть отдельных услуг управляющей компании очевидна и не требует уточнения, на следующем этапе анализа был сформирован ряд критических характеристик качества, анализ которых позволит выявить приоритетные направления совершенствования услуг [3,4]. В рамках критических характеристик качества были выбраны услуги по данным наибольшего количества поступивших обращений и вопросов на объекте исследования, статус которых не вполне понятен. Опираясь на данные характеристики, с помощью опросника по модели Нориаки Кано, были интерпретированы потребности и ожидания потребителей жилищно-коммунальных услуг с целью их дальнейшего совершенствования [5].

Полученные результаты опроса позволили с помощью ключей распределить услуги по категориям соответствующих характеристик на матрице Кано, с целью приоритетного оказания наиболее востребованных услуг.

В связи с тем, что выбранная совокупность услуг была сформирована на основании наибольшего количества обращений, были предложены комплексные решения, учитывающие приоритетность наиболее значимых услуг в глазах потребителя. Для формализации

рассматриваемые услуги были объединены в блоки согласно целевой направленности: техническое обслуживание, уборка и взаимодействие с жильцами.

Финансирование данного комплекса мероприятий планируется провести за счёт ресурсов управляющей компании. На основании данных открытых источников чистая прибыль ООО «УК «ХХХ» в 2021 г. составила 3,14 млн.руб. Данный объем денежный средств позволяет произвести закупку необходимых материалов и оплату работ и услуг.

На основании экспертного опроса сотрудников ООО «УК «ХХХ» в результате внедряемых мероприятия общий объем собираемости оплат жилищно-коммунальных услуг может увеличиться в среднем на 3% в 2022 году. В абсолютном значении данный прост собираемости может составить 2,3 млн. руб.

Для формирования результатов о внедренных мероприятиях необходимо проводить ежеквартальный мониторинг обратной связи между потребителем услуг и управляющей компанией [6]. Алгоритм проведения мониторинга представлен на слайде. Анализ полученных результатов необходимо будет представлять в виде радарных диаграмм по каждому из параметров, с целью графического представления изменений потребительской удовлетворенности с течением времени [7].

Список использованных источников

1. Агафонова М.С., Алтухова А.В. Повышение качества и доступности жилищно-коммунальных услуг // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2018. – Т. 2. – С. 451–455.
2. Словарь терминов ЖКХ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kvartplata.info/home/helpful-info/glossary/ (дата обращения: 17.02.2022.).
3. Саркисян А.А. Аспекты функционирования и тенденции развития жилищно-коммунального хозяйства и его составных элементов // Вестник: инженерный вестник Дона / Экономика и экономические науки. – Кисловодск, 2017. – Т. 4. – №2. – С. 25-32.
4. Азбука для потребителей услуг ЖКХ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/indexazbuka_jkh.pdf (дата обращения: 22.02.02022).
5. ЖКХ и коммунальные услуги. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ozhkh.ru/zhilishhno-kommunalnoe-hozyajstvo/kontroliruyushhie-organy-zhkh (дата обращения: 22.02.2022).
6. Жилищно-коммунальное хозяйство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravosudie.guru/nedvizhimost/upravlenie/mkd/upravlyayushhaya-kompaniya/kto-i-kak-kontroliruet.html (дата обращения: 22.02.2022).
7. Словарь терминов сферы ЖКХ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vgkh.ru/jsk/slovar/resursosnabzh_organiz/ (дата обращения: 23.02.2022).

УДК 004.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАВИГАЦИИ ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ ЗРЕНИЯ

Крылатых Д.Н.

Научный руководитель – Коваленко П.П., кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники

danilfromusk@gmail.com
ppkovalenko@itmo.ru

Ключевые слова
Навигационное устройство, люди с нарушениями зрения, обработка сигналов, распознавание объектов, свёрточные нейронные сети, человеко-машинное взаимодействие.

Основную часть информации об окружающей среде человек получает с помощью зрения. Поэтому людям с его нарушениями приходится восполнять этот пробел посредством слуха, обоняния и осязания. Но даже при этом человеку будет сложно ориентироваться в условиях городской среды.

С каждым годом количество людей, страдающих от нарушений зрительной функции, становится все больше. И никто не застрахован от снижения или полной потери зрения.

Основной проблемой, с которой сталкиваются слепые и слабовидящие, является обеспечение им беспрепятственного и безопасного доступа к объектам инженерной, транспортной, социальной и информационной инфраструктур.

Без дополнительных внешних пространственных ориентиров людям с ослабленным зрением непросто целенаправленно передвигаться и ориентироваться в городской среде. Поэтому в настоящее время люди всё чаще прибегают к помощи компьютерных технологий.

Обзор существующих решений

В данной области существует множество решений, среди которых: очки EVA Vision [1] со встроенной камерой и голосовым управлением; устройство IT-кластера «Сколково» 3D [2] – система технического зрения для слепых, состоящая из навигатора OrNavi и OrCV очков со встроенными видеокамерами; устройство для навигации Ashirase [3] – система вибрирующей обуви и т.д. Все они обладают своими достоинствами, но никто не получил широкого распространения. И чтобы разобраться в причине этого, остановимся более подробно на некоторых из них.

В патенте [4] представлено устройство в виде шлема со встроенной видеокамерой и дальномером. Принцип работы заключается в следующем: после того как пользователь задал место назначение с помощью микрофона, приемник спутниковых сигналов определяет координаты местоположения и строит маршрут. Данные о следовании по маршруту поступают в виде звука через наушники. Видеокамера фиксирует наличие препятствий на пути следования пользователя, а дальномер определяет количество шагов до препятствия.

Преимуществом данного устройства является автономность и возможность использования как внутри помещения, так и снаружи.

К недостаткам можно отнести большие размеры устройства и присутствие стигматизации. Пользователи должны чувствовать себя комфортно, не испытывая при этом какого-либо социального неудобства.

В патенте [5] представлена система устройств для улучшения качества жизнедеятельности инвалидов по зрению и их социализации. Данная работа объединяет решение нескольких задач, а именно: обеспечение видео сопровождения, голосового сопровождения, позиционирования, определения структуры дорожного покрытия, препятствий, объектов и их свойств и местоположения и размещении на инвалидах или других категорий пользователей носимых абонентских устройств. Ориентация осуществляется за

счёт удалённого общения пользователя с диспетчером, который корректирует передвижение инвалида по маршруту посредством радио голосовой связи, рассказывая инвалиду о том, что происходит вокруг, описывая словами объекты и препятствия.

Достоинствами данной системы является возможность обзора окружения в 360 градусов, большой функционал работы и предусмотрительность в нештатных ситуациях.

К явным недостаткам относятся сложность реализации системы, необходимость обработки большого количества информации. Пользователю необходимо носить множество датчиков, что может вызвать дискомфорт.

В статье [6] представлена технология внутренней навигации, включающей три основные функции. Во-первых, определение текущего местоположения человека на карте, во-вторых, передача структурированных данных о местоположении на устройство пользователя, и в-третьих, интерпретация данных в формате понятных пользователю.

Данное устройство использует вывески со штрих-кодом, размещенные у входов в комнаты или в других ключевых местах здания. Пользователь использует ручной считыватель для обнаружения цифровых меток. Считыватель освещает метки в окружающей среде и использует инфракрасную камеру для обнаружения и определения уникального номера каждой метки. Номер определяет место в здании. Программное обеспечение, работающее на мобильном устройстве, содержит цифровую карту. Также мобильное устройство использует синтетическую речь для передачи информации незрячему о текущем местоположении или инструкций по маршруту до пункта назначения.

Одним из преимуществ данной системы является быстрое предоставление информации об ориентации пользователю и не зависит от выборки во времени для определения направления движения.

Ограничение же заключается в том, что определение местоположения требует активного поиска с камерой дискретных маркеров. Поиск и чтение меток является более сложным в открытом пространстве, где их расположение менее предсказуемо.

Предлагаемое решение

На основе анализа функциональных требований к устройству на рисунке 1 предлагается следующая структурная схема его функционирования. Устройство содержит следующие основные блоки:

- датчики препятствий;
- микроконтроллер (МК);
- источник питания;
- устройство оповещения.

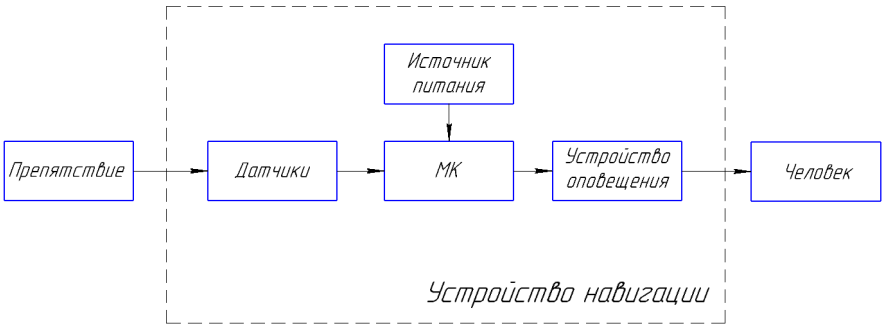


Рис. 1 – Структурная схема устройства

Также необходим корпус для каждого модуля с учетом обеспечения удобства пользователю при эксплуатации, необходимой эргономичности и устойчивости комплекса.

Приближаясь к препятствию, датчики улавливают объект и передают данные в блок обработки информации (микроконтроллер), который преобразует полученную информацию и формирует управляющие сигналы. Далее эти сигналы поступают на устройство оповещения, которое предоставляет информацию в понятном для человека виде. Человек же в свою очередь

принимает дальнейшее решение о передвижении, исходя из полученных сигналов.

В качестве датчиков обнаружения был взят ультразвуковой датчик расстояния, так как он обладает рядом преимуществ: большой угол обзора, способность работать независимо от типа освещения, температуры и влажности. Для оповещения был выбран вибромотор, чтобы не ограничивать слух незрячего человека.

Принимаемые сигналы с датчиков будут фильтроваться методами медианного фильтра и скользящего среднего. Для управления сигналом вибромотора используется широтно-импульсная модуляция. Так, в зависимости от полученного расстояния с датчика, будет изменяться период включения ШИМ на выходе микроконтроллера, чем ближе препятствие, тем активнее вибрация.

В системах машинного обучения в качестве датчиков распознавания объектов используются камеры, так как это самый простой способ получения данных об окружающих объектах. Для этого может быть использована любая камера необходимого разрешения и габаритов.

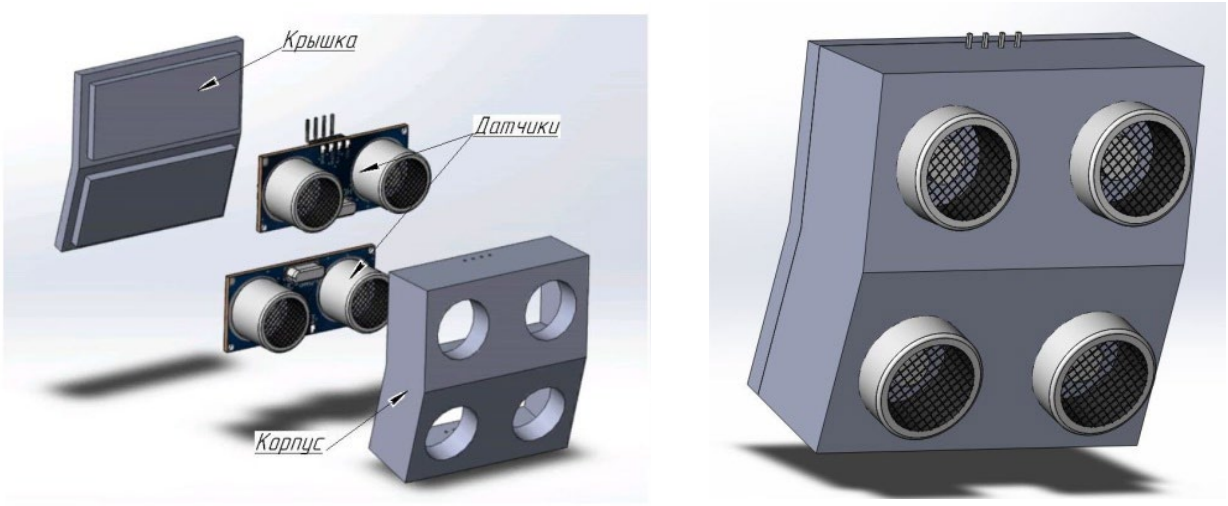
В данной задаче при выборе камеры большее значение было уделено небольшим габаритам, широкому углу обзора и возможностью прямого подключения к микроконтроллеру.

Наиболее производительным и эффективным методом распознавания объектов является использование алгоритмов глубокого обучения. Для решения данной задачи будут использованы свёрточные нейронные сети. Данные сети используют 2D свёрточные слои, которые хорошо подходят для распознавания изображений. Основными преимуществами глубоких нейронных сетей являются хорошая масштабируемость, высокая скорость работы, и гибкость использования.

Устройством оповещения об обнаруженном объекте будут служить наушники. Голосовое оповещение лучше всего подойдёт для передачи быстрой и полной информации пользователю.

Разработанная модель устройства

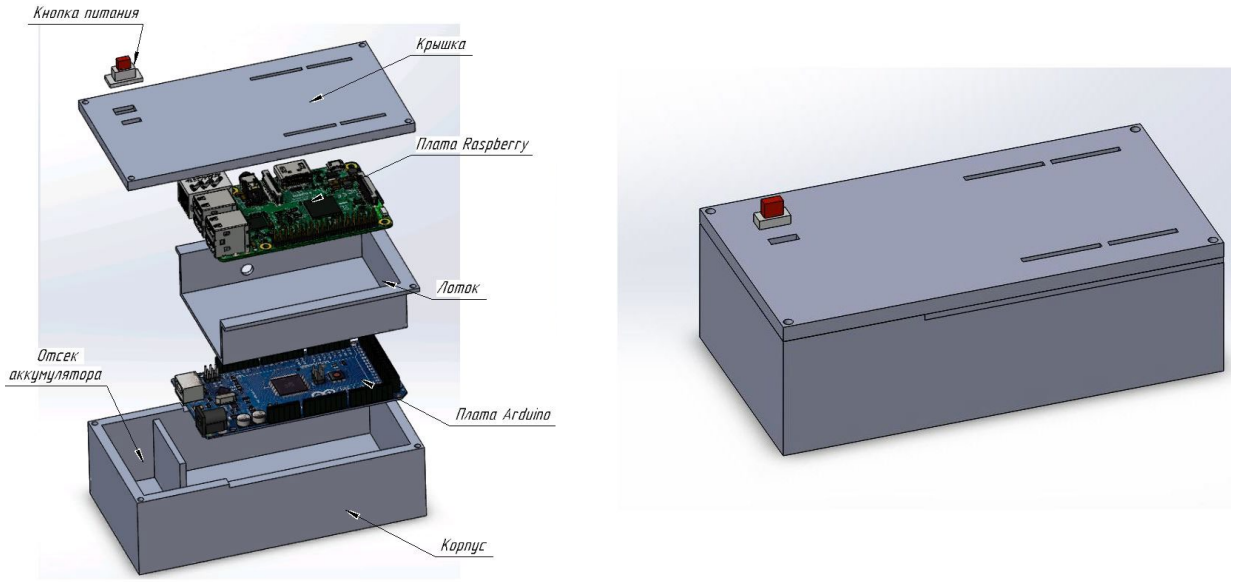
Эффективный рабочий угол ультразвуковых датчиков составляет менее 15 градусов, поэтому для большего охвата диапазона поиска препятствий был разработан корпус с двумя датчиками (рис. 2).



а б

Рис. 2 – Компоновка корпуса УЗ датчика: а) разобранный вид; б) в сборке

Также для надёжности был разработан корпус для микроконтроллеров с блоком аккумулятора и кнопкой включения устройства. Модель корпуса приведена на рисунке 3.



а б

Рис. 3 – Компоновка корпуса МК: а) разобранный вид; б) в сборке

Для уменьшения социальной стигматизации и увеличения удобства эксплуатации в качестве основы для устройства навигации был взят рюкзак.

Разработанная модель представлена на рисунке 4. Данное устройство состоит из следующих компонентов: рюкзака; двух двойных ультразвуковых датчика, прикреплённых к внешней стороне лямок рюкзака на уровне плеч; двух одиночных ультразвуковых датчика, прикреплённых к боковым сторонам; шести вибромоторов на каждый УЗ датчик, четыре из которых расположены сверху и снизу от двойных датчиков на лямках и два на задней стороне рюкзака; модуля камеры, вшитой в ремешок между лямками; управляющей платы и аккумулятора, вшитых во внутреннюю сторону задника рюкзака.

а б

Рис. 4 – Модель устройства: слева – вид сзади; слева – вид спереди

Регулировка расстояния между двойными датчиками осуществляется за счёт ремешка, вшитого между лямками.

Наушники (не показаны) подключаются напрямую в МК через порт на боковой стороне корпуса управляющего устройства.

Расположенные таким образом датчики позволяют обнаружить препятствия не только перед человеком, но и с разных сторон, что помогает при движениях в разные стороны и находясь в толпе или помещениях.

Расположенная таким образом камера позволяет распознавать объекты, находящиеся непосредственно перед пользователем. Также это позволяет пользователю распознавать объекты, например, сидя за столом или стоя у прилавка. В случае необходимости пользователь может поднести объект к камере рукой, например, при чтении купюр или названия лекарств.

Результаты работы устройства

Для проверки работоспособности был собран прототип устройства (рис. 5) и проведены эксперименты в реальных условиях (на открытом воздухе и в помещении). Эксперимент проводился в коридоре помещения шириной 2,5 м. Было пройден путь вдоль коридора с двумя разворотами.

Рис. 5 – Прототип устройства

На рисунке 6 представлен график работы одиночных ультразвуковых датчиков, расположенных по бокам рюкзака. По данному графику можно сделать вывод, что разработанная система обнаружения препятствий справляется со своей задачей с небольшими отклонениями и выбросами.

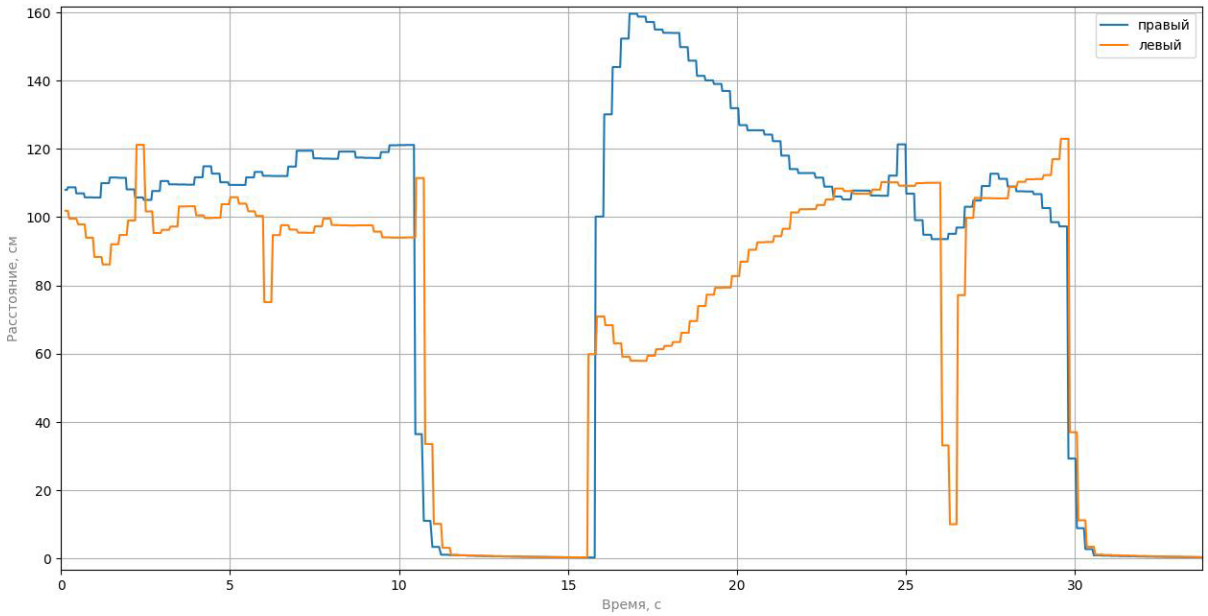


Рис. 6 – График работы одиночных ультразвуковых датчиков

На рисунках 7–8 представлены результаты выполнения программ по распознаванию объектов внутри помещения и вне.

Рис. 7 – Результаты распознавания объектов в помещении

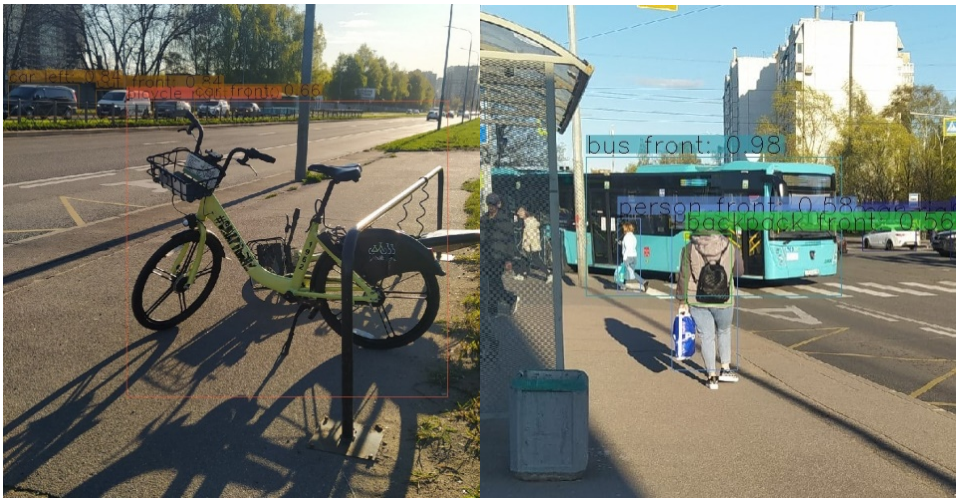


Рис. 8 – Результаты распознавания объектов на улице

В заключении можно сделать вывод, что разработанное устройство справляется с поставленными задачами. Важными преимуществами данной разработки являются обеспечение широкого угла обзора, мультимодальность системы, уменьшения социальной стигматизации и увеличения удобства эксплуатации.

Также в ходе работы были обнаружены и недостатки, которые могут быть учтены в будущих разработках. Доработками могут быть: расширение списка распознаваемых объектов, увеличение скорости работы, добавление разных режимов и улучшение креплений рюкзака.

Разработанная система позволит улучшить и сделать более безопасной навигацию людей с нарушениями по зрению, как в городской среде, так и внутри помещений. Также данное устройство может быть улучшено и использовано как прототип для создания полноценного продукта навигации.

Список использованных источников

1. New smart glasses can talk to the blind. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cordis.europa.eu/article/id/230142-new-smart-glasses-can-talk-to-the-blind (дата обращения: 13.02.2021).
2. Навигация для незрячих // Устройство: комплекс из навигатора OrNavi и камеры OrCV. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2016/06/22/navigaciya-dlya-nezryachih.aspx (дата обращения: 13.02.2021).

3. Navigation through vibration: These vibration shoes could improve life for the visually impaired. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.euronews.com/next/2021/08/04/these-innovative-shoe-inserts-could-improve-the-lives-of-the-visually-impaired (дата обращения: 21.11.2021).
4. Пат. 175011 (U1) Российская Федерация, МПК A61F9/08, G01S17/46. Устройство для помощи людям с нарушениями зрения / Евдокимов В.В. (RU), Вельчинская И. С. (RU); заявл. 03.03.2017; опубл. 15.11.2017.
5. Пат. 2737914 (C2) Российская Федерация, МПК A61F9/08, G01S17/46. Способ обеспечения ориентирования инвалидов по зрению в замкнутом и открытом пространствах и система для его реализации / Пименов Р.З. (RU), Парфенов А.Н. (RU) // Заявл. 19.04.2019. Опубл. 04.12.2020.
6. Legge G., Beckmann P.J., Tjan B.S., Havey G., Kramer K., Rolkosky D., Gage R., Chen M., Puchakayala S., Rangarajan A. Indoor Navigation by People with Visual Impairment Using a Digital Sign System // PLOS ONE, V. 8, Issue 10, – 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076783 (дата обращения: 13.02.2021).

УДК 004

THREATS AND SECURITY ISSUES IN CLOUD STORAGE AND CONTENT DELIVERY NETWORKS ANALYSIS

Jean Daniel Kouam Waguia

Научный руководитель – Менщиков А.А., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления, директор учебно-практического центра – Киберполигон

menshikov@itmo.ru

Keywords
Cloud storage, Content Delivery Networks, Threat, Security, Issues.

Cloud computing can be defined in many ways. There is no universal definition for it. NIST's (National Institute of Standards and Technology) definition of cloud computing is considered as the de facto definition. NIST defines cloud computing as a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (networks, servers, storage, applications and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. Nowadays, various companies are still using several types of devices to store, process, analyze, visualize and archive their data.

The apparition of cloud services incited many organizations to move their infrastructure in the cloud, thus their data. The flexibility and elasticity of cloud services gives organizations the ability to centralize and store their data into the cloud usually called Cloud Storage (CS) for any kind of operation. On CS are stored sensitive and critical data for archive purpose or for further exploitation. The average business uses 2,145 cloud services and apps, and the most popular app categories are cloud storage, collaboration, Web mail, consumer, and social media. The most popular apps overall are Google Drive, YouTube, Microsoft Office 365 for Business, Facebook, Gmail, SharePoint, Outlook, Twitter, Amazon S3, and LinkedIn. Attackers are targeting popular cloud applications and services to exploit the growing trust in commonly used enterprise platforms. This clearly indicates the need to raise more awareness of consumers and Cloud Service Providers (CSP).

Today more embedded devices joined the Internet to monitor and connect everything (traffic facilities, buildings, environment, and lakes), enlarging the size of the data generation. All those data are stored in CS as data sets that include heterogeneous formats: structured, unstructured and semi-structured data which refers to Big Data [4]. Which is one of the CS use cases. Another important use case of CS is Content Delivery Network (CDN).

CDN usually deploys edge servers or surrogates in different geographical locations that are often across the global Internet backbone, working as a distributed network service with a significant capacity of both computational resources and network bandwidth. For example: on Google Cloud Platform, information received by Internet of Things (IoT) devices are stored in CS, then they can be analyzed, processed and visualized using various tools leading to Big Data. Furthermore, in that same environment, consumers can host their websites and applications which can use a global load balancer technology which gives the ability to use CDN in order to cache content to the closest location of web users. A correlation resulting from it is that, CS used for CDN can also be used for Big Data, which may result in a catastrophic data breach or data loss.

Several contributions have been proposed to address the problem such as industry best practices and standards, security and accountability audits, Service Level Agreement management, security incident management, virtual machine introspection, development of a cloud framework for security audit. For example, Cloud Storage Brokers provide seamless and concurrent access to multiple Cloud Storage Services while abstracting cloud complexities from end-users [4]. However, these approaches have not considered that CS essentially works as CDN, which means if an attacker is able to

successfully perform an attack in the CS and gains access to the data storage, then he can modify files cached by the CDN and launch other attacks like website defacement or Cache Poisoned Denial of Service which may lead to a huge loss of money. Therefore we propose to perform an analysis of security threats that CDN and CS can face.

We summarize our contributions as follows:

- We show issues and challenges that CS and CDN are facing.
- We formulate a threat model of CS used as CDN which involves CDN and CS.
- We raise the awareness of CSP, CDN providers (CDNP) and consumers of those specific services.

The rest of this paper is structured as follows, a presentation of commonly used architectures in Section II, followed by a presentation of related works in Section III. In Section IV, we perform an analysis of security issues or threats of CS and CDN. A threat model of CS integrated with CDN, in other words CS used as CDN to determine the level of risk in case the threat occurs in Section V will be done and the paper is concluded in Section VI.

Cloud storage is a model of networked online storage where data is stored on multiple virtual servers. It uses virtualization technology to aggregate resources of various servers to create pools of storage that can be easily replicated, provisioned or deprovisioned and resized. It's the fundamental technology which gives the cloud the property of elasticity.

An origin server is a computer that hosts the original version of web files. The purpose of an origin server is to process and respond to incoming internet requests from internet clients.

An edge server or cache server is a computer that can cache content retrieved from an origin server.

Web caching is the activity of storing data for reuse, such as a copy of a web page served by a web server. It is cached or stored the first time a user visits the page and the next time a user requests the same page, a cache will serve the copy, which helps keep the origin server from getting overloaded. Some benefits from web caching are:

- Decreased network costs: content can be cached at various points in the network path between the content consumer and content origin. When the content is cached closer to the consumer, requests will not cause much additional network activity beyond the cache.
- Improved responsiveness: caching enables content to be retrieved faster because an entire network round trip is not necessary. Caches maintained close to the user, like the browser cache, can make this retrieval nearly instantaneous.
- Increased performance on the same hardware: for the server where the content originated, more performance can be squeezed from the same hardware by allowing aggressive caching. The content owner can leverage the powerful servers along the delivery path to take the brunt of certain content loads.

Web caching implements its performance by Cache servers. When a web page has been requested by a user, that one is immediately cached by the server. When this page is once more requested, the page cached is served to the user instead of the original one, because cache servers are usually deployed near users.

CDN act as an overlay network that offers high-performance delivery of common web objects, static data, and rich multimedia content by distributing content load among servers that are close to the users.

Fig. 1 presents an example of architecture without CDN. In this case, the server's time response for a user in Africa is 3 seconds, meanwhile it is 0.5 second for a user in America and 2 seconds for a user in Europe. It simply means that, the closer is a user to a location, the faster he can retrieve files from the hosting or the CSP. In some cases, server's time response can be even greater when the server is loaded and worse if the server is under a Denial of Service attack (DoS) or a Distributed DoS (DDoS). In the last case, the server is no more responding, because of requests' overflow and that's why CDN is important.

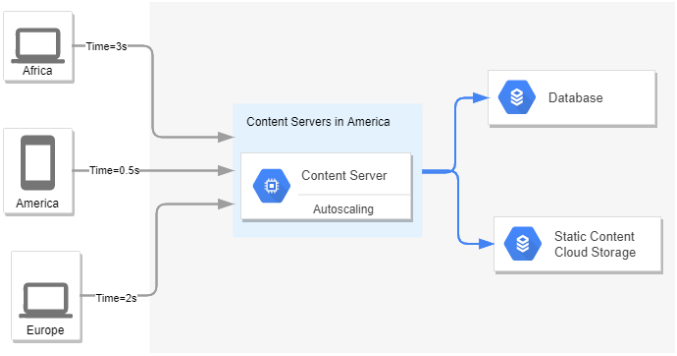


Fig. 1 – Architecture of a site without Content Delivery Network

Some major advantages of a CDN are: DDoS mitigation attack, very short response time of a page or file already cached and the ability to retrieve some static files of a website even if this one is down. Fig. 2 presents an example of architecture with CDN. In this case, the server's time response of each user is the same, because website's files have been cached by the CDN. In this case, even if there is a DDoS attack from America, users from Africa or Europe will not be affected, because the CDN will absorb via servers located in America.

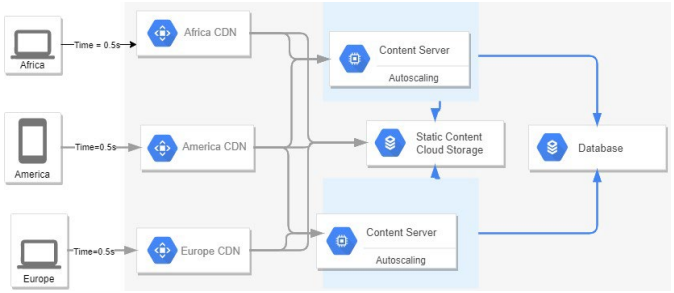


Fig. 2 – Architecture of a site with Content Delivery Network

CDN security and CS security involve network and information security. CS a type data storage, which uses for example Storage Area Network (SAN) to host various type of data. A small analysis can be done between CDN and SAN (which can refer to CS or Data Storage in this case):

- In CDN, C goes for Content and S in SAN goes for Storage. Storages are used to keep content, which involves information security.
- D of CDN stands for Delivery and A of SAN stands for Area, which may imply the delivery in a location.
- Lastly, N of CDN and SAN means Network, which implies network security.

In information and network security, few areas have been explored with regard to CDN.

In cloud storage, some research works related to security are presented as follow:

- Usage of a cloud storage broker auditor to audit the entire cloud storage broker system for suspicious activities, unauthorized changes in the cloud storage broker cloud accounts and performing detailed risk analytics.
- Threat detection and incident response to detect potential CS threats and take some measures to detect an unauthorized user and mitigate attacks.
- Development of security framework to protect data in cloud storage Framework (CSSF) to support an integrative approach to understanding and evaluating security in cloud storage. The framework enables understanding of the makeup of security in cloud storage and measures the understanding of security in cloud storage.

NIST Security Glossary defines threat as: any circumstance or event with the potential to adversely impact organizational operations (including mission, functions, image, or reputation), organizational assets, individuals, other organizations, or the Nation through an information system via unauthorized access, destruction, disclosure, modification of information, and/or denial of service.

Cloud Storage Threats: The Cloud Security Alliance (CSA) describes eleven threats to cloud services in general. As cloud storage is a specific cloud service, these threats can be applied to CS. Therefore, the following threats are the top ones reported by CSA for the year 2019:

- Data breaches may occur due to the failure of using multifactor authentication and strong passwords, a lack of ongoing automated rotation of cryptographic keys, passwords and certificates and a lack of scalable Identity and Access Management (IAM) systems.
- Misconfiguration and Inadequate Change Control occurs when computing assets are set up incorrectly, often leaving them vulnerable to malicious activity.
- Insider Threat: Carnegie Mellon Computer Emergency Response Team (CERT) defines an insider threat as, the potential for an individual who has or had authorized access to an organization's assets to use their access, either maliciously or unintentionally, to act in a way that could negatively affect the organization. It can be current or former employees, contractors, or other business partners that may intentionally exceed or misuse access to data storage in order to harm the user of the CS.

Content Delivery Network threats: Surrogates servers in CDN deployment can be used by an attacker as proxies to access some resources restricted, to perform some attacks like reconnaissance or DDoS. Therefore it is important for CDNP to be aware of such attacks and take measures to mitigate them. In the same vein, some threats can be enumerated but not as much as they can be found in CS:

- Outages of a provider or due to a congestion in a network.
- Malicious insider: some serious attacks like Request header overflow or Replay DoS (ReDOS) and Cached Poisoned Denial of Service (CPDoS) can be launched by attackers to simulate downtime of websites which use CDN.
- Compromising of web apps: CDN protection for web applications threats is limited and exposes the web applications of the customer to data leakage, data thefts and other threats that are common with web applications. Most CDN-based web application firewall capabilities are minimal, covering only a basic set of predefined signatures and rules. Many of the CDN-based WAF do not learn HTTP parameters, do not create positive security rules and therefore it cannot protect from zero day attacks and known threats.

To our knowledge, there is no other paper, study, or publication performing a threat analysis of CS used as CDN. However, there are several papers, studies, and publications on security issues and threats to CS and specific CDN attacks and mitigations.

CS used as CDN offers some advantages and it could be assimilated to CDN Storage, nevertheless the attack surface is wider than the attack surface of a common CDN. Some use cases can be illustrated for this purpose. For example, when the CS can be used as CDN, that storage can be used as origin as well as cache, to serve static content. In another case, the storage can be used as CDN only or cache, when the origin is a dynamic website and only static files are hosted on the storage. In both cases, static content can be accessed via FTP, Secure FTP (SFTP) or a synchronization software. The usage of those protocols or applications expose already the CS or CDN to a brute force attack. This means that some attacks that could not be performed on a common CDN can already be performed on a CS used as CDN. As a result, threats that can occur on CS or CDN can occur on CS used as CDN. The third figure presents a simplified architecture of a CS used as CDN.

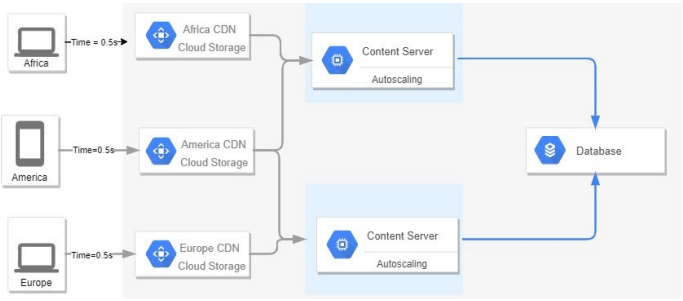


Fig. 3 – Architecture of a Cloud Storage used as Content Delivery Network

The novel threat model is illustrated in Table I. It presents the level of risk that a threat of a common CDN could affect a CS used as CDN with the full assumption that all threats of a CS are also surely affecting a CS used as CDN. Each check box represents common CDN threats which affect cloud storage used as CDN and tend to increase risk level or the surface of attack of existing threats of cloud storage when it's not used as CDN.

For example:

- If the CDNP has an outage it may lead to a data unavailability. On the common CDN, cached files would have been lost or unavailable, but original data could still be found on the origin server and cached once more on CDN. In this case the risk level is low. But in the last architecture where CS is used as CDN, due to an outage, those data may have been recovered in the best of case, altered, or lost in a worse case. Thus, such loss can be evaluated to thousands or even millions of dollars, therefore it increases the risk level to high.
- Internal threat due to misconfiguration of equipment by technical staff is a serious threat that could severely affect a CS used as CDN, because it may create a bottleneck in a whole network that can lead to disruption of services, data loss.
- Law enforcement and legal aspect: it can affect CS used as CDN because a request from a Government to the CDNP to provide data of client could lead to a data breach and in the worst case to closure of the CDNP or even the company owning those data.

Table 1

Matrix of common Content Delivery Network threats in Cloud Storage used as Content Delivery Network

CDN Threats Risk / Cloud Storage Threats	Outages of a Provider	Internal threat due to misconfiguration of equipment by technical staff	Internal threat due to a bad software deployment	Request header overflow	Law enforcement and Legal aspect	Denial of Service	Risk Level
Data breaches	·	☑	☑	·	☑	·	High
Data loss	☑	☑	☑	·	·	·	High
Insecure API	·	☑	☑	·	·	·	High
Account hijacking	·	☑	☑	☑	·	☑	High
Malicious insider	·	☑	☑	☑	·	☑	Medium
Denial of Service	·	☑	☑	☑	·	☑	High
Insufficiency Due Diligence	☑	☑	☑	·	·	·	High
Shared Technology Vulnerability	☑	☑	☑	·	·	·	High
Hardware failure	☑	☑	☑	·	·	·	Medium
Abuse of Cloud Storage	·	☑	☑	·	·	☑	High
Natural Disaster	☑	·	·	·	·	·	Low
Closure of the Cloud Provider	☑	☑	☑	·	☑	·	Low
Cloud Malware	·	☑	☑	·	·	·	High
Inadequate Cloud Planning/Design	·	☑	☑	☑	·	☑	High

From the previous illustrations and from the table, CSP, CDNP, companies and users should be aware that there are more challenges to face when the CS is used as CDN. In most cases, if an attack succeeds, then all parties could be severely impacted. The CDNP or CSP could lost reputation, huge

amount of money and even can bankrupt in case the biggest client decide to leave because he is not feeling safe after the attack or he may have lost also huge amount of money due to the attack and interruption of services.

As a result from this table, we note that there are 3 major threats from common CDN that could severely affect CS used as CDN: internal threat due to misconfiguration of an equipment, a bad software deployment and DoS.

This paper has presented a novel threat model of a Cloud Storage used as a Content Delivery Network. It has been shown that the same threats that affect common Content Delivery Network can also affect Cloud Storage used as Content Delivery Network as illustrated in Table I by the matrix. Moreover those threats have high risk level. This work intend to raise awareness to providers, in order to take necessary measures to build more secure systems and improve the security level of such architecture. Because the usage of Cloud Storage as a Content Delivery Network may reduce network and traffic costs, but it increases the surface of attack, thus more security issues. This work can be extended to a risk assessment of Cloud Storage used as Content Delivery Network.

References

1. NIST official site, The NIST Definition of Cloud Computing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nist.gov/publications/nist-definition-cloud-computing (дата обращения: 13.02.2021).
2. Torkura, Kennedy A. et al. Csbauditor: Proactive security risk analysis for cloud storage broker systems // 2018 IEEE 17th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA). IEEE, 2018.
3. Oussous, Ahmed et al. Big Data technologies: A survey // Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences. – 2018. №30.4. – Pp. 431-448.
4. Guo, Run, et al. "Abusing CDNs for fun and profit: Security issues in CDNs' origin validation." 2018 IEEE 37th Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS). IEEE, 2018.
5. Torkura, Kennedy A., et al. "SlingShot-Automated Threat Detection and Incident Response in Multi Cloud Storage Systems." 2019 IEEE 18th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA). IEEE, 2019.

УДК 539.42

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Кузиванов Д.О.

Научный руководитель – Федоров А.В., доктор технических наук, профессор факультета систем управления и робототехники

kuzivanovdmitry@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем».

Ключевые слова

Сварка трением с перемешиванием, метод акустической эмиссии, неразрушающий контроль, дефекты, диагностика.

Одним из эффективных способов получения неразъемного соединения элементов конструкций из металлов и сплавов является сварка трением с перемешиванием (СТП). При СТП происходит нагрев материала за счет работы сил трения, возникающих при взаимодействии вращающегося сварочного инструмента и кромок свариваемых деталей. Металл свариваемых деталей в высоко пластичном состоянии перемешивается рабочим стержнем сварочного инструмента по всей глубине сварного шва [1].

Техническое состояние инструмента, подверженного нагрузкам и износу в течение всего цикла сварки, до начала и после завершения СТП является одним из значимых факторов, которые влияют на качество сварного шва, выполненного с помощью данной технологией сварки. Износ инструмента ведет к деградации его свойств, что может стать причиной его излома в процессе сварки и, как следствие, причиной появления дефектов сварного шва (образование грата, непровар в корне шва, наплывы, не сплавление и др.).

Внедрение в технологический цикл сварочного производства методов неразрушающего контроля, в том числе в процессе формирования сварного соединения обеспечит возможность обнаруживать дефекты на этапах их зарождения и оперативно принимать решение об устранении дефектов, не прерывая производственный цикл изготовления.

Актуальность проблемы контроля технического состояния инструмента состоит в том, что на данный момент существуют различные методики неразрушающего контроля, позволяющие определить техническое состояние инструмента до начала и после завершения процесса сварки, но при этом отсутствует возможность контроля его состояния непосредственно в процессе сварки. Одним из решением данной проблемы является использование метода акустической эмиссии (АЭ).

Метод АЭ основан на регистрации сигналов (звуковых волн), излучаемых объектом контроля при возникновении нелинейных процессов при перестройке структуры твердого тела [2]. Основными источниками АЭ, которые могут быть использованы для неразрушающего контроля и технической диагностики инструмента для СТП, являются пластическая деформации и рост трещин. Для создания методики АЭ контроля сварочного инструмента в процессе СТП необходимо установить связь параметров сигналов АЭ с параметрами механики разрушения и с параметрами развивающихся дефектов. Сравнение результатов теоретических исследований с экспериментальными данными позволяет выявить действенность интегрирующих свойств метода АЭ для исследования процессов разрушения и определения технического состояния инструмента. Принцип работы метода АЭ показан на рисунке 1 [3].

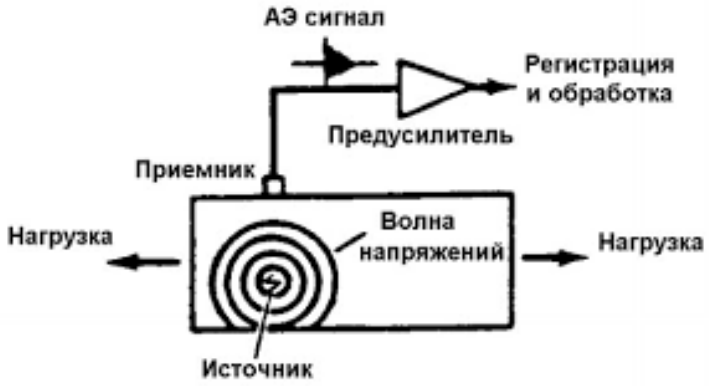


Рис. 1 – Принцип работы метода акустической эмиссии

С целью исследования применимости метода акустической эмиссии при неразрушающем контроле качества инструмента для сварки трением с перемешиванием в процессе сварки были проведены экспериментальные исследования. АЭ контроль проводился с использованием системы цифровой акустико-эмиссионной диагностической СЦАД-16.10 с широкополосными преобразователями АЭ типа ПК 0,1–0,7 с рабочей полосой 100-700 кГц в количестве 4 штук. Экспериментальные исследования проводились на оборудовании для СТП «Powerstir 745», а образцами для экспериментальных исследований являлись два идентичных по составу, геометрическим параметрам и назначения инструмента для СТП, один из которых был бездефектным, а у второго инструмента был дефект скол резьбы на конце рабочей части инструмента.

В качестве информативных параметров сигналов АЭ были выбраны количественные показатели информационных параметров сигналов, а именно среднее значение максимальных амплитуд U сигналов, среднеквадратическое отклонение среднего значения максимальных амплитуд U сигналов, разность (размах) между максимальным значением амплитуды сигнала и минимальным ΔU, мощность сигнала RMS, MARSE, отношения сигнал/помеха SNR. При проведении сравнительного анализа количественных показателей информационных параметров сигналов АЭ было установлено, что значения данных показателей, полученных при контроле дефектного инструмента, в разной степени превышают соответствующие значения показателей, полученных при контроле бездефектного инструмента. Для наглядности результаты сравнения приведены в виде столбчатых диаграмм на рисунке 2.

Результатом проведенных экспериментальных исследований является установленная применимость метода АЭ при контроле инструмента для СТП в процессе сварки при сравнительном анализе выбранных количественных показателей информационных параметров сигналов. Наиболее чувствительным к дефекту параметром сигнала АЭ по результатам экспериментальных исследований является значение максимальной амплитуды сигнала. Значение данного параметра при контроле дефектного инструмента было выше, чем при контроле бездефектного инструмента на 15,7–52,6 %.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработана методика прогнозирования технического состояния инструмента для СТП методом акустической эмиссии.

Использование технологии сварки трением с перемешиванием в цифровом производстве для таких областей промышленности как автомобилестроение, авиастроение и электронная промышленность является экономически эффективным процессом при условии соблюдения технических требований при производстве продуктов данных отраслей. Результат данной работы может быть положен в основу неразрушающего контроля и диагностики инструмента для СТП различных материалов с использованием различных инструментов, в том числе допуская ее использование в совокупности и с акустико-эмиссионным контролем процессов дефектообразования в процессе СТП.

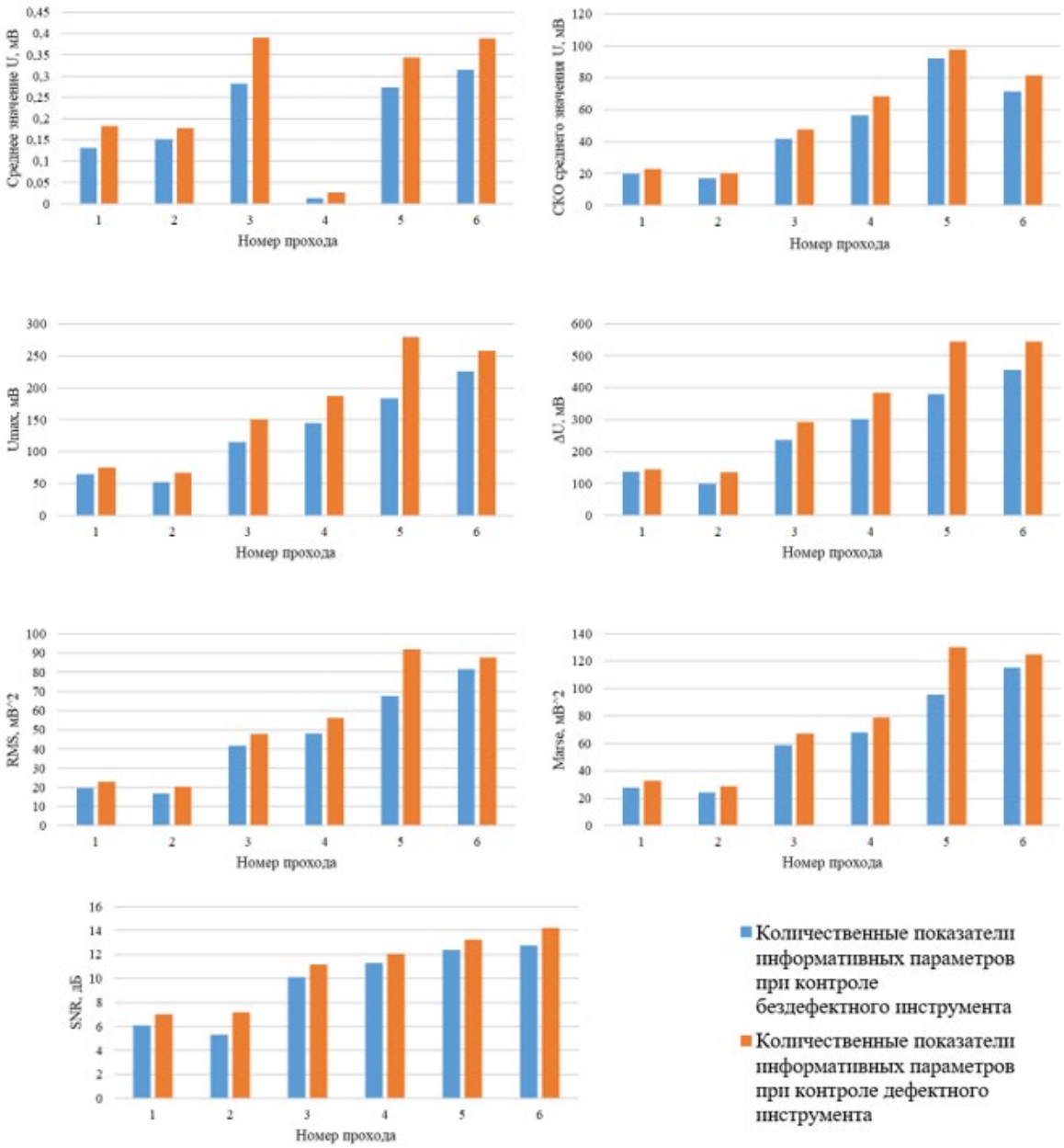


Рис. 2 – Результаты сравнительного анализа количественных показателей информационных параметров при контроле бездефектного и дефектного инструмента

Список использованных источников

1. Mistry Hiten J, Marathe Shalin P. A Review Paper on: Friction Stir Welding (FSW) // International Journal of Advanced Research in Engineering, Science & Management. – 2017. – С. 1-13.
2. Иванов В.И., Власов И.Э. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: Метод акустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.
3. Семашко Н.А., Шпорт В.И., Марьин Б.Н. Акустическая эмиссия в экспериментальном материаловедении. — М. : Машиностроение, 2002. – 239 с.

УДК 535.371

МОДУЛЯЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ГИБРИДНЫХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНОВЫХ ПЕРОВСКИТОВ И СПЛАВА GE-SB-TE

Кущенко О.М.[1], Синельник А.Д.[1]
Научный руководитель – д.ф.-м.н., старший научный сотрудник Рыбин М.В.[1,2]
1 –Университет ИТМО
2 – Физико-технический институт им. Иоффе

m.rybin@metalab.ifmo.ru

Ключевые слова
Активная фотоника, переключаемая фотолюминесценция, материалы с фазовым переходом, GST, галогеновые перовскиты.

С технологической точки зрения галогеновые перовскиты имеют множество преимуществ, такие как дешевизна, простота синтеза, а также возможность нанесения на произвольную поверхность в инертной атмосфере [1]. Более того, высокая энергия связи экситона, дефектоустойчивость и спектрально узкополосное излучение с широкими возможностями перестройки делают галогеновые перовскиты перспективным материалом для солнечных элементов, фотодетекторов, светоизлучающих устройств и лазеров [2]. Одним из ключевых параметров, определяющих производительность этих устройств, является внешний квантовый выход люминесценции, контроль над которым можно рассматривать как дополнительную степень свободы устройств и архитектур на основе перовскитов. Ранее контроль над квантовым выходом был продемонстрирован с помощью инженерии дефектов, генерации и пассивации или оптимизации морфологии [3]. Однако полностью управляемое изменение квантового выхода люминесценции в галогеновых перовскитах до сих пор не было достигнуто.

В этой работе мы демонстрируем обратимое изменение интенсивности фотолюминесценции галогеновых перовскитов $CsPbBr_2Cl$, $CsPbBr_3$ и $CsPbBr_2I$, обеспечиваемое материалом с фазовым переходом ($Ge_2Sb_2Te_5$, далее GST), работающим как активный тонкий подслой [4], контролирующий оптические свойства пленки перовскита. Фазовый переход в слое GST инициируется фемтосекундным лазерным облучением системы перовскит-GST, что позволяет добиться переключения квантового выхода в перовските с субмикронным пространственным разрешением. В результате интерфейс $CsPbBr_3$/GST может служить универсальной платформой для микроизображения и записи оптических данных в люминесцентном режиме.

Образцы изготавливались по следующей методике. На подложку методом лазерного электродиспергирования наносился слой GST толщиной 100 нм. Далее методом прямой лазерной записи GST переводился в кристаллическую фазу согласно заданному паттерну. Затем наносился слой перовскита галогенида цезия-свинца $CsPbBr_2Cl$, $CsPbBr_3$ или $CsPbBr_2I$ толщиной 60 нм методом центрифугирования. Толщина слоя является компромиссом между функциональностью и стабильностью устройства. В частности, мы обнаружили, что слои GST толщиной более 200 нм склонны к отслаиванию от подложки. Кроме того, более толстый слой GST не позволяет надежно переключаться между кристаллическим и аморфным состояниями из-за поглощения света. Аналогичные соображения применимы и к слою перовскита. Для тонких пленок (<50 нм) доминирующим становится нежелательное тушение люминесценции за счет дефектных межфазных уровней. В случае толстого слоя (>100 нм) эффективное взаимодействие перовскита с подложкой GST становится слабым.

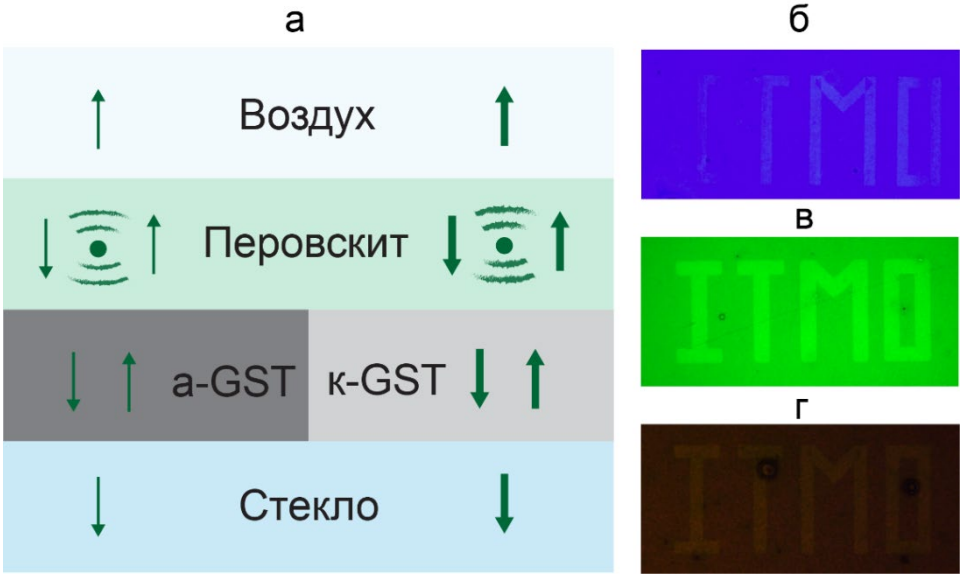


Рис. 1 – а) Принцип платформы перовскит-GST для переключаемой активной фотоники, a-GST – GST в аморфной фазе, к-GST – GST в кристаллической фазе; б) – г) Люминесцентные изображения образцов перовскит-GST с «ITMO» паттерном, созданным методом прямой лазерной записи. В образцах использовались перовскиты: б) $CsPbBr_2Cl$, в) $CsPbBr_3$, г) $CsPbBr_2I$. Размер паттерна 50x120 мкм

Одним из наиболее важных требований для практического применения платформы является ее способность к циклическому переключению между фазами GST. Для этого эксперимента слой перовскита $CsPbBr_3$ был нанесен на пленку аморфного GST. Далее часть образца была переключена в кристаллическую фазу последовательностью лазерных импульсов с частотой 10 кГц и плотностью энергии 0.02 Дж/см^2, что привело к увеличению интенсивности пика фотолюминесценции примерно на 20% (рис.2). Для обратного переключения в аморфную фазу использовались одиночные импульсы с плотностью энергии 0.28 Дж/см^2. В результате переключения интенсивность пика люминесценции уменьшилась примерно на 13% по сравнению с исходной аморфной фазой. После этого образец снова был переключен в кристаллическую фазу с помощью последовательности импульсов с теми же параметрами, что и при первом переключении, и интенсивность пика снова выросла на 20% по сравнению с исходной аморфной фазой и на 37% по сравнению с реаморфной фазой.

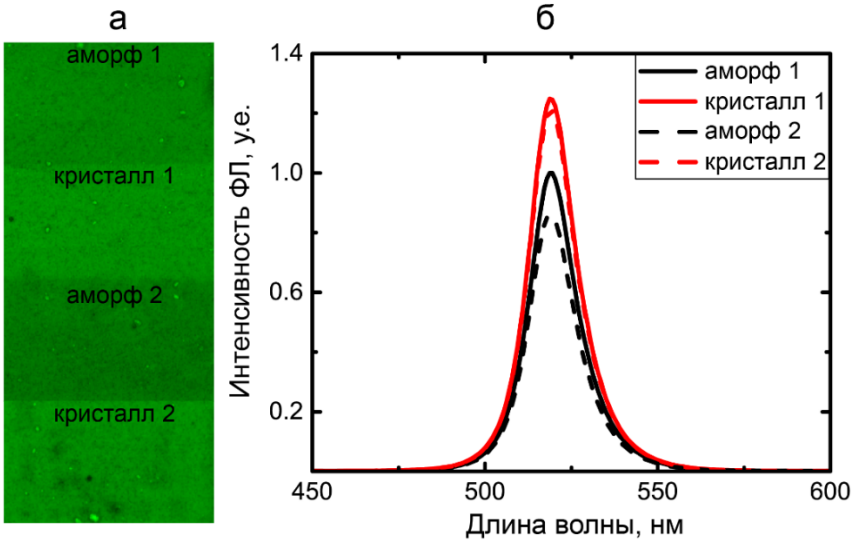


Рис. 2 – Циклическое переключение интенсивности фотолюминесценции перовскита за счет фазового перехода GST: а) фотолюминесцентное изображение образца после многократного переключения фазы GST; б) спектр фотолюминесценции перовскита на областях образца, представленных на рисунке а

Исследованная в данной работе структура является перспективной платформой для фотонных устройств. Предлагаемая платформа готова для различных применений, таких как яркие источники света с настраиваемыми пространственными микропрофилями и современные этикетки для защиты от подделок. Данная платформа может быть также реализована на гибких подложках, что расширяет возможности ее применения. Кроме того, GST в кристаллической фазе обладает высокой проводимостью, что открывает путь к созданию нового класса микросветодиодов. Такие светодиоды позволяют получать изображения с высокой точностью цветопередачи из-за более узкой ширины линии излучения света перовскитов.

Таким образом, в данной работе предложена гибридная платформа GST-перовскит для активных и перестраиваемых фотонных устройств. Слой GST влияет на скорость излучения перовскита и позволяет многократно перезаписывать его свойства с субмикронным пространственным разрешением. В качестве доказательства концепции экспериментально продемонстрировано несколько циклов обратимого фазового переключения GST. Мы ожидаем, что предложенная гибридная платформа перспективна для широкого спектра приложений, от хранения информации и этикеток для защиты от подделок до реверсивно записываемых как крупномасштабных, так и микромасштабных светодиодов [5]. Кроме того, подложки GST могут повлиять на область микро-/нано-лазеров, прокладывая путь для постпроизводства реконфигурируемых сверхкомпактных источников когерентного света.

Список использованных источников

1. Park N.G., Zhu K. Scalable fabrication and coating methods for perovskite solar cells and solar modules // Nature Reviews Materials. – 2020. – V. 5. – Pp. 333–350.
2. Veldhuis S.A. et al. Perovskite materials for light-emitting diodes and lasers // Advanced Materials. – 2016. – V. 28. – Pp. 6804–6834.
3. Makarov S. et al. Halide-perovskite resonant nanophotonics // Advanced Optical Materials. – 2019. – V. 7. – P. 1800784.
4. Weidenhof V., Friedrich I., Ziegler S., Wuttig M. Laser induced crystallization of amorphous Ge2Sb2Te5 films // Journal of Applied Physics. – 2001. – V. 89. – Pp. 3168–3176.
5. Huang Y., Hsiang E.L., Deng M.Y., Wu S.T. Mini-LED, Micro-LED and OLED displays: Present status and future perspectives // Light: Science & Applications. – 2020. – V. 9. – Pp. 1–16.

УДК 544.015.4

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Лавриненко А.К.

Научный руководитель – Виноградов В.В., доктор химических наук, директор химико-биологического кластера

lav.asy@mail.ru

Ключевые слова

Глубокие эвтектические растворители, фазовое равновесие «твердое вещество — жидкость», предсказание температуры плавления, COSMO-RS, машинное обучение.

Глубокие эвтектические растворители (ГЭР) представляют собой смесь двух и более химических веществ, температура плавления которой значительно ниже точки плавления исходных соединений [1]. Образование эвтектики и понижение температуры плавления в таких смесях связано с образованием множественных водородных связей. Легкость синтеза, представляющего собой смешивание экономически доступных веществ, экологическая безопасность и возможность «настраивать» свойства растворителя под решение конкретной задачи путем варьирования исходных компонентов привели к экспоненциальному росту количества исследований, посвященных ГЭР. Такие растворители нашли широкое применение в промышленности и науке, в том числе в качестве платформы доставки лекарственных веществ, среды для экстракции и проведения химических синтезов, поглощения и разделения газов, получения сплавов, а также очистки нефти [2].

К сожалению, на сегодняшний день компьютерный дизайн новых ГЭР практически невозможен, а их проектирование в основном ведется путем эмпирического перебора, что является время затратным и экономически невыгодным процессом. Наша работа направлена на исследование возможностей применения современных методов термодинамического моделирования и машинного обучения для оценки температуры плавления с целью создания метода скрининга молекулярных систем при проектировании новых ГЭР.

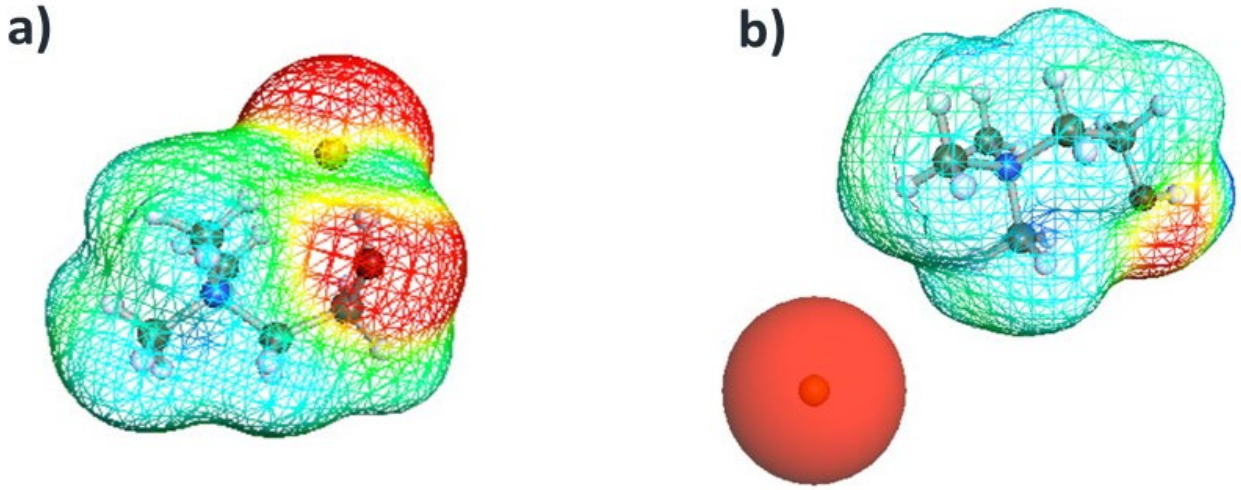


Рис. 1 – a) “CA”; b) “C+A” моделирование холина хлорида с помощью COSMO-RS

В настоящее время дизайн фазового равновесия в ГЭР производится с помощью современного подхода растворной химии COSMO-RS, объединяющего квантов-химические расчеты и статистическую термодинамику. Однако возможность успешного применения данного подхода к моделированию фазовых диаграмм «твердое вещество — жидкость» была показана лишь для ограниченного числа ГЭР [3,4]. Для проведения исследования нами была

собрана база данных, содержащая 1408 экспериментальных температур плавления для 257 бинарных ГЭР с различной мольной долей компонентов. В состав ряда ГЭР входит ионное соединение, при моделировании которого было использовано два способа репрезентации “CA” и “C+A”. В первой модели ионный компонент представлен в виде ионной пары (рис.1,a), а во второй – в виде отдельных катиона и аниона (рис.1,b).

Фазовая диаграмма «твердое вещество — жидкость» может быть представлена как две равновесные кривые для каждого компонента, рассчитанные по уравнению (1) [4]:

$$\ln(x_i) = \frac{\Delta_m H_i}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_{m,i}} - \frac{1}{T}\right), \quad (1)$$

где x_i – мольная доля компонента i, γ_i – коэффициент активности компонента i, $\Delta_m H_i$ и $T_{m,i}$ – теплота и температура плавления компонента i, R – универсальная газовая постоянная и T – температура.

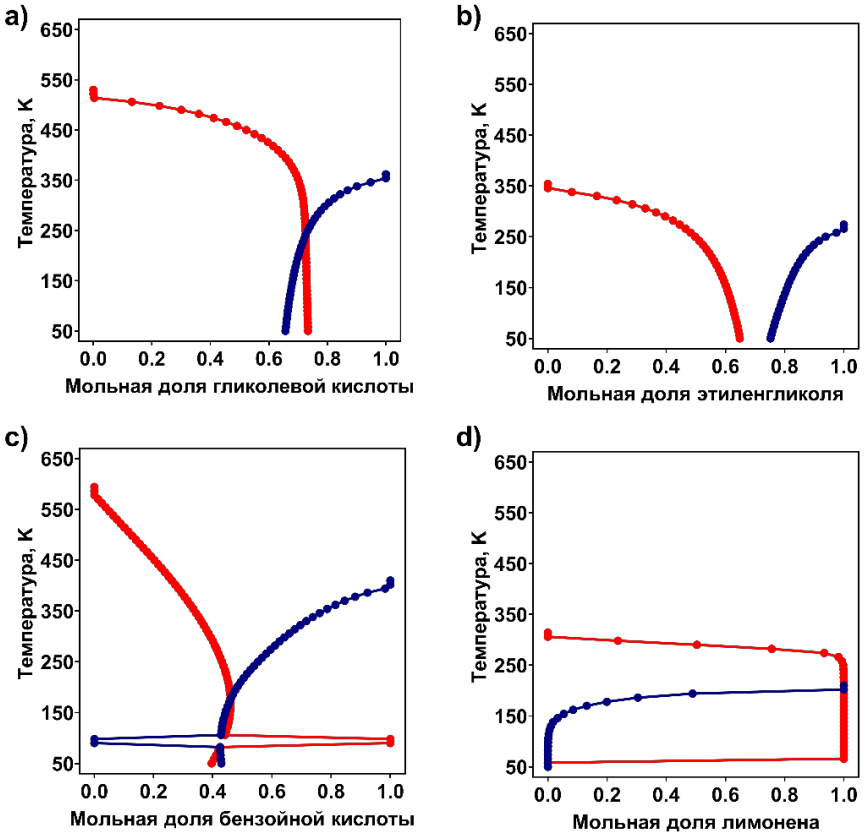


Рис. 2 – Репрезентативные примеры диаграмм «твердое вещество — жидкость», полученных с помощью COSMO-RS, “CA” модели: a) ГЭР состоит из гликолевой кислоты и бетаина; b) ГЭР состоит из этиленгликоля и хлорида тетрабутиламмония; c) ГЭР состоит из бензойной кислоты и холина хлорида; d) ГЭР состоит из лимонена и каприновой кислоты

При моделировании фазовой диаграммы «твердое вещество — жидкость» с помощью COSMO-RS было обнаружено три типа полученных диаграмм. В первом случае наблюдалось единственное пересечение равновесных кривых, позволяющее легко определить точку эвтектики ГЭР (рис.2,a). Во втором случае пересечение равновесных кривых не наблюдалось, определить точку эвтектики невозможно (рис.2,b). В третьем случае наблюдалось множественное пересечение равновесных кривых, что также затрудняет поиск точки эвтектики ГЭР (рис.2,c,d). При этом диаграммы с единственным пересечением составляли 83% среди исследуемых ГЭР для модели “CA” и 65% для модели “C+A”. Среднеквадратическое отклонение при определении температуры эвтектики составило RMSE = 49,75 K для модели “CA” и RMSE = 52,51 K для модели “C+A” (рис.3). Таким образом,

модель “CA” показала более высокую точность прогнозирования температуры эвтектики и оказалась применима к большему числу ГЭР по сравнению с моделью “C+A”. Довольно низкая точность обеих моделей может быть вызвана ограниченной применимостью текущей версии COSMO-RS в случае моделирования взаимодействий сильно заряженных ионов и множественных водородных связей [5]. Примечательно, что наибольшая точность прогнозирования температуры эвтектики наблюдалась для ГЭР, состоящего из двух не ионных соединений, (RMSE = 22,73 K).

В качестве альтернативы классической термодинамической теории мы исследовали подход машинного обучения для предсказания температуры плавления ГЭР. В качестве модели машинного обучения был выбран алгоритм «случайный лес». В качестве дескрипторов были использованы параметры, рассчитанные с помощью COSMO-RS, а также хемоинформатические дескрипторы, сгенерированные на основе информации о структуре исходных веществ ГЭР. Для исследования были выбраны две подгруппы дескрипторов. Для модели 1 использовались только температуры плавления исходных соединений ГЭР и их мольное соотношение, как наиболее простой способ описания ГЭР. Для модели 2 к дескрипторам были добавлены параметры, описывающие конформацию, размер и полярность молекул исходных веществ ГЭР, энтальпию межмолекулярного взаимодействия и распределение поверхностного заряда.

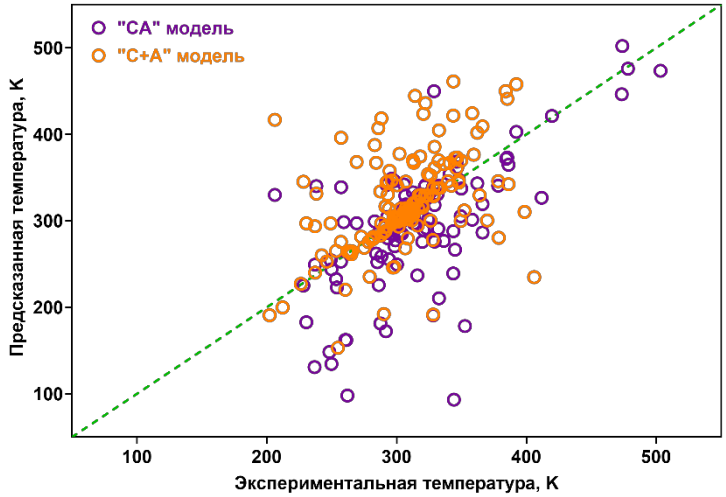


Рис. 3 – Сравнение экспериментальной и полученной с помощью COSMO-RS температуры эвтектики ГЭР (RMSEC+A = 52,51, RMSECA = 49,75)

Полученные коэффициенты R^2 и среднеквадратические отклонения для обеих моделей на основе машинного обучения представлены в таблице 1. Точность модели 2 немного выше по сравнению с моделью 1 и сравнима с точностью, полученной при прогнозировании температур плавления ионных жидкостей (RMSE = 19,1 K) и ГЭР (R^2 = 0,77, RMSE = 18,41 K) методом QSPR. Таким образом, модель 2 может быть использована для скрининга молекулярных систем при проектировании новых ГЭР.

Таблица 1

Оценка моделей для прогнозирования температуры плавления ГЭР при различном мольном соотношении компонентов

Метрики оценки	Выборка	Модель 1	Модель 2
R^2	Тренировочная выборка	0,82	0,90
RMSE		32,55 K	24,80 K
R^2	Тестовая выборка	0,84	0,88
RMSE		32,64 K	27,67 K

Однако свойства ГЭР значительно меняются с изменением мольной доли компонентов, поэтому прогнозирование их свойств при эвтектическом составе все еще является сложной

задачей. В данном исследовании мы попытались оценить температуру эвтектики косвенным путем с использованием разработанных моделей 1 и 2. Для оценки эвтектической температуры использовался следующий алгоритм:

1) в качестве тренировочной выборки для моделей 1 и 2 использовались экспериментальные температуры плавления ГЭР за исключением температуры эвтектики предсказываемого ГЭР;
2) для предсказываемого ГЭР производилась оценка температуры плавления на основе моделей 1 и 2 для 16 значений мольной доли компонентов в диапазоне 0,1–0,9;
3) наименьшая температура среди предсказанных и соответствующая ей мольная доля компонентов принимались в качестве точки эвтектики.

Полученные результаты представлены на рисунке 4 и в таблице 2. Модель 1 показала низкую предсказательную способность в оценке точки эвтектики, сравнимую с моделью COSMO-RS. Модель 2 показала значительно более высокую точность прогнозирования температуры эвтектики, однако не смогла предсказать состав эвтектики.

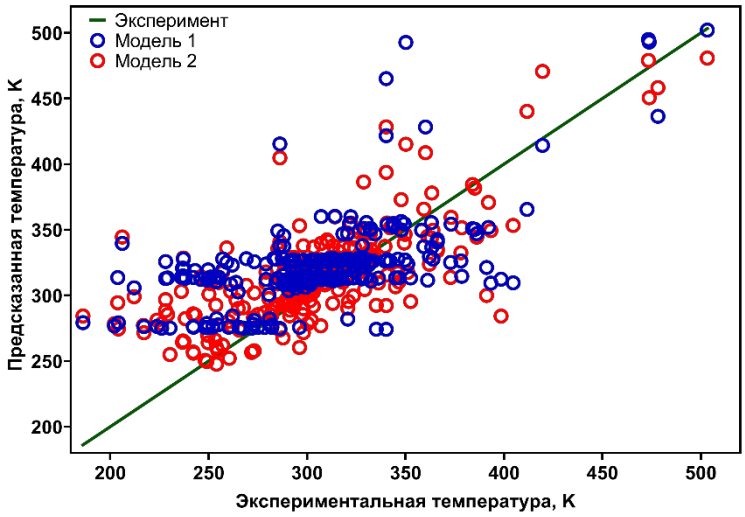


Рис. 4 – Экспериментальной и предсказанной температуры эвтектики ГЭР

Таблица 2

Сравнение моделей для прогнозирования точки эвтектики ГЭР

Модель	Температура эвтектики		Состав эвтектики	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE
COSMO-RS (“CA” модель)	-0,201	49,753	-0,615	0,193
Машинное обучение (модель 1)	0,258	40,287	-0,722	0,214
Машинное обучение (модель 2)	0,503	32,989	-0,064	0,168

Для сравнения предсказательной силы моделей в зависимости от типа ГЭР были отобраны репрезентативные примеры, относящиеся к трем типам, используемым в нашем исследовании. В большинстве случаев модель 2 не справлялась с предсказанием точки эвтектики ГЭР, состоящих из двух ионных соединений (рис.5,a), в то время как оценка температур эвтектики ГЭР, состоящих из ионного и не ионного соединений (рис.5,b,c), и ГЭР, состоящих из двух не ионных соединений (рис.5,d), была более точной. Это может быть связано с небольшим объемом экспериментальных данных, относящихся к ГЭР, состоящим из двух ионных соединений. Кроме того, механизм образования ГЭР, относящихся к разным типам, может отличаться, что ограничивает возможность построения модели, обобщающей описание поведения ГЭР.

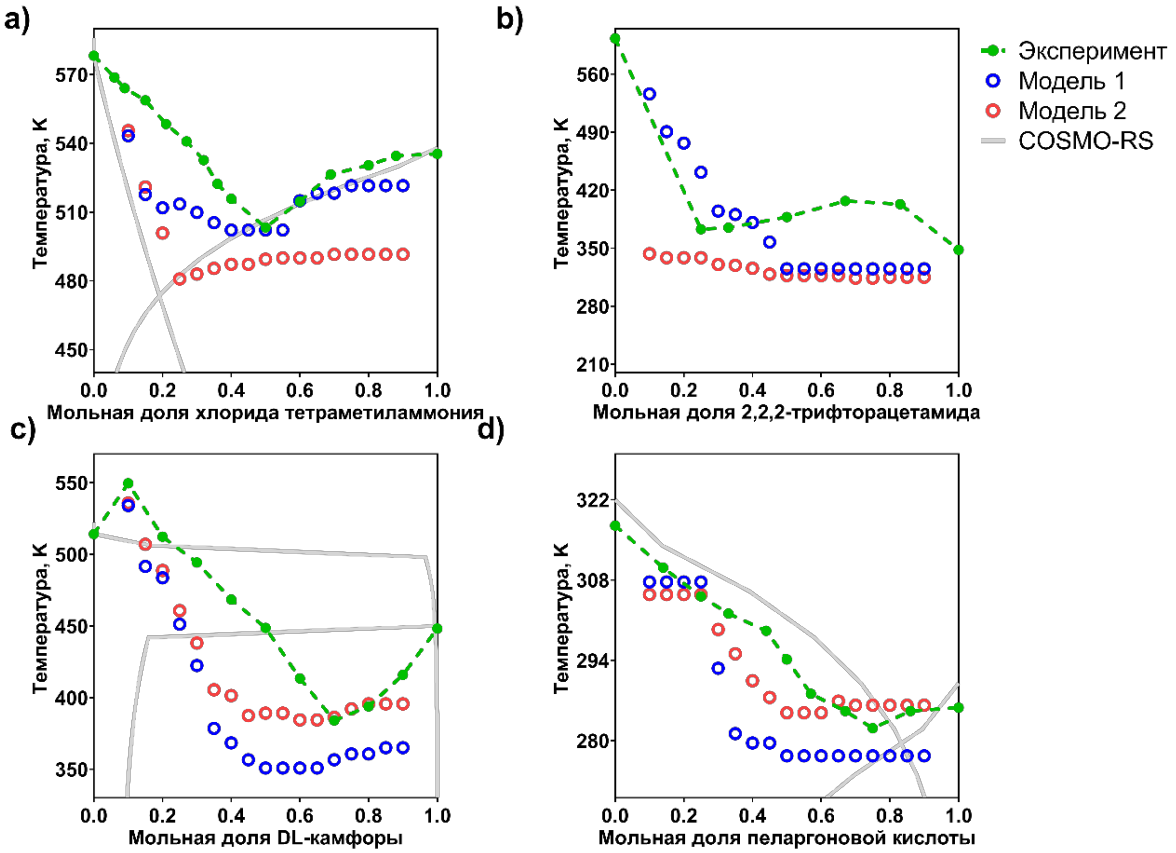


Рис. 5 – Сравнение предсказания точки эвтектики ГЭР с помощью методов машинного обучения и COSMO-RS с экспериментальными данными: a) ГЭР состоит из хлорида тетраметиламмония и холина хлорида; b) ГЭР состоит из 2,2,2-трифторацетамида и бензилтрифенилфосфония хлорида; c) ГЭР состоит из D,L-камфоры и бетаина; d) ГЭР состоит из пеларгоновой кислоты и лауриновой кислоты

Прогнозирование температуры плавления ГЭР на сегодняшний день является сложной задачей из-за отсутствия фундаментальных знаний об образовании ГЭР и причинах понижения температуры эвтектики. Мы исследовали возможность применения термодинамических моделей и подходов машинного обучения для оценки температуры плавления с использованием собранной базы данных, содержащей 1408 экспериментальных температур плавления для 257 бинарных ГЭР с различной мольной долей компонентов. Мы показали, что текущая версия современной модели COSMO-RS не может быть использована для прогнозирования диаграмм «твердое вещество — жидкость» в ГЭР из-за некорректного описания взаимодействий множественных водородных связей и сильно заряженных ионов. При этом моделирование ионных соединений в виде нейтральных ионных пар дало более точные результаты прогнозирования по сравнению с моделированием ионных соединений в виде изолированных заряженных частиц. В качестве альтернативного подхода мы использовали методы машинного обучения для прогнозирования температуры плавления ГЭР. Разработанная модель, основанная на алгоритме «случайный лес», показала высокую точность в оценке температуры плавления ГЭР при различном мольном составе. Межмолекулярные взаимодействия, молекулярная конформация, размер, полярность и распределение поверхностного заряда считались ключевыми факторами для прогнозирования температуры плавления. Однако разработанная модель позволила лишь приблизительно оценить эвтектическую температуру ГЭР. Такие различия в результатах предсказаний, вероятно, вызваны резкими различиями в свойствах ГЭР при эвтектическом составе. Для дальнейшей оптимизации точности моделей на основе машинного обучения требуется больший объем данных, содержащий информацию о фазовых диаграммах «твердое вещество

— жидкость» в ГЭР и экспериментальном определении точки эвтектики. Оценка точек эвтектики для разных типов ГЭР могла бы дать лучшие результаты и, возможно, разные наборы дескрипторов из-за разных механизмов образования ДЭС.

Список использованных источников

1. Zhang H. et al. Should deep eutectic solvents be treated as a mixture of two components or as a pseudo-component? // J. Chem. Phys. – 2021. – V. 154. – №18. – P. 184501.
2. Smith E.L., Abbott A.P., Ryder K.S. Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications // Chem. Rev. – 2014. – V. 114. – №21. – Pp. 11060–11082.
3. Song Z., Wang J., Sundmacher K. Evaluation of COSMO-RS for solid-liquid equilibria prediction of binary eutectic solvent systems // Green Energy Environ. – 2020.
4. Abranches D.O. et al. Using COSMO-RS to design choline chloride pharmaceutical eutectic solvents // Fluid Phase Equilib. – 2019. – V. 497. – Pp. 71–78.
5. Klamt A., Eckert F., Arlt W. COSMO-RS: An Alternative to Simulation for Calculating Thermodynamic Properties of Liquid Mixtures // Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng. – 2010. – V. 1. – №1. – Pp. 101–122.

УДК 378.4

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИНТЕГРАЦИИ ВУЗОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

Леонтьева И.Н.

Научный руководитель – Бурцев Д.С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

iraleo@inbox.ru

Ключевые слова

Интеграция, цифровой двойник, практикоориентированное обучение, вуз, промышленное предприятие, цифровая среда.

Согласно «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президента РФ №642 от 01.12.2016 г., «важным приоритетом является достижение РФ независимости и конкурентоспособности на международной арене,... при этом целостность и единство научно-технологического развития РФ должно достигаться путем интеграции... и консолидации усилий научно-образовательного и предпринимательского сообществ,... открытостью взаимодействия между сферой науки и образования и бизнес-сообществом. Однако текущая ситуация характеризуется недостаточным взаимодействием образовательной и научной среды с реальным сектором экономики, а также «несогласованностью приоритетов и инструментов поддержки научно-технологического развития Российской Федерации» [1].

Целью работы стали исследования способов организации интеграционных процессов между сферой высшего образования и промышленным сектором экономики и разработка рекомендаций по указанной интеграции в цифровой среде, в целях кадрового обеспечения инновационной экономики. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ практики взаимодействия между вузами и промышленными предприятиями,
- выявление проблем взаимодействия между данными акторами,
- исследование возможностей цифровой среды для интеграции вузов и промышленных предприятий,
- анализ существующих стратегий цифрового развития на предмет наличия условий для интеграции учреждений высшего профессионального образования и промышленных предприятий,
- разработка рекомендаций по интеграции учреждений высшего профессионального образования и промышленных предприятий,
- разработка методики оценки эффективности внедрения рекомендаций.

Методологическая основа исследования: методы сравнительного, функционального, качественного анализа, классификация, мысленный эксперимент, экспертные интервью, наблюдение.

Среди проблем и вызовов, являющихся предпосылками для создания рекомендаций для вузов и промышленных предприятий, были выявлены: проблема цифрового неравенства, разрыв между содержанием современных образовательных программ и запросами работодателей к компетенциям выпускников, дефицит высококвалифицированных специалистов, а также проблемы, связанные с цифровизацией вузов. Одним из общих решений для всех указанных проблем можно считать установление взаимодействия между образовательной средой и реальным сектором экономики [2].

В ходе исследования изучены особенности цифровой среды

Возможности цифровой среды для сферы образования изучены в работах целого ряда

авторов. Так, в работе [3] производится оценка современных программных средств, применяемых в процессе обучения студентов в вузах, а также рассматриваются варианты взаимодействия с предприятиями при помощи данных инструментов. Исследование других авторов [4] сосредоточено на онлайн-курсах, вебинарах, обучении на платформах, геймификации, смешанном и мобильном обучении, виртуальных классах. Авторы делают вывод о довольно широком применении возможностей цифровой среды в процессе образования.

Ряд государственных стратегий цифрового развития РФ также содержат рекомендации по внедрению единых цифровых платформ в сфере науки и образования [1].

Наряду с преимуществами, различные варианты взаимодействия в цифровой среде имеют и ряд недостатков, а также являются недостаточными для масштабной глубокой профессиональной подготовки высококвалифицированных специалистов для сектора реальной экономики.

В ходе решения задачи по исследованию и анализу способов взаимодействия между вузами и промышленными предприятиями было выявлено преобладание нецифровых форматов над цифровыми (базовые кафедры, научно-образовательные центры, опорные вузы, центры коллективного пользования, инженерные инкубаторы и т.д.). Обладая рядом преимуществ, указанные форматы не дают возможности для реализации передовых образовательных программ, что требует рассмотрения цифровых инструментов. Так, одним из инструментов является технология «цифровой двойник». Являясь виртуальной копией объектов: оборудования, систем, процессов, - цифровой двойник выступает одним из способов практикоориентированного обучения, предоставляя обучающимся доступ к реальным и конкретным объектам в цифровой среде.

«Вопрос использования цифровых копий в процессе обучения недостаточно глубоко изучен в публикациях как зарубежных, так и отечественных авторов. Этот факт легко объясняется относительной новизной данной технологии. Так, авторы Вихман В.В. и Ромм М.В. рассматривают цифровые двойники как характеристику новейшего образования, в том числе в сетевом формате. В концепции данных исследователей видится целесообразным внедрение цифровых моделей научно-образовательных учреждений и производственных предприятий, что приведет к формированию у выпускников вузов компетенций, ориентированных на запросы Индустрии 4.0.

Ряд авторов рассматривают варианты внедрения в вузы цифровых двойников корпоративных информационных систем (КИС) реальных предприятий, что обеспечит более высокое качество обучения специалистов и возможность работы в современных КИС еще на этапе обучения» [5].

«Технология «цифровой двойник» может использоваться в традиционных моделях организации взаимодействия: например, на базовых кафедрах» [5]. Данный подход уже реализован некоторыми предприятиями и вузами. Так, например, компания «Газпромнефть» является партнером таких вузов, как «Тюменский Индустриальный Университет» (ТИУ), и реализует совместную программу магистратуры «Промышленное и гражданское строительство на объектах нефтегазодобычи», в рамках которой происходит обучение при помощи цифрового инструмента, моделирующего процессы обустройства месторождения.

Экспертные интервью представителей реального сектора экономики показали наличие таких проблем, как кадровый голод и несоответствие компетенций выпускников вузов требуемым знаниям и навыкам у работодателей. Представители IT-компаний и промышленных предприятий выражают заинтересованность в сотрудничестве с вузами, в том числе при помощи цифровых форм взаимодействия.

Более 83% респондентов среди сотрудников таких вузов, как ИТМО, СПбГУ, СГАУ, КФУ, СПбГУТ считают целесообразным использование цифровых технологий в образовательных программах своих вузов, в том числе цифровых двойников.

В исследовании делается акцент на использовании цифровых двойников оборудования, систем, процессов в образовательном процессе вузов. Так как эффективность использования

данной технологии в вузах еще не изучена достаточным образом, рассмотрены примеры применения цифровых копий в производственных процессах нефтегазовых компаний.

Метод наблюдений позволил выделить следующие успешные кейсы применения данной технологии:

1. Обучение операторов технологическим задачам с помощью цифровых двойников в добыче на шельфе (высокоточная облачная имитационная модель): пилотный проект компании BP, ПО Hidrill Willsim компании Equinor, облачный сервис для тренировки операторов путем стимуляции на базе решения Microsoft Azure в компании Total.
2. Проектирование и моделирование строительства в Арктике с помощью анализа данных геологических профилей Роснефть.
3. Цифровые двойники оборудования для комплексного анализа данных о месторождении Digital Twin компании Aker Solutions.
4. Цифровой двойник буровой установки в компаниях Total, Aker BP, Shell.

По аналогии с производственными процессами, рассмотрены образовательные процессы в вузах после внедрения цифровых двойников. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Эффекты от применения технологии «цифровой двойник»

Преимущество цифрового двойника	Производственный эффект	Эффект при применении в образовательном процессе
Управление в режиме реального времени	Возможность своевременного реагирования на изменения объекта или окружающей среды	Возможность получения реальных и самых современных кейсов для обучения на них
Предиктивное обслуживание оборудования за счет анализа больших данных	Предотвращение поломок и ремонтов, снижение издержек за счет этого	Получение «чистых» данных об объектах, возможность работы обучающихся с большими данными и обучении на них
Возможность обработки непредвиденных сценариев	Предварительная оценка рисков и возможность работы с ними	Большой портфель рисков для ознакомления и обучения
Повышение производительности и качества взаимодействия между операторами	Повышение объемов производства, снижение процента ошибок	Возможность также повысить качество взаимодействия
Расширенная аналитика данных	Эффективная и информированная система поддержки принятия решений	Доступ к самообучающимся системам принятия решения и возможность обучения на них
Персонализация и кастомизация продуктов и услуг	Близость к потребителю как конкурентное преимущество на рынке	Обучение на конкретных кастомизированных моделях объектов для дальнейшей работы с ними на производстве
Четкое и полное документирование и коммуникация	Прозрачность информации	Доступ к качественной документации и структурированной информации об объектах и процессах в образовательных целях

Согласно приведенным в таблице данным, преимущества от использования цифровых копий объектов на производстве имеют не только производственные эффекты, но также и эффекты в образовательном процессе. Так, управление в режиме реального времени дает

студентам возможность доступа к самым современным и реальным кейсам функционирования оборудования и систем. Анализ больших данных – прекрасная возможность использования этих данных в обучающих целях. Возможность обработки непредвиденных сценариев дает большой портфель рисков для изучения, что является ценной базой для риск-менеджмента. Расширенная аналитика данных дает эффект в виде информированных систем поддержки решений. Доступ к подобным системам на них и обучение – также важный плюс для обучающихся. Создание кастомизированных моделей объектов дает не только эффекты в производстве, но также и в образовании, так как обучающиеся получают доступ к цифровым моделям конкретного оборудования конкретного предприятия, на котором и предполагается дальнейшая работа после трудоустройства. Четкое документирование – источник структурированной информации.

Доказанная эффективность применения цифровых двойников для производственных процессов, а также кейсы их успешного применения, в том числе в образовательной среде, позволяют сделать вывод о возможной перспективности и эффективности внедрения данной технологии и в образовательные программы вузов в рамках взаимодействия с реальными предприятиями.

Анализ нормативной базы показал, что большинство государственных документов в области развития образования, в том числе касательно цифровизации и цифровой трансформации данной отрасли, не содержат прямых указаний касательно интеграции высших учебных учреждений и реальных промышленных предприятий. Документы, содержащие подобные задачи, имеют общие формулировки, без указания конкретных мероприятий и инструментов. Данные факты указывают на необходимость пересмотра законодательных актов и стратегий и дополнения их инструментами внедрения способов указанной выше интеграции.

В результате исследования были созданы практические рекомендации по интеграции вузов и промышленных предприятий в цифровой среде. Элементами стали: условия, факторы, риски внедрения технологии, а также методика оценки эффективности данного процесса.

Среди условий автором выделены:

- схожая профильная направленность с предприятием-партнером;
- одинаковый уровень инновационного развития с предприятием-партнером;
- соответствие целям вуза и компании, в том числе стратегическим;
- финансовые условия (наличие бюджета и предварительная оценка экономической эффективности, сопоставление затрат и выгод);
- производственные условия (наличие необходимой инфраструктуры для запуска технологии, компетентных кадров, мощностей, оборудования, IT-условий);
- внешние условия (геополитика, политика, законодательство).

Факторами явились:

- наличие сложного высокотехнологичного оборудования и/или систем (например, роботизированные ячейки) на предприятии;
- наличие комплексных информационных, корпоративных систем на предприятии (ERP, MRP, WHS и т.д.);
- сложность, невозможность или нецелесообразность проведения практики студентов непосредственно на предприятии (удаленность, закрытость предприятия, отсутствие ресурсов);
- сложность проведения манипуляций над предметом изучения (человек, животное, дорогое оборудование, масштабный объект типа завода, месторождения);
- наличие действующих цифровых двойников у работодателя;
- наличие стратегических задач у акторов.

Рисками, на которые следует обратить внимание, являются:

- финансовые;

- связанные с государственным регулированием;
- технические;
- факторы среды и предприятия-партнера;
- связанные с проработкой проекта;
- человеческий фактор;
- операционные;
- изменение бюджета и сроков;
- специфические риски внедрения цифровых двойников;
- специфические риски внедрения технологий ИИ.

Также проведен анализ существующих методик оценки эффективности проектов. Сделан вывод о их недостаточности для оценки эффективности внедрения технологии «цифровой двойник» в образовательные программы вузов и создана методика оценки эффективности внедрения технологии «цифровой двойник» в образовательные программы вузов с учетом специфики подобных проектов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что и для предприятий, и для вузов метриками эффективности могут выступать:

1) срок окупаемости;
2) индекс рентабельности;
3) коэффициент ресурсоотдачи;
4) масштабность и масштабируемость;
5) уровень удовлетворенности студентов;
6) удобство использования;
7) реальность применения;
8) уровень компетенций выпускников;
9) доля трудоустроенных выпускников в штат предприятия-партнера.

Для вузов специфическими метриками могут выступать:

1) наукоемкость;
2) социальная эффективность;
3) уровень удовлетворенности преподавателей;
4) стратегические показатели вуза;
5) стратегические показатели национальных и региональных программ (в сфере науки и образования);
6) доля трудоустроенных выпускников по направлению подготовки;
7) показатели бюджетной эффективности.

Для предприятий специфичными показателями эффективности могут выступать метрики, связанные с экономической эффективностью, а также с адаптацией молодых специалистов:

- точка безубыточности;
- NPV, IRR;
- уменьшение срока адаптационного периода на новом месте работы.

Разработанные рекомендации основаны на научной новизне – особенностях использования технологии «цифровой двойник» в образовательном процессе, а также могут быть использованы на практике различными типами вузов и предприятий.

Список использованных источников

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf (дата обращения: 21.01.2022).
2. Леонтьева И.Н., Бурцев Д.С. Анализ проблем управления современным образовательным процессом в сфере высшего образования в условиях повышения уровня цифровизации экономики // Экономика. Право. Инновации. 2021. – №4. – С. 35–40.

3. Алексеева Т.В., Губина Л.В. Применение современных программных продуктов в сфере образования // БГЖ. – 2020. – №3(32). – С. 24-28.
4. Куччаев Р.М., Мальсагов Б.С., Чолаев А.Х. Роль цифровой среды обучения в современном образовании // МНКО. – 2020. – №6 (85). – С. 388-390.
5. Леонтьева И.Н., Бурцев Д.С. Организационно-экономические инструменты интеграции вузов и промышленных предприятий в условиях инновационной экономики // Экономика. Право. Инновации. 2022. – №1. – С. 13–20.

УДК 004.93'12

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ПОДСЧЁТА И ИДЕНТФИКАЦИИ КЛЕТОК КРОВИ

Ловгонюк В.Н.

Научный руководитель – Власов С.М., кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники

lovgon@mail.ru

Ключевые слова

Клетки крови, голографический микроскоп, YOLOv5, обработка изображений, распознавание объектов, веб-сервис, модель машинного обучения.

С каждым годом в РФ люди чаще сдают анализы крови (рис.1), но подобные лабораторные исследования всё ещё зачастую выполняются лаборантами вручную, а показатель человеческого внимания если и улучшается, то точно не соответствует темпам роста количества лабораторных исследований. В связи с чем напрашивается разработка системы для автоматической идентификации клеток крови, благо развитие современных технологий сегодня уже позволяет это сделать.

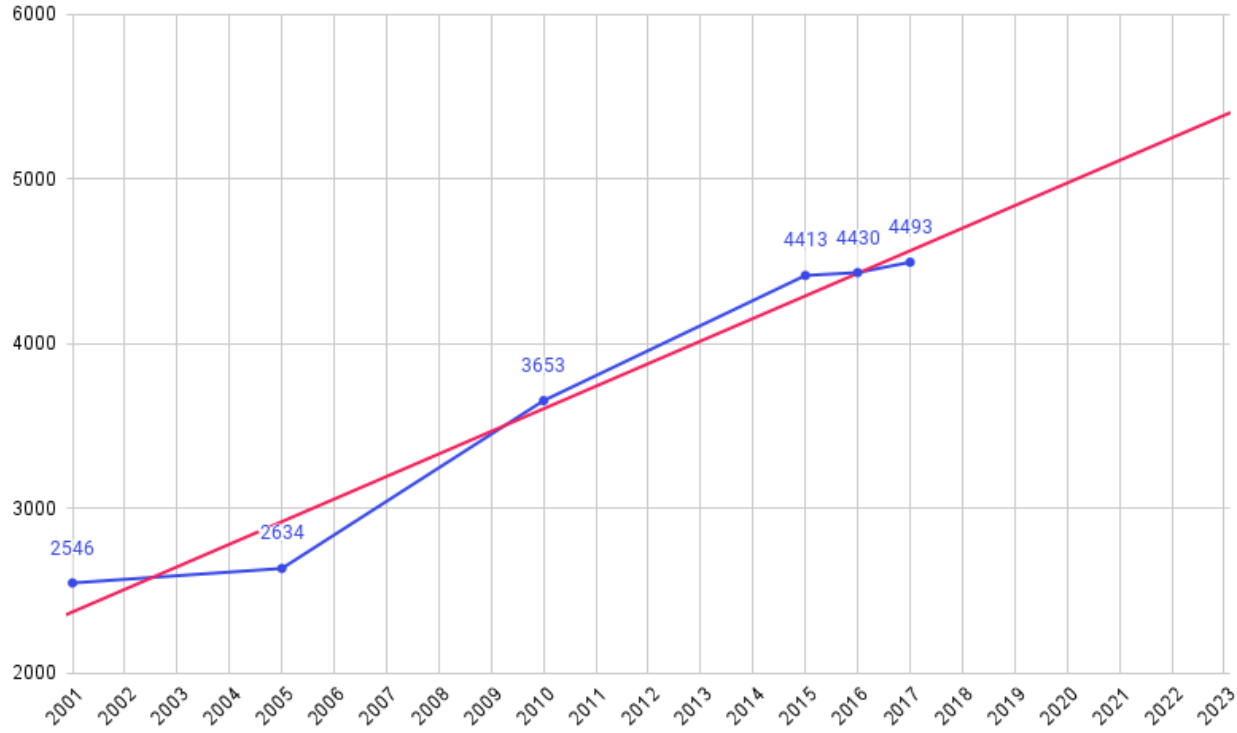


Рис. 1 – График динамики числа лабораторных исследований в РФ (в млн), составленный из данных источника [1]

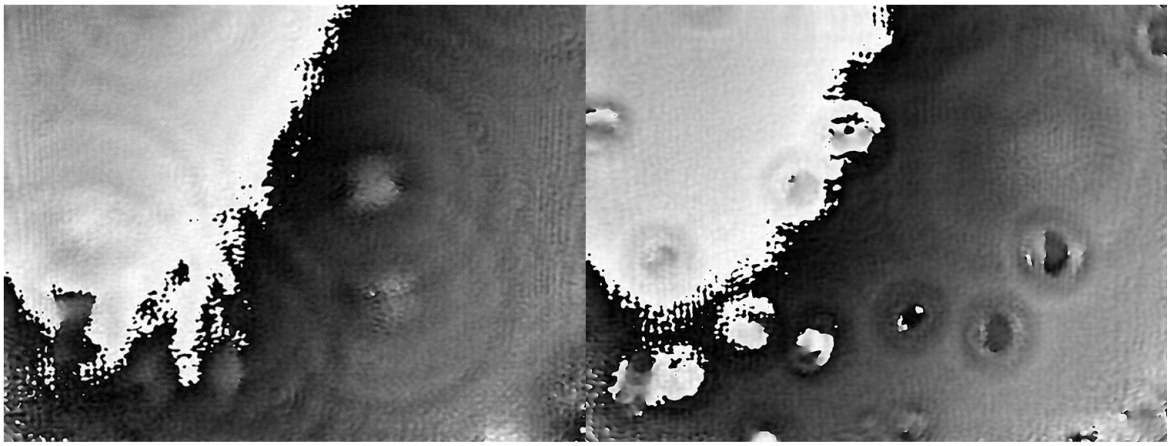
Для реализации проекта был выбран метод свёрточной нейронной сети (CNN) с архитектурой YOLO версии 5, потому что её эффективность составила 99%, а скорость обучения модели 9 минут (рис.2).

Были собраны 80 фазовых изображений клеток крови с голографического микроскопа. Но ввиду небольшого наклона подложки для образца в микроскопе и его неравномерного освещения, большинство изображений получились с дефектами типа потери фокуса и размытия, а также засвета (рис.3).

```
      Epoch    gpu_mem       box       obj       cls    labels  img_size
      97/99      1.72G   0.03888   0.03678         0        10       640: 100% 8/8 [00:04<00:00,  1.69it/s]
                 Class     Images     Labels          P          R     mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 10.08it/s]
                   all          4         29      0.966      0.965      0.946      0.454

      Epoch    gpu_mem       box       obj       cls    labels  img_size
      98/99      1.72G   0.03143   0.03557         0         5       640: 100% 8/8 [00:04<00:00,  1.71it/s]
                 Class     Images     Labels          P          R     mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 11.40it/s]
                   all          4         29          1          1      0.995      0.585

      Epoch    gpu_mem       box       obj       cls    labels  img_size
      99/99      1.72G   0.02961   0.03487         0         4       640: 100% 8/8 [00:04<00:00,  1.70it/s]
                 Class     Images     Labels          P          R     mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 10.98it/s]
                   all          4         29      0.999          1      0.995      0.572

100 epochs completed in 0.150 hours.
Optimizer stripped from runs/train/exp/weights/last.pt, 14.4MB
Optimizer stripped from runs/train/exp/weights/best.pt, 14.4MB

Validating runs/train/exp/weights/best.pt...
Fusing layers...
Model Summary: 213 layers, 7012822 parameters, 0 gradients, 15.8 GFLOPs
                 Class     Images     Labels          P          R     mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00,  4.57it/s]
                   all          4         29      0.935      0.999      0.992      0.648
Results saved to runs/train/exp
```

показатели эффективности полученной модели после прохождения 100 эпох обучения

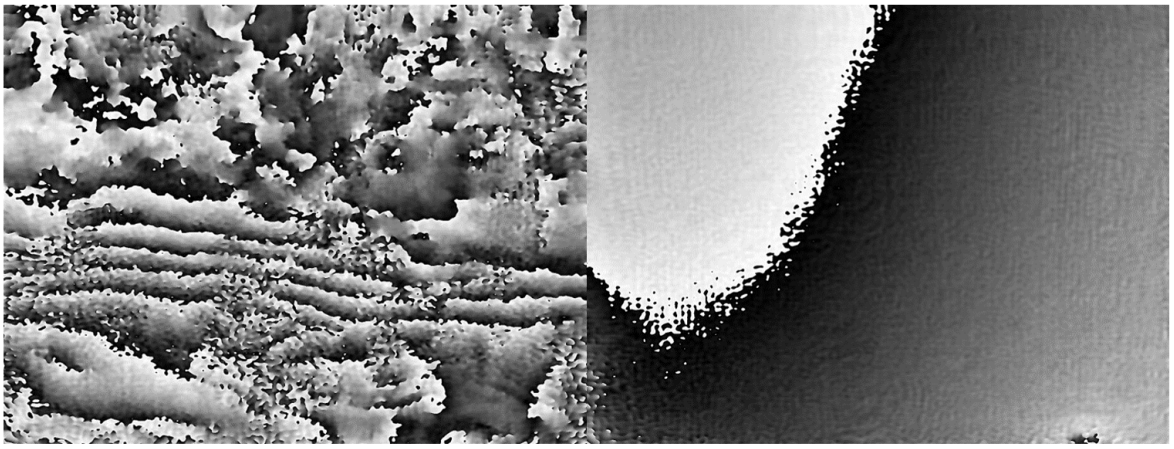
Рис. 2 – Метрики модели после 100 эпох обучения



размытие из-за потери фокуса

засвет из-за наклона подложки и неравномерного освещения образца

Рис. 3 – Примеры изображений с дефектами



фазовое изображение скотча или лака, склеивающего образец

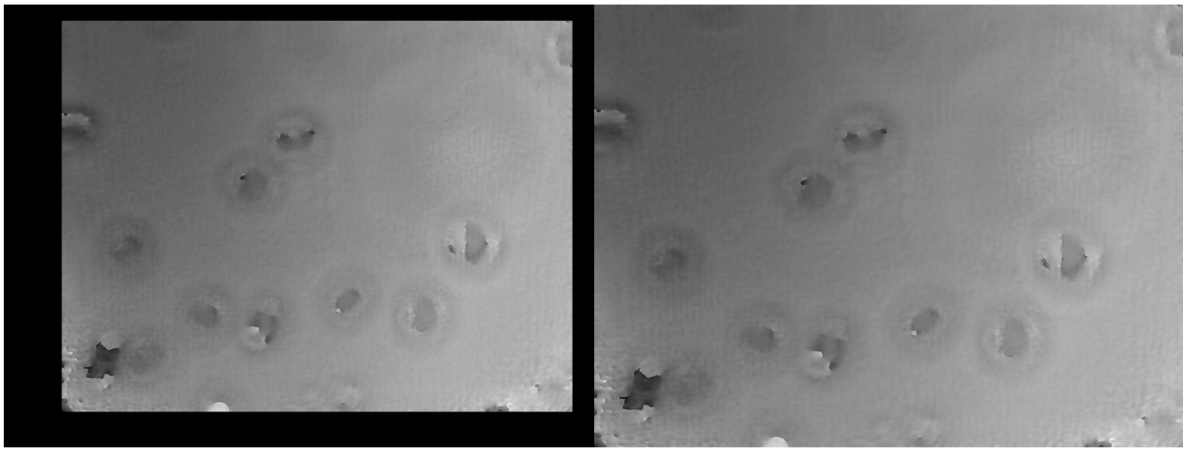
без клеток крови на образце

Рис. 4 – Примеры изображений с дефектами

Также некоторые изображения содержали только фото клея от скотча и лака, на которые крепился образец крови. А ещё некоторые изображения остались без клеток из-за добавления

большого количества медицинского раствора в образец или малого содержания крови и плохого перемешивания(рис.4).

До фильтрации датасета от некачественных изображений было произведено удаление эффекта засвета с помощью примера развёртки фазы из документации библиотеки scikit-image (рис.5).



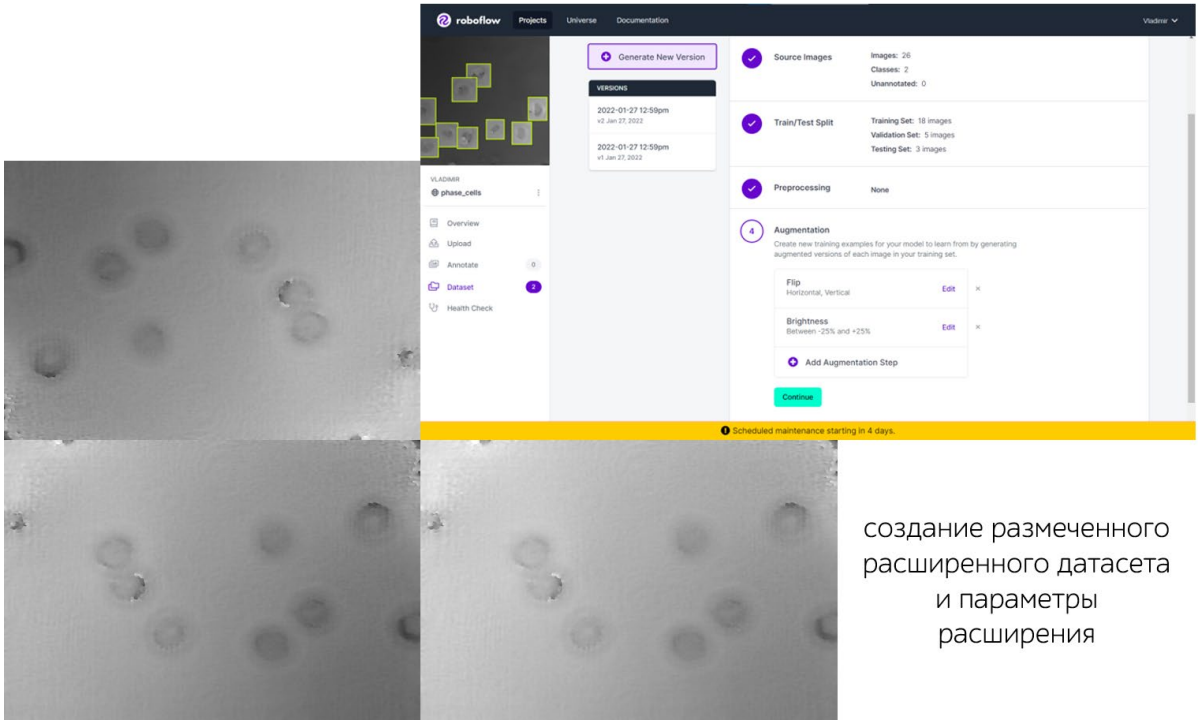
результат работы программы unwrap.py для удаления засвета

результат работы программы cropres.py для удаления рамок графика

Рис. 5 – Удаление эффекта засвета

Результат получился с рамками, потому что выходное изображение – это график, построенный по данным пикселей фазовых изображений. Чтобы убрать эти рамки были использованы методы обработки изображений библиотеки opencv.

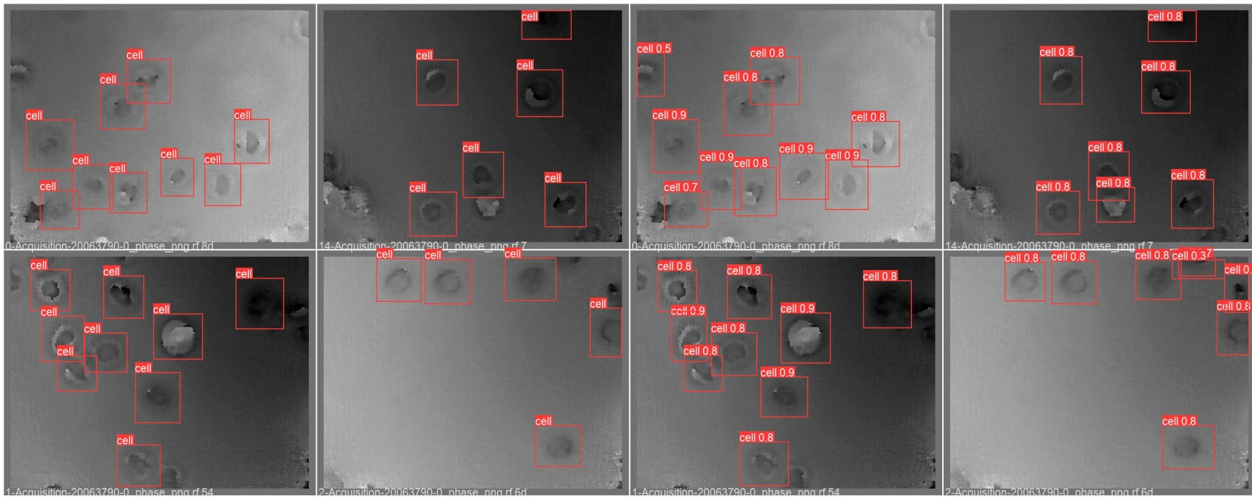
После восстановления изображений была произведена их фильтрация на отбор качественных от дефектных. В результате чего из 80 первоначальных осталось 26 изображений [2]. Такого количества недостаточно для получения хорошего результата обучения моделей машинного обучения. Поэтому было принято решение расширить этот датасет искусственно, а именно продублировать изображения, отразив их зеркально и увеличив, и уменьшив яркость на 25% (рис.6).



создание размеченного расширенного датасета и параметры расширения

Рис. 6 – Разметка датасета

Обученная модель была протестирована на четырёх разных изображениях (рис.7).



заранее проаннотированые классы и объекты

распознанные обученной YOLOv5 моделью клетки, их классы и вероятности отнесения к ним

Рис. 7 – Результаты тестирования обученной модели

Как видно, она настолько хорошо обучилась, что распознала даже те клетки, которые по случайности не были размечены при создании датасета. Модель работает отлично и имеет следующие качественные характеристики:

- не распознаёт лишние объекты как клетки;
- распознаёт преимущественно все клетки на изображении;
- определяет распознанный объект как клетка в среднем с вероятностью выше 80%.

Однако было бы неудобно постоянно запускать проект на компьютере, потом запускать код, прописывая в терминале определённую команду, чтобы распознать клетки и самому впоследствии считать эффективность модели. Поэтому было принято решение разработать web-сервис для автоматической идентификации клеток. Для начала из готового репозитория YOLOv5 был исполнен файл detect.py с изменением весов на нашу модель и выбором фазового изображения (рис.8).

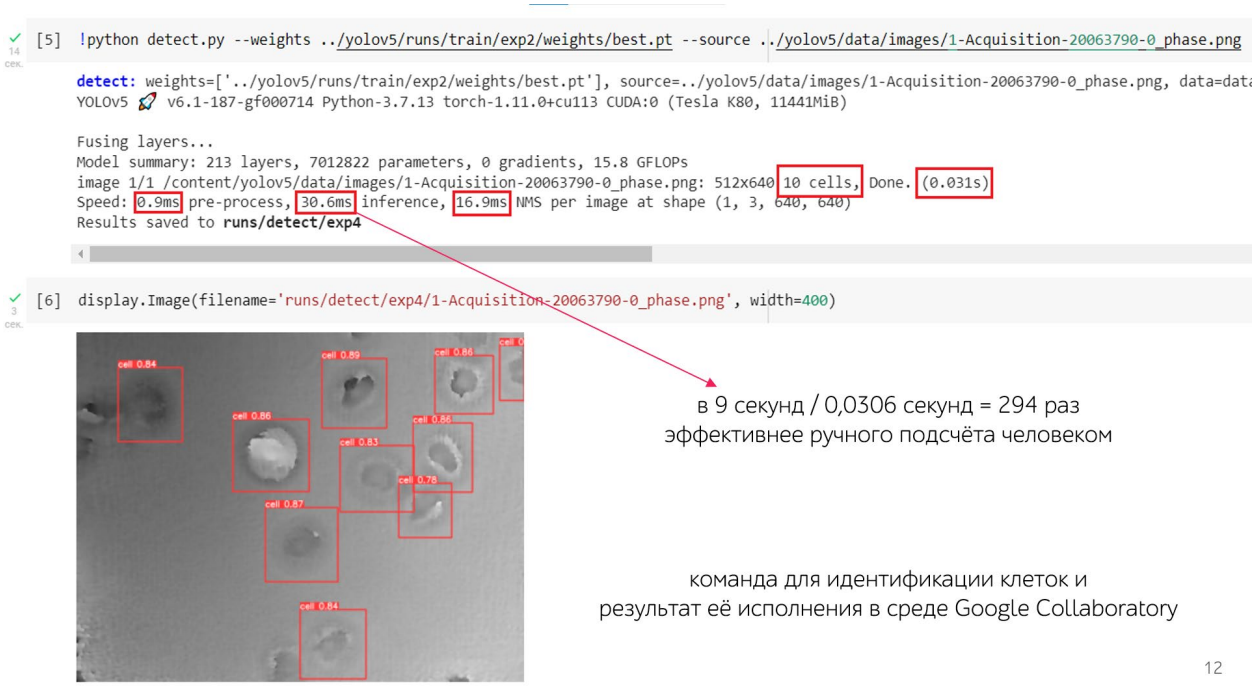


Рис. 8 – Запуск модели и примерный подсчёт её эффективности

Видно, что на распознавание одного изображения YOLOv5 с нашей моделью затрачивают 0,031 секунды. Экспериментальным методом было определено, что человек считает одно изображение примерно за 9 секунд. А точность в количестве найденных клеток примерно одинаковая. Тогда эффективность нашей модели будет приблизительно в 294 раза больше, чем эффективность ручного подсчёта клеток человеком, например лаборантом.

Серверная и визуальная части были реализованы с помощью следующих фреймворков:

- на pydantic разработаны классы (schemas.py) и пути (settings.py),
- на FastAPI (main.py) разработаны функции (API-эндпойнты),
- на HTML 5 и стилях Bootstrap 5 написан интерфейс сервиса,
- на JavaScript (main.html) написана обработка принимаемых возвращаемых данных (реализовано использование API сервиса),
- на uvicorn (main.py) запускается сервер.

Скриншоты демонстрации работы web-сервиса и весь код можно увидеть в GitHub репозитории проекта [3].

Задачи, решаемые в работе:

1. Анализ литературы и других источников на текущую тему за последние 5 лет.
2. Анализ методов идентификации объектов на изображениях и выбор эффективного и подходящего под данную разработку.
2. Нахождение большого датасета от MIT с изображениями легко различимых клеток и использование его в тестовых целях.
3. Тестирование выбранного метода на тестовом датасете.
4. Сбор, обработка и аннотирование датасета с изображениями клеток, сделанных на голографический микроскоп ЛКФС ИТМО.
5. Получение модели машинного обучения с помощью выбранного метода и обработанного датасета ЛКФС.
6. Создание web-сервиса для автоматической идентификации клеток на основе полученной модели и выбранного метода идентификации.
7. Определение эффективности сервиса и модели по сравнению с ручным подсчётом клеток.

   Краткая характеристика полученных результатов:

   На основе проанализированной литературы, в этом проекте были разработаны:

- программы для предобработки изображений для дальнейшего обучения модели,
- модель машинного обучения,
- клиентсерверное приложение для автоматического распознавания изображений, использующее разработанную модель, идентификации и подсчёта клеток крови на них. Эффективность разработанного решения превосходит ручной подсчёт клеток в 25 – 250 раз.

Список использованных источников

1. Какорина Е.П., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Тюрина Е.М. Динамика показателей деятельности лабораторной службы Российской Федерации за 2001-2017 гг.. Лабораторная служба. – 2018. – 7(4). – С. 32-39. DOI 10.17116/labs2018704132.
2. Репозиторий с предварительно обработанным датасетом и кодом YOLOv5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/lovgon/phase_cells_2022 (дата обращения: 09.04.2022).
3. Репозиторий с готовым web-сервисом и моделью, обученной на YOLOv5 и изображениях с голографического микроскопа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/lovgon/cells_VKR_2022 (дата обращения: 09.04.2022).

УДК 004.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ КРАУДСОРСИНГ-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГОРОДСКИХ ЗАДАЧ

Локтев Е.М.

Научный руководитель – Чугунов А.В., доцент, кандидат политических наук, директор центра технологий электронного правительства, доцент Института дизайна и урбанистики

loktev@lok-tech.com

Ключевые слова

Краудсорсинг, электронное участие, социальный капитал, развитие территорий, местное самоуправление.

Краудсорсинг открывает возможности использования синергетического эффекта социального капитала, благодаря задействованию не только личных способностей, но и динамическому формированию продуктивных связей. Технологии использования, так называемого, коллективного интеллекта посвящено большое количество исследовательских работ и проектов за рубежом, а в России уделяется внимание лишь компаниями-энтузиастами и Правительством города Москвы. Целью представляемого исследования является разработка методологии и инструментария для проведения краудсорсинг-проектов по решению городских задач на уровне местного самоуправления. Поставленная цель предполагает проведение теоретического исследования, сравнительного анализа существующих имплементаций в различных краудсорсинговых платформах для построения работоспособной методологии проекта. На этой основе определяются функциональные и технические требования к создаваемому инструменту. Для подтверждения результатов необходимо проведение пилотных проектов с использованием разработанной платформы. Краудсорсинг достаточно новое явление, несмотря на значительное количество научных работ, терминология в различных источниках отличается, а широта применения приводит к расплывчатым понятиям.

Особенность применения методов краудсорсинга в публичной политике заключается в том, что органы власти полагаются на пользователей (граждан) не только в вопросе формулировки потребностей, но и в определении эффективных управленческих практик, которые могут удовлетворять эти потребности. И в этом контексте И.В. Мирошниченко [1] выделяет три вида краудсорсинговой деятельности в публичной политике:

- краудсорсинговые проекты в условиях чрезвычайных ситуаций;
- законотворческий краудсорсинг;
- вики-сотрудничество органов власти и гражданского общества на региональном и муниципальном уровне.

Основным преимуществом краудсорсинга перед другими способами достижения перечисленных задач является использование в качестве ключевого ресурса социального капитала, что приводит к значительному снижению затрат, повышению скорости достижения поставленных целей и получению результатов, которых невозможно достигнуть существующими способами [2].

В настоящее время самая значимая статистика участия граждан имеется по результатам краудсорсинговых проектов в Москве [3], что повышает популярность этой технологии. Исследователи отмечают, что внедрение технологии краудсорсинга и крауд-практик позволяет решать важные для населения и органов власти задачи [4]:

- вовлечение широких масс населения в принятие управленческих решений;
- привлечение граждан для разработки важных крауд-проектов;
- поиск талантливых и креативных групп и индивидов;
- повышение лояльности и доверия к деятельности органов власти;

- организация гибких и инновационных коммуникаций;
- повышение конкурентоспособности территорий;
- улучшение качества жизни населения.

Несмотря на широкий спектр применимости в различных отраслях, краудсорсинг использует четыре базовых метода [5]:

1. Создание объектов. Поставленная организатором задача включает требования к созданию участниками новых объектов. Каждый участник или самосформировавшийся коллектив создает новый объект. Результатом является набор созданных объектов.
2. Поиск решения. Поставленная организатором проблема требует создания нового решения. Участники создают «решения» (объекты, услуги, методики, подходы). Результатом является одно наиболее подходящее решение по мнению организаторов.
3. Обработка объектов. Участники обрабатывают (изменяют) перечень обозначенных организатором объектов для решения поставленной задачи. Результатом, в данном случае, является набор обработанных объектов (при этом, в случае поиска алгоритма обработки объектов используется методология поиска решения, а не обработки объектов).
4. Оценка объектов. Участники производят оценку объектов, представленных организатором, в соответствии с поставленной задачей. Результатом является набор оценок представленных объектов.

Также возможно использование комбинаций выше обозначенных методов: создание новых объектов совместно с оценкой созданных объектов для выбора наиболее предпочтительных, обработка объектов и поиск решения, когда организатору требуются как обработанные объекты, так и алгоритм их обработки. Некоторые исследователи классифицируют методы на «генерацию» (создание новых объектов и поиск решений), а «улучшение» (обработка и оценка объектов).

В рамках проектирования платформы были определены функциональные и технические требования к разрабатываемому инструменту. Требования определялись на основании задач, решаемых в рамках проекта. В ходе консультаций с потенциальными пользователями определены несколько целей использования платформы: создание инноваций в закрытых экспертных сообществах и решение задач развития городской среды на уровне экспертов-урбанистов, сотрудников муниципалитетов и представителей органов государственной власти Санкт-Петербурга с привлечением жителей города. Дополнительной задачей платформы является сбор сведений о пользователях для осуществления дальнейшего развития системы.

В результате выявления функциональных требований для решения поставленных задач были определены варианты использования:

- публикация проекта организатором проекта – Организатор имеет возможность разместить на платформе проект, управлять его жизненным циклом;
- публикация, обсуждение и оценка предложений – три прецедента относящихся к роли Участник проекта (эксперт может задействовать один или несколько вариантов в зависимости от конкретного проекта и организатора);
- фасилитация дискуссии осуществляется в первую очередь организатором проекта с возможностью привлечения экспертов;
- получение результатов проекта для представления организаторам проекта.

При определении функциональных требований был определен процесс проведения проекта, как базовый элемент достижения цели разрабатываемого инструмента, позволяющий из поставленной проблемы получить результат. Диаграмма уровня процессов представлена на рисунке.

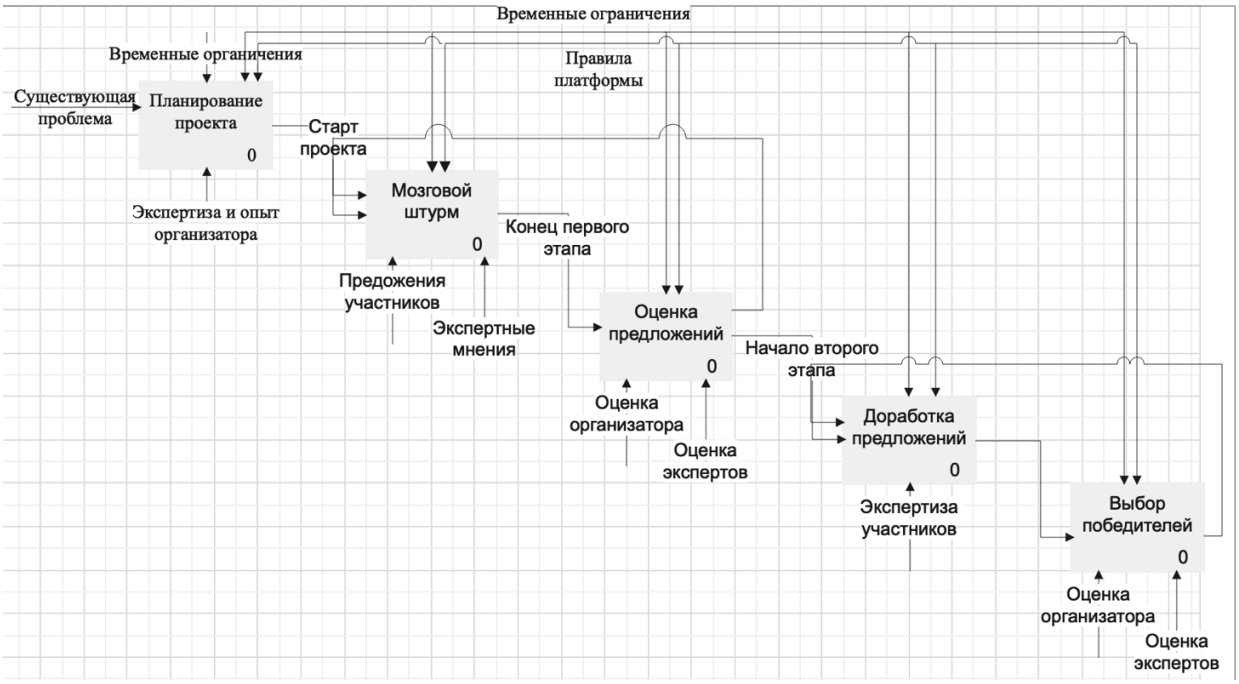


Рисунок – Диаграмма уровня процессов

К основным функциональным требованиям при разработке платформы в части реализации крауд-проектов были отнесены:

- гибкая настройка проекта под задачи организатора;
- поддержка четырех базовых методов краудсорсинга, обозначенных ранее;
- отсутствие ограничений, связанных с доступом к платформе: пользователю не требуется ничего, кроме браузера для участия.

На диаграмме также отображен способ реализации требования по имплементации методов краудорсинга: разделение проекта на этапы, что обеспечивает возможность использования тех или иных методов.

В ходе проектирования краудсорсинг-платформы была определена базовая сущность: «проект». Проект представляет собой определенную задачу, которую требуется решить участникам крауд-платформы, набор вводных данных, а также набор этапов – каждый из которых может реализовать один из базисных методов краудсорсинга. Так, на первом этапе может быть осуществлен сбор идей по проблеме, на втором – оценка предложений, на последующем – проработку одного или нескольких лучших решений для подготовки к внедрению результатов проекта. Предложение является атрибутом этапа проекта, созданным участником платформы, для достижения целей проекта в рамках этапа. Предложение может быть оценкой, текстовым или медиа- материалом, картографическим объектом с дополнительными атрибутами. Перечень атрибутов и набор этапов определяется в зависимости от целей проекта и требований к результатам.

Для проверки результатов исследования потребовалась реализация пилотного проекта. Целью пилотного краудсорсингового проекта является подготовка концептуальных документов, определение функциональных требований к цифровой муниципальной экосистеме города для дальнейшего формирования технических заданий на создание сервисов для органов местного самоуправления и проработке вопросов, связанных с задействованием уже имеющихся у ИОГВ информационных ресурсов и сервисов.

В качестве предмета пилотного проекта на краудсорсинг-платформе был выбран процесс формирования концепции и требований к Цифровой экосистеме местного самоуправления Санкт-Петербурга. Решение принято в процессе консультаций между представителями Совета муниципальных образований Санкт-Петербурга, Санкт-Петербургского информационно-аналитического центра, Института дизайна и урбанистики Университета ИТМО и

Некоммерческого партнерства ПРИОР Северо-Запад. Важным приоритетом при создании муниципальной экосистемы была обозначена необходимость максимально использовать информационные ресурсы и цифровые сервисы, которые уже созданы или планируются к реализации в Санкт-Петербурге, как по заказу исполнительных органов государственной власти (ИОГВ), так и коммерческих компаний. Инструментом для интеграции с муниципальными ресурсами и сервисами будет выступать ЭГС Санкт-Петербурга.

Для решения поставленных задач сформирован перечень локальных проектов, распределенных на категории:

1. Концепция и программа создания муниципальной экосистемы.
2. Сервисы для взаимодействия с жителями.
3. Сервисы для использования сотрудниками ОМСУ и ИОГВ.
5. Сервисы, взаимодействующие с городскими и федеральными информационными системами.

В рамках каждой категории последовательно проводится несколько локальных проектов:

1. Проект подготовки концептуального документа, представляющего целеполагание, задачи и методы реализации муниципальной цифровой экосистемы в Санкт-Петербурге.
2. Проект по сбору предложений о реализации сервисов. Результатом проекта является ранжированный список сервисов, рекомендованных к созданию и проверенный отраслевыми экспертами.
3. Проекты по функциональному наполнению сервисов, выбранных в рамках сбора предложений. Результатом каждого проекта является перечень функциональных требований к сервису.
4. Проект по подготовке предварительного функционального технического задания создание муниципальных сервисов в рамках категории проекта. Результатом проекта является валидированный отраслевыми экспертами и представителям власти документ, который может быть использован в качестве основания выделения бюджетных ассигнований и создания цифровой экосистемы муниципальных сервисов. Вне зависимости от категории, к которой относится проект, к участию допускаются только отраслевые эксперты и представители органов власти.

Каждый проект проводится в три последовательных этапа:

A. Сбор предложений от участников, допущенных к категории.
B. Оценка предложений участниками.
C. Оценка предложений экспертами и подведение итогов.

Основным преимуществом краудсорсинга перед другими способами решения городских задач с помощью технологий электронного участия является использование в качестве ключевого ресурса социального капитала, что приводит к значительному снижению затрат, повышению скорости достижения поставленных целей и достижение результатов, которых невозможно достигнуть существующими способами с учетом ограничений. В зависимости от целей конкретного проекта используется различный набор инструментов.

В настоящее время осуществлено проектирование и разработка базовой архитектуры краудсорсинг-платформы, развивающей преимущества существующих региональных и муниципальных порталов. При этом платформа допускает возможность расширения для решения задач за пределами обозначенных аспектов формирования концепции и требований к цифровым городским и муниципальным сервисам. Реализованная методология может быть также успешно использована для коллективной обработки данных, проведения предпроектных обсуждений для инициативного бюджетирования, соучаствующего проектирования территорий, сбора отзывов жителей о результатах развития городских пространств, публичных слушаний. В результате использования платформы предполагается формирование открытого экспертного сообщества, что позволит платформе стать распределенной «фабрикой мысли» в вопросах муниципального и городского управления.

Список использованных источников

1. Мирошниченко И.В. Модернизационный потенциал краудсорсинга в современной публичной политике: российский опыт и зарубежные практики // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. – 2011. – №6. – С. 31–39.
2. Хау Д. Краудсорсинг: Коллективный разум как инструмент развития бизнеса. М.: Альпина Паблишер, 2019. – 296 с.
3. Казакова Н.Д., Денисова Ж.А. Технология краудсорсинга в государственном и региональном управлении (на примере краудсорсинг-проектов правительства Москвы) // Власть. – 2016. –№4. – С. 21–28.
4. Гамбеева Ю.Н., Медведева С.Н., Балашов Е.Л. Краудсорсинг – технология гражданского участия в государственном управлении // Российское предпринимательство. – 2018. – Т.19, – №12. – С. 3947–3954. DOI: 10.18334/rp.19.12.39545.
5. Fabio R., Neto A., Santos C.A.S. Understanding crowdsourcing projects: systematic review of tendencies, workflow and quality management // Information processing and management. – 2018. – V.54 (4). DOI: 10.1016/j.ipm.2018.03.006.

УДК 535.662, 544.032.65

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Лутошина Д.С.

Научный руководитель – Одинцова Г.В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник института лазерных технологий

ld3282@itmo.ru

Ключевые слова

Цветная лазерная маркировка, драгоценные металлы, идентификационные метки, защита, наночастицы, плазменный резонанс.

Получение цветного покрытия или узора на поверхности драгоценных металлов для повышения декоративных свойств изделий развивается сотни лет. Так, в настоящее время известны и продолжают развиваться методы оксидирования или патинирования, нанесения гальванических покрытий и эмалей. Данные методы продолжают совершенствоваться благодаря научно-техническому прогрессу и развитию технологий производства. Тем не менее, тяжело говорить об их универсальности. Сложности в технологиях изготовления, необходимость использования опасных химических растворов, необходимость использования уникальных мастеров ограничивает использование перечисленных методов. Поэтому в работе предлагается рассмотреть перспективный метод лазерного окрашивания поверхности драгоценных металлов за счёт синтеза наночастиц с плазмонными свойствами на поверхности, например, ювелирных украшений или мерных слитков. Предлагаемая методика направлена на улучшение внешних характеристик обрабатываемых изделий, а также на повышение уровня защиты изделий из драгоценных металлов от фальсификации.

С развитием методов научного анализа появились новые знания о природе возникновения окраски различных предметов. Оказалось, что окраска предметов может зависеть не только от пигментов, входящих в их состав. Было определено, что видимый цвет может создаваться структурами, размер которых меньше, чем длины волн видимого диапазона излучения [1]. Такие структуры называют наноструктурами или метаматериалами. Их важнейшей особенностью является то, что их свойства определяются не свойствами компонентов, из которых они состоят, а расположением этих компонентов в пространстве.

Наночастицы из проводящих материалов способны вступать в резонансное взаимодействие с определенными длинами волн. При взаимодействии света с металлическими наночастицами электрическое поле электромагнитной волны способно смещать электроны внутри наночастицы [2]. В результате этого смещения появляется притяжение между смещенными отрицательно заряженными электронами и положительно заряженными атомами. Следствием этого притяжения является возникающее колебание, называемое плазмоном, а соответствующие наночастицы - плазмонными. Особенность плазмона заключается в его способности вступать в резонанс с определенными длинами волн и усиливать их. Особый интерес представляют наночастицы драгоценных металлов, так как резонансная частота для них лежит в видимом спектре излучения [3]. Управление такими параметрами наночастиц как размер, состав, концентрация или расположение в пространстве позволяет создавать структурные цвета с заданными оптическими характеристиками.

Существует простой метод получения таких структур с помощью лазера [4]. Как сообщается научным коллективом, на поверхности серебра, золота, алюминия и меди с помощью лазерного облучения поверхности металлов с пикосекундной длительностью в воздушной среде удалось сформировать неупорядоченные наночастицы с хаотичными размерами. Данные частицы способны проявлять плазмонные свойства, благодаря чему образуют на поверхности цвет, не зависящий от угла наблюдения.

Формирование наночастиц на поверхности происходит при их осаждении из парогазовой фазы при испарении части нагреваемого лазерным источником материала. В результате изменения параметров лазерной обработки с помощью такого метода можно получать различные цвета.

Лазерные методы окрашивания драгоценных металлов имеют перспективы внедрения в промышленные области, связанные с декорированием и нанесением идентификационных меток. Для получения цвета на поверхности металлов не требуются красители и пигменты, а получаемые изображения имеют высокое разрешение. Кроме того, современные лазерные системы обеспечивают достаточный уровень производительности используемых методов, что говорит о возможности массового производства изделий. В то же время, применение многих лазеров, например с фемто- и пикосекундной длительностью импульса по-прежнему ограничено их дороговизной, а получаемые цвета обладают низкой устойчивостью к внешним воздействиям, быстро блекнут и требуют защиты [5].

Несмотря на слабую устойчивость цветов к внешним воздействиям, дальнейшее изучение метода может позволить определить возможные механизмы стабилизации получаемого цвета или его защиты. А использование доступного и стабильного наносекундного лазерного источника в совокупности с простым методом защиты позволит использовать метод для создания цветных идентификационных меток не только в научных лабораториях, но и на промышленных производствах.

В качестве материалов для исследования выбраны серебро 999,9 пробы, золото 999,9 пробы и платина 999,5 пробы. Экспериментальные исследования проведены с использованием лазерной установки на базе иттербиевого волоконного лазера на длине волны 1064 нм, работающей в импульсном режиме воздействия: с длительностью импульса в диапазоне τ = 4–200 нс, с частотой повторения импульсов f = 1,6 – 999 кГц, максимальная средняя мощность которой составляет P = 20 Вт.

В работе было определено влияние импульсного лазерного воздействия с плотностью мощности излучения $q > 10^8$ Вт/см^2, обеспечивающего лазерный синтез плазмонных наночастиц драгоценных металлов в воздушной среде, на морфологию и состав модифицируемой поверхности. Лазерный нагрев приводит к быстрому плавлению и испарению драгоценных металлов. В результате конденсации испаряемой части из газовой фазы на поверхность осаждаются кластеры наночастиц, формирующие различные морфологии. По мере удаления от обрабатываемой лазером зоны размер и концентрация кластеров из наночастиц уменьшаются. Лазерный нагрев в воздушной среде приводит к появлению оксидов, карбонатов и гидроксильных дефектов драгоценных металлов.

Было показано, что наночастицы формируются как в самом лазерном кратере, так и вокруг него. При параметрах лазерного облучения с энергией импульса E_p = 0,26 мДж, обеспечивающего активный синтез наночастиц, радиус разлета наночастиц для серебра 999 пробы составляет приблизительно 367 мкм. Структурные элементы из наночастиц, находящиеся на расстоянии не более 30 мкм от кратера, формируемого лазерным воздействием, имеют средний размер 30 нм, и минимум спектра отражения на длинах волн 750 – 760 нм.

Радиус разлета наночастиц при тех же параметрах лазерного воздействия для золота 999 пробы составляет приблизительно 306 мкм. Структурные элементы из наночастиц, находящиеся на расстоянии не более 30 мкм от кратера, формируемого лазерным воздействием, имеют средний размер 54 нм, при минимуме спектра отражения на длинах волн 630 – 675 нм.

Радиус разлета наночастиц при тех же параметрах лазерного воздействия для платины 999 пробы составляет приблизительно 316 мкм. Структурные элементы из наночастиц, находящиеся на расстоянии не более 30 мкм от кратера, формируемого лазерным воздействием, имеют средний размер 88 нм, и минимум спектра отражения на длинах волн 450 – 550 нм.

Широкий минимум спектров отражения определяется тем, что наночастицы данной области представляют собой кластеры, состоящие из наночастиц меньшего размера, которые также вносят вклад в образование структурного цвета.

Также для всех образцов закономерно сужение минимума спектров отражения с одновременным смещением их в УФ область спектра и увеличением коэффициента отражения связанного с уменьшением размера кластеров из наночастиц и их концентрации по мере отдаления от края кратера. Во всех случаях наночастицы, сформированные в области возле кратера (до 30 мкм от края кратера) обладают выраженным плазмонным резонансом.

Экспериментально была показана низкая механическая и химическая стойкость лазерно-индуцированных покрытий из плазмонных наночастиц на поверхности серебра (рис.1).

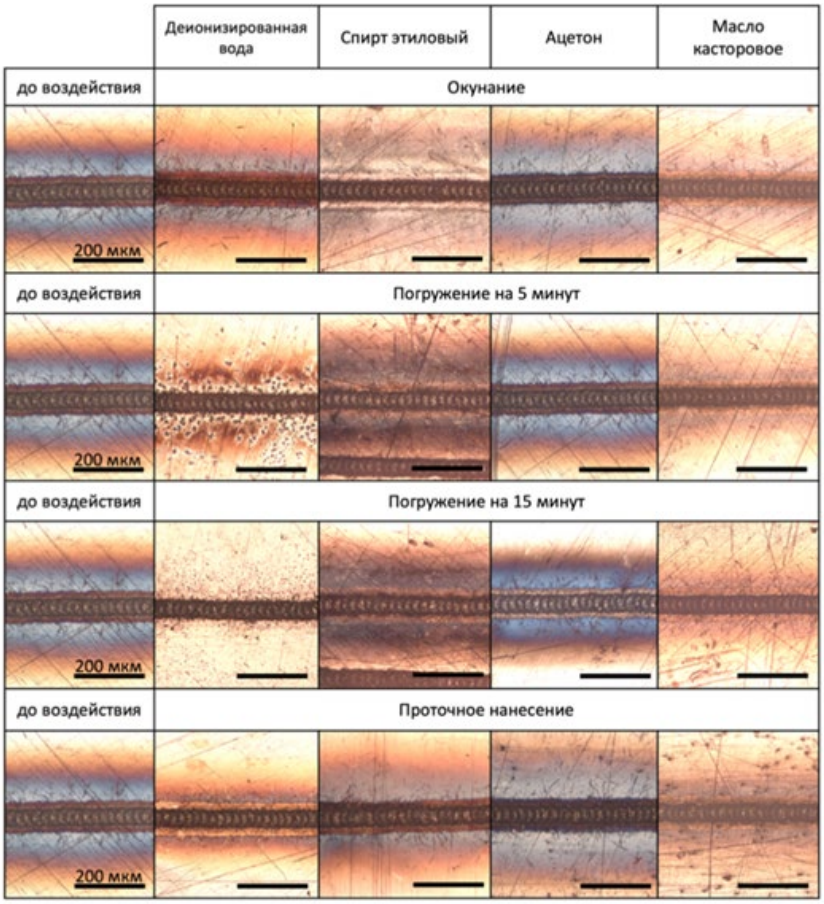


Рис. 1 – Микрофотографии лазерно-индуцированной поверхности серебра до и после испытаний на химическую устойчивость

Для защиты формируемых структур от внешних воздействий предлагается нанесение лака на основе спирторастворимого полимера бесконтактно при использовании спинкоатера. Данный метод может применяться в ювелирной промышленности.

Продемонстрирована палитра для серебра 999 пробы, полученная для режимов лазерного воздействия с наносекундной длительностью импульсов, обеспечивающих синтез наночастиц с плазмонными свойствами (рис.2).

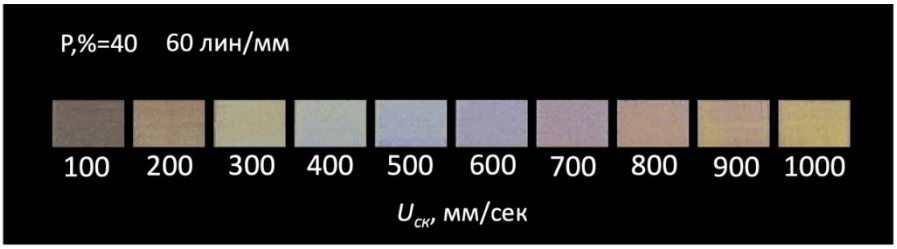


Рис. 2 – Фотографии палитры серебра 999 пробы

Производительность режимов с цветом составляет от 3 см^2/мин до 10 см^2/мин в зависимости от наносимого цвета, что минимум в 3 раза превышает производительность данного метода, представленного ранее с использованием пикосекундного лазера.

Разработанная технология цветной идентификации поверхности драгоценных металлов за счет особенностей плазмонного резонанса в лазерно-индуцированных наночастицах решает задачу проведения непосредственной идентификации (рис. 3).

Видимый цвет	R	G	B	Nx	Ny	q, МВт·см^2	$d_{ср}$, нм	h, нм	N, шт/мкм^2
S55	94	115	116	3	18,75	349	43±10	80,5±17,8	969
S51	68	92	109		18,75	380	24±5	52,3±8,8	1560
S11	152	113	67		9,375	349	15±6	21,7±4,0	4252

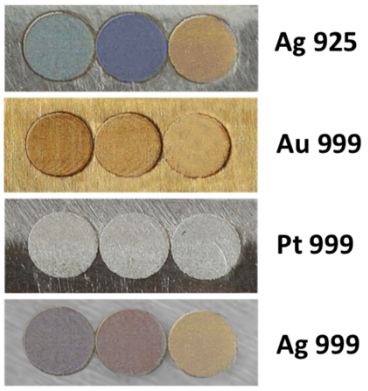


Рис. 3 – Обобщенные результаты исследования и пример идентификации поверхности серебра 925 пробы согласно результатам исследования

Позволяет получать на поверхности изделий цветные изображения, надписи и числовую информацию с помощью специально разработанного ПО (рис. 4).

Рис. 4 – Исходное изображение (А), рабочее окно ПО Colirit (Б), фотография полученного изображения на серебряной пластине (В)

Использование защитного лакового покрытия на основе спирта делает возможным использование полученных цветных меток для декоративных, информационных и иных целей после проведения идентификации при последующем использовании изделий из драгоценного металла (рис. 5).

Рис. 5 – Изображение лотоса на серебре до нанесения лака (А), изображение лотоса на серебре после нанесения одного слоя лака (Б)

Таким образом, в работе был предложен метод создания цветных идентификационных знаков на поверхности драгоценных металлов (серебра, золота и платины) за счет формирования плазмонных наночастиц при прямом импульсном лазерном воздействии наносекундной длительности в воздушной среде.

Было определено влияние режимов лазерного наносекундного воздействия в воздушной среде на морфологические особенности обработанной поверхности драгоценных металлов, влияние физико-химических свойств формируемых наночастиц драгоценных металлов на оптические свойства модифицируемой поверхности. Была разработана технология нанесения цветной идентификационной метки на поверхность драгоценных металлов за счет плазмонного резонанса в лазерно-индуцированных наночастицах и подобран метод защиты, сохраняющий плазмонные свойства модифицированной поверхности.

Список используемых источников

1. Vorobyev A.Y., Guo C. Spectral and polarization responses of femtosecond laser-induced periodic surface structures on metals // Journal of Applied Physics. – 2008. – Т.103. – №4. – С. 043513.
2. Zhu X. et al. Resonant laser printing of structural colors on high-index dielectric metasurfaces // Science advances. – 2017. – Т.3. – №5. – С. e1602487.
3. Hutter E., Fendler J.H. Exploitation of localized surface plasmon resonance // Advanced materials. – 2004. – Т.16. – №19. – С. 1685–1706.
4. Guay J.M. et al. Laser-induced plasmonic colours on metals // Nature communications. – 2017. – Т.8. – №1. – С. 1–12.
5. Guay J.M. et al. Passivation of plasmonic colors on bulk silver by atomic layer deposition of aluminum oxide // Langmuir. – 2018. – Т.34. – №17. – С. 4998–5010.

УДК 519.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КВАНТОВЫХ ВЕНТИЛЕЙ

Лытаев А.А.

Научный руководитель – Попов И.Ю., профессор, доктор физико-математических наук, профессор научно-образовательного центра математики, научный сотрудник института перспективных систем передачи данных

sas-lyt@ya.ru

Ключевые слова

Оптические волноводы, квантовые вычисления, CNOT вентиль, теория связанных мод, изогнутые волноводы.

Физическая реализация квантового компьютера является важной задачей, стоящей перед современной наукой. Создание подобного устройства позволит решать ряд вычислительных задач с экспоненциальным ускорением по времени относительно существующих методов решения с применением классических компьютеров. Идея работы квантового компьютера заключается в последовательном применении некоторых операций, называемых квантовыми вентилями, к набору систем, описываемых квантово-механической волновой функцией, называемых квантовыми битами, и последующем квантовом измерении для получения результата вычислений. Основной трудностью, возникающей на пути создания такого вычислительного устройства является влияние внешней среды, которое приводит к быстрой декогеренции, то есть потери системой квантовых свойств, причём настолько быстрой, что выполнение квантовых операций и измерений оказывается невозможным. Одной из попыток преодолеть эту трудность является оптическая модель квантовых вычислений, в которой в качестве квантовой системы используются оптические фотоны. Преимущество данного подхода заключается в низкой эффективности взаимодействия фотонов, что помогает достичь заметных успехов в преодолении проблемы быстрой декогеренции. В оптической модели квантовых вычислений существует два основных подхода: линейный и нелинейный. Линейный подход позволяет реализовать универсальный набор квантовых операций с помощью набора линейно-оптических приборов: фазовращателей, светоделителей и поляризационных светоделителей [1]. При измерениях в конце работы вычислительной схемы производится процедура постселекции, в рамках которой осуществляется отбор результатов операции по измерению состояний вспомогательных квантовых битов анцилл. В этом случае вероятность успешной работы квантового вентиля составляет всего 1/9, при чём эта малая величина будет экспоненциально расти при последовательном применении серии этих операций. Альтернативный подход заключается в применении нелинейных оптических эффектов для реализации квантовых вентилей, что позволяет увеличить вероятность успешной работы устройства, но приводит к необходимости создания длинных оптических путей и достаточно высокой декогеренции в некоторых из оптических вентилей [2].

Одна из возможных реализаций с использованием эффектов нелинейной оптики описывается в статье [3]. В ней предлагается использовать в качестве квантовых битов оптические волноводы, поддерживающие распространение ровно двух направленных мод одной поляризации, например, TE_0 мода может представлять состояние $|0\rangle$, а TE_1 – состояние $|1\rangle$. В этой же статье описывается способ создания универсального набора квантовых вентилей, состоящего из нескольких однокубитных вентилей и двухкубитного CNOT вентиля, схема реализации которого представлена на рис. 1.

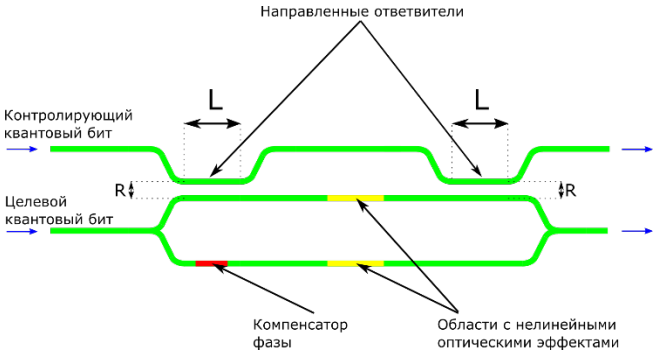


Рис. 1 – Схема оптической реализации CNOT вентиля на волноводах

Принцип работы данной схемы основан на использовании нелинейных эффектов в материалах с зависящими от интенсивности излучения показателями преломления и направленных ответвителей, геометрические параметры которых подбираются таким образом, чтобы TE_1 мода в результате его прохождения переводилась в противоположный волновод, а TE_0 оставалась неизмененной. В таком случае, чем ближе состояние контролирующего волновода к $|1\rangle$, тем больший сигнал оказывается в верхнем плече интерферометра и тем большим оказывается фазовый сдвиг состояния в целевом волноводе. Реализация данной схемы квантовых вычислений возможна как при использовании излучения слабой интенсивности, описываемого с использованием аппарата квантовой оптики, так и с использованием излучения, описываемого с помощью аппарата классической оптики, поскольку поперечное распределение излучения в волноводе обладает теми же характеристиками, что и волновая функция в квантовой механике, и на основании этого волновод может быть назван квантовоподобной системой [4]. В данной работе при моделировании системы рассматривается распространение в ней классического излучения. Однако, в статье [3] не описывается конкретный способ подбора геометрических параметров направленного ответвителя, при которых он осуществляет требуемую функцию переключателя для квантового CNOT вентиля и оценка вычислительной ошибки при работе такого устройства. Решение этих задач является целью данной работы.

Для решения поставленных задач рассматривалась система из двух взаимодействующих прямых волноводов. Для упрощения математической модели системы в данной задаче волноводы считались плоскими, состоящими из трёх слоёв с различными показателями преломления. Распространение волн в такой системе описывается следующей системой уравнений Максвелла:

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = i\omega\varepsilon_0 n^2(x,z)\boldsymbol{E},$$
$$\nabla \times \boldsymbol{E} = -i\omega\mu_0 \boldsymbol{H}. \quad (1)$$

Решение данной системы уравнений для одного волновода является решенной задачей, сводящейся к решению дифференциального уравнения, имеющего аналитическое решение. Решение системы уравнений (1) для двух взаимодействующих волноводов может быть найдено приближенно с использованием теории связанных мод в виде суммы решений этой системы для одиночных волноводов с некоторыми амплитудными коэффициентами:

$$\mathbf{E} = \sum_{v,m=0,1} A_{v,m}(z)\boldsymbol{E}_{vm},$$
$$\mathbf{H} = \sum_{v,m=0,1} A_{v,m}(z)\boldsymbol{H}_{vm}. \quad (2)$$

Подстановка разложения (2) в систему (1) и асимптотический анализ с пренебрежением слагаемыми высокого порядка малости, а также введение постоянных связи, как интегралов по поперечному сечению от напряженностей полей мод, приводит к системе дифференциальных уравнений на амплитудные коэффициенты, являющимися функциями от координаты z:

$$\frac{\partial A_{00}}{\partial z} c_0 + A_{10} i D_0^0 + A_{11} i D_1^0 e^{i\Delta\beta z} = 0,$$
$$\frac{\partial A_{01}}{\partial z} c_1 + A_{11} i D_1^1 + A_{10} i D_0^1 e^{-i\Delta\beta z} = 0,$$
$$\frac{\partial A_{10}}{\partial z} c_0 + A_{00} i D_0^0 + A_{01} i D_1^0 e^{i\Delta\beta z} = 0,$$
$$\frac{\partial A_{11}}{\partial z} c_1 + A_{01} i D_1^1 + A_{00} i D_0^1 e^{-i\Delta\beta z} = 0, \quad (3)$$

Данная система не имеет аналитического решения, однако, его можно получить в приближенном виде если дополнительно отбросить слагаемые первого порядка малости, отвечающие за взаимодействие между модами различного порядка:

$$\frac{\partial A_{00}}{\partial z} c_0 + A_{10} i D_0^0 = 0,$$
$$\frac{\partial A_{01}}{\partial z} c_1 + A_{11} i D_1^1 = 0,$$
$$\frac{\partial A_{10}}{\partial z} c_0 + A_{00} i D_0^0 = 0,$$
$$\frac{\partial A_{11}}{\partial z} c_1 + A_{01} i D_1^1 = 0, \quad (4)$$

В таком случае у системы имеется решение в аналитическом виде:

$$\mathrm{A}_{0m}(z) = A_{0m}(0) \cos\left(\frac{D_m^m}{c_m} z\right) - i A_{1m}(0) sin\left(\frac{D_m^m}{c_m} z\right),$$
$$\mathrm{A}_{1m}(z) = A_{1m}(0) \cos\left(\frac{D_m^m}{c_m} z\right) - i A_{0m}(0) sin\left(\frac{D_m^m}{c_m} z\right). \quad (5)$$

Направленный ответвитель, описываемый системой уравнений (5), выполняет функцию переключателя при выполнении целочисленного условия:

$$\frac{D_1^1/c_1}{D_0^0/c_0} = \frac{4i_1+1}{4i_0}, i_0, i_1 \in \mathbb{N}. \quad (6)$$

В таком случае длина направленного ответвителя L, при которой система осуществляет требуемую функцию переключателя, задаётся как:

$$L = \frac{\pi}{2} \frac{(4i_1+1)c_1}{D_1^1}. \quad (7)$$

Значение длины сближения волноводов L, полученное в (7) является оценкой, полученной с помощью сильного упрощения рассматриваемой модели. Следующая часть работы посвящена рассмотрению более точной математической модели системы для оценки влияния на качество работы устройства взаимодействий между модами различного порядка, а также потерями и искажениями сигнала на изгибах волноводах, окаймляющих прямой участок взаимодействия двух волноводов.

Участки схемы, окаймляющие область взаимодействия двух прямых волноводов, рассматриваются как соединение волноводов, изогнутых по окружности, и прямых волноводов, находящихся под углом наклона α к оси z. Один из способов описания распространения излучения в таких устройствах описан в статье [5].

В ней предлагается рассматривать излучение в изогнутых волноводах в виде так называемых мод изогнутого волновода, которые находятся как композиция мод прямого волновода, обладающего той же толщиной и показателями преломления, с некоторыми коэффициентами:

$$E_m^b(x) = \sum_{i=0}^{2} a_m^i E_i(x). \quad (8)$$

При этом в качестве мод прямого волновода в этом разложении берутся не только TE_0 и TE_1, но и первая вытекающая мода TE_2, постоянная распространения которой находится из

того, же условия, что и для направляемых мод, но соответствующее трансцендентное уравнение решается на комплексной плоскости. Эти коэффициенты a_m^i и постоянные распространения изогнутых мод β_m^b могут быть найдены из условия на равенство полей в близи от границы перехода между прямым и изогнутым участком для поля, распространяющегося с помощью моды изогнутого волновода m:

$$E_m^b(x)e^{-i\beta_m^b R^b d\theta} = \sum_{i=0}^{2} a_m^i E_i(x)\ e^{-i\beta_j(R^b+x)d\theta}. \quad (9)$$

Раскладывая экспоненты в (9) в ряд Тейлора и оставляя только слагаемые нулевого и первого порядка малости и умножая обе части равенства на поле моды прямого волновода $E_j(x)$ получаем систему уравнений:

$$a_m^i\beta_i c_{ji} + R^b a_m^i \beta_i D_{ji} = R^b \beta_m^b a_m^i, 0 \le m \le 2. \quad (10)$$

Эту систему уравнений можно переписать в матричном виде и найти искомые постоянные распространения β_m^b и коэффициенты a_m^i как решение задачи о собственных числах и собственных векторах.

Найденные выражения для мод изогнутых волноводов позволяют обобщить систему (3) для описания обмена энергиями мод изогнутых участков так, что постоянные распространения D_j^i становятся функциями от координаты z и изменяются в зависимости от расстояния между волноводами и углами между направлениями касательных к ним.

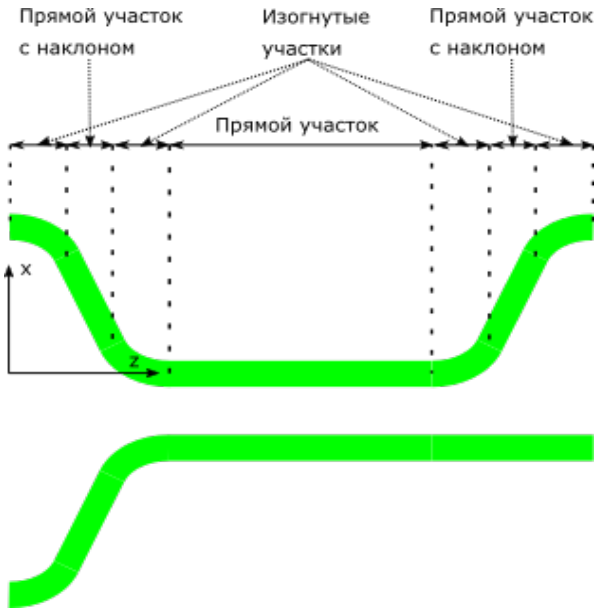


Рис. 2 – Схематичное изображение направленного ответвителя с разделением на участки различного типа

Каждый из участков, нанесённых на рисунке 2, рассматривается отдельно, на нём решается своя система уравнений (3), описывающая распространение излучения на нём, при этом начальные условия для амплитудных коэффициентов берутся из решения в конечной точке предыдущего участка.

При переходе между прямым и изогнутым участком амплитудные коэффициенты для прямого волновода $A_{\nu m}$ и для изогнутого $\tilde{A}_{\nu m}$ согласовываются исходя из условия совпадения напряженности поля на границе перехода. Для перехода между изогнутым и прямым участком условие имеет вид

$$\sum_{m=0}^{1} \tilde{A}_{\nu m} E_{\nu m}^b e^{-i\beta_m^b R d\theta} = \sum_{m=0}^{1} A_{\nu m} E_{\nu m}, \quad (11)$$

для перехода между прямым и изогнутым участком имеем

$$\sum_{m=0}^{1} A_{\nu m} E_{\nu m} e^{-i\beta_m R dz} = \sum_{m=0}^{1} \tilde{A}_{\nu m} E_{\nu m}^b. \quad (12)$$

Соотношения (11) и (12) умножаются на поперечные распределения напряженностей полей мод E_{vk} и E^{b}_{vk}, затем проводится интегрирование по поперечному сечению, которое приводит к выражениям для начальных значений амплитудных коэффициентов на новом участке с использованием постоянных связи, введённых в (3).

Для направленного ответвителя со следующими параметрами: показатель преломления сердцевины $n_{core} = 1.57$, показатель преломления оболочки $n_{core} = 1.55$, полутолщина волновода $d = 1.18$ мкм и длинна волны излучения $\lambda = 1064$ нм с помощью (6) и (7) была получена длина сближения $L = 762.46$ мкм и расстояние между центрами волноводов $R = 2.39$ мкм. Для расстояния между точками наибольшего удаления волноводов $R_{far} = 100$ мкм, угловой дистанции изгиба $\alpha = 30°$ были получены постоянные распространения, приведённые в таблице.

Таблица

Постоянные распространения прямых и изогнутых мод

Постоянная распространения	TE_0	TE_1	TE_2
$\beta_{straight}$, мкм	9.234	9.156	$9.049 - 0.241i$
β_{bent}, мкм	$9.264 - 0.005i$	$9.130 - 0.005i$	$9.044 - 0.236i$

Для данных геометрических параметров и полученных величин было проведено моделирование распространения излучения в системе на основе описанной выше модели. Результаты изменения амплитудных коэффициентов при распространении излучения в системе приведены на рисунке 3.

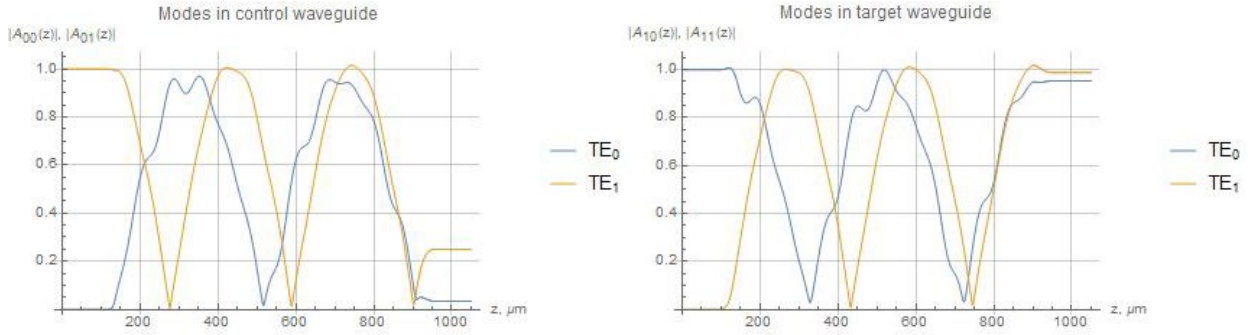


Рис. 3 – Зависимость амплитудных коэффициентов от продольной координаты в системе

Полученные зависимости показывают, что учёт влияния изгибов волноводов, обмена энергиями мод на этом участке, взаимодействия между модами различного порядка и потерь при переходе излучения между прямыми и изогнутыми участками ухудшают качество работы рассматриваемой системы в качестве переключателя для CNOT вентиля. Однако, вычислительная ошибка, возникающая вследствие описанных выше явлений, не превышает 5%, так что алгоритмы квантовой коррекции ошибок позволят применять данное устройство на практике, в том случае если остальные компоненты CNOT вентиля не будут являться источниками существенно больших по величине ошибок.

В дальнейшем данная работа может продолжена в нескольких направлениях. Метод моделирования системы волноводов, применённый в данной работе, может быть верифицирован с использованием более точного, но более затратного по вычислительному времени метода, такого как метод конечных элементов. Кроме того, приведённый анализ может быть проведён для моделирования системы из двух оптических волокон, которые имеют более широкое практическое применение, чем плоские волноводы. Помимо этого, распространение излучения в данной схеме может быть рассмотрено с точки зрения квантовой оптики для излучения слабой интенсивности. Также стоит отметить, что для полного описания качества работы рассматриваемой схемы в перспективе может быть рассмотрена модель нелинейной части схемы CNOT вентиля для оценки её влияния на вычислительную ошибку устройства.

Список использованных источников

1. Knill E., Laflamme R., Milburn G.A. Scheme for efficient quantum computation with linear optics // Nature. – 2001. – V. 409. – Pp. 46–52.
2. Milburn G.J. Quantum optical Fredkin gate // Phys. Rev. Lett. – 1989. – V. 62. – Pp. 2124.
3. Fu J., Shao-Fang T. Quantum Computations with Transverse Modes of an Optical Field Propagating in Waveguides // Chinese Phys. Lett. – 2003. – V. 20. – №9. – Pp. 1426.
4. Gloge D., Marcuse D. Formal Quantum Theory of Light Rays // J. Opt. Soc. Am. – 1969. – V.59. – Pp. 1629-1631.
5. Melloni A., Carniel F., Costa R., Martinelli M. Determination of Bend Mode Characteristics in Dielectric Waveguides // Journal of Lightwave Technology. – 2001. – V.19. – №4. – Pp. 571–577.

УДК 631.414.3

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ОЖИЖАЕМОГО ГАЗА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ ВЫСОКОКИПЯЩИХ ПРИМЕСЕЙ

Майкова Т.С.

Научный руководитель – Баранов А.Ю., профессор, доктор технических наук, профессор образовательного центра "Энергоэффективные инженерные системы"

tsmaikova@itmo.ru

Ключевые слова

Абсорбция, адсорбция, кислые газы, высококипящие компоненты, СПГ.

Подготовка газа для сжижения — один из главных этапов производства сжиженного природного газа. Таким образом, вопросы, связанные с энергоэффективностью процесса подготовки СПГ, являются актуальными [1, 2].

Целью исследования является оценка влияния давления газа на энергоэффективность процессов удаления вредных примесей. Для достижения поставленной цели обозначены следующие задачи:

- анализ технологии подготовки газа к сжижению, в частности удаление кислых газов и осушка газа от влаги;
- проведение численных исследований по оценке энергозатрат при удалении кислых примесей и осушке;
- оценка влияния давления на энергоэффективность процесса подготовки газа.

Среди способов очистки природного газа от нежелательных примесей (CO_2, H_2S, H_2O и пр.) следует выделить абсорбционные и адсорбционные методы, нашедшие широкое применение и зарекомендовавшие себя как наиболее эффективные. Наиболее приемлемыми для производства СПГ считается химическая абсорбция для очистки от кислых примесей и адсорбционная осушка от капельной влаги [2,3].

Для оценки влияния давления целесообразным является рассмотрение случая, когда концентрация кислых примесей, состав и температура сырьевого потока остаются неизменными, а давление рассматривается в диапазоне от 4 до 20 МПа.

В большинстве случаев процесс абсорбции проводят при находящемся под давлением газе в магистральном трубопроводе, поступающего на очистку газа, с целью исключения дополнительных энергозатрат на его компримирование. Однако, повышение давления благоприятно сказывается на самом процессе извлечения кислых газов, увеличивается плотность потока, скорость, растворимость газа в абсорбенте, что позволяет уменьшить размеры аппаратов и снизить расход абсорбента.

Процесс адсорбции последовательно применяют после абсорбционной очистки. Осушка газов при высоком давлении позволяет добиться необходимых технических показателей. Повышение давления благоприятно сказывается на скорости, расходе, влажности газа, а также на времени защитного действия адсорбера.

Расчетная часть исследования была проведена в соответствии с предложенными методиками [5,6]. Результаты проведенного исследования можно представить в графическом виде: абсорбционная очистка рисунок 1–4, адсорбционная очистка рисунок 5–8.

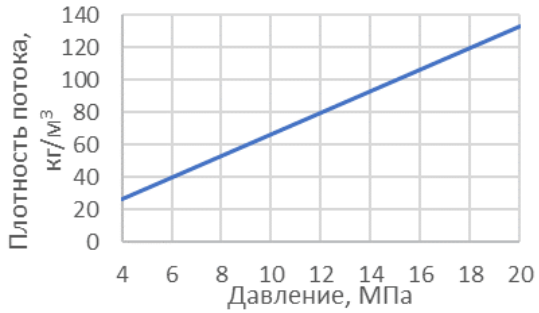


Рис. 1 – Влияние давления на плотность потока в процессе абсорбции

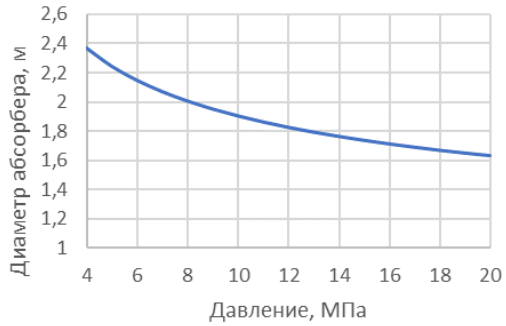


Рис. 2 – Влияние давления на диаметр аппарата в процессе абсорбции

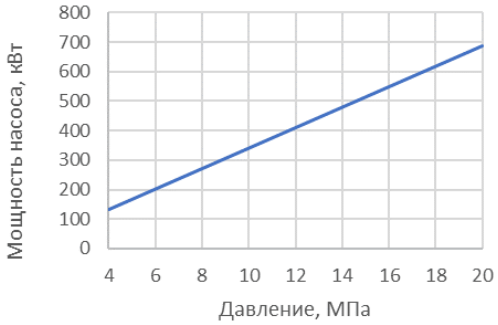


Рис. 3 – Влияние давления на мощность насоса в процессе абсорбции

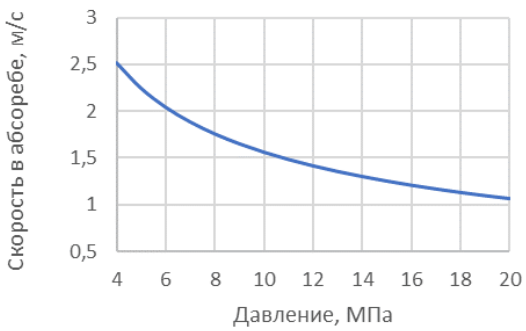


Рис. 4 – Влияние давления на скорость потока в процессе абсорбции

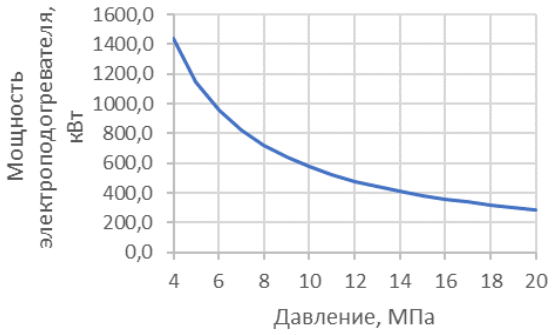


Рис. 5 – Влияние давления на мощность электроподогревателя в процессе адсорбции

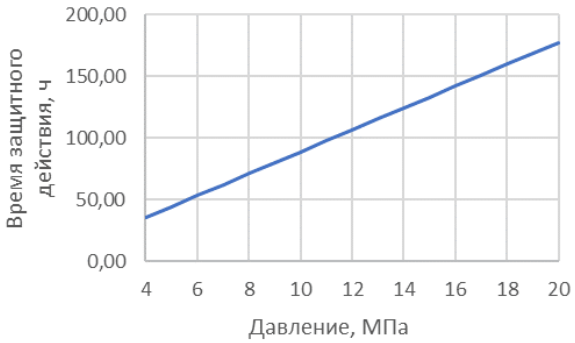


Рис. 6 – Влияние давления на время защитного действия в процессе адсорбции

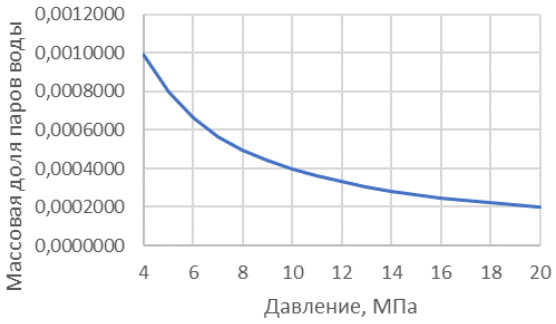


Рис. 7 – Влияние давления на массовую долю паров в процессе адсорбции

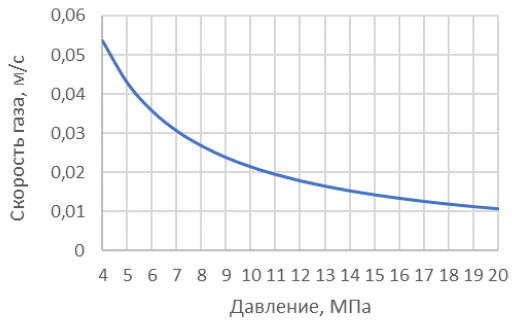


Рис. 8 – Влияние давления на скорость потока в процессе адсорбции

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель оценки влияния давления газа на энергоэффективность процессов удаления вредных примесей достигнута.

Обозначим основные выводы по работе:

- повышение давления сырьевого потока газа улучшает условия удаления высококипящих примесей;
- возрастает растворимость кислых газов абсорбентах;
- за счёт увеличения плотности сырья уменьшаются размеры технологических аппаратов;
- уменьшатся затраты энергии на подогрев природного газа в цикле регенерации.
- увеличивается время защитного действия и время регенерации;
- повышение давления сырьевого потока газа улучшает условия удаления высококипящих примесей;
- возрастает растворимость кислых газов абсорбентах;
- за счёт увеличения плотности сырья уменьшаются размеры технологических аппаратов;
- уменьшатся затраты энергии на подогрев природного газа в цикле регенерации;
- увеличивается время защитного действия и время регенерации;
- увеличиваются затраты энергии на прокачку абсорбента.

Следует констатировать, что несмотря на увеличение затрат энергии на компримирование сырьевого потока перед блоком очистки, в целом суммарные затраты энергии уменьшаются. Таким образом, по результатам работы следует поддержать идею вести очистку природного газа при давлении выше магистрального.

Список использованных источников

1. Бусыгина, Н.В. Технология переработки природного газа и газового конденсата / Н.В. Бусыгина, И.Г. Бусыгин. - Оренбург: ИПК "Газпромпечать", 2002. – 432 с.
2. Газохимия / Лапидус А.Л., Голубева И.А., Жагфаров Ф.Г. Учебное пособие. М: ЦентрЛит-НефтеГаз. – 2008. – 450 с.
3. Тараканов Г.В., Мановян А.К. Основы технологии переработки природного газа и конденсата / Под редакцией Г.В. Тараканова: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», 2-е изд., перераб. и доп.- Астрахань: ФГОУ ВПО «АГТУ», 2007. – 254 с.
4. Горбачев С.П., Медведков И.С. Влияние высококипящих компонентов при производстве СПГ на ГРС // Транспорт на альтернативном топливе». – 2012. – №2(26). – С. 48-54.
5. Кузнецов А.А., Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие. – М.: Химия, 1983. – 224 с.
6. Акулов Л.А., Борзенко Е.И., Будневич С.С., Головко Г.А. Расчет криогенных установок. Учеб. пособие для холодильных и технологических вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 367 с.

УДК 332.12

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Макаренко Е.Д.

Научный руководитель – Белинская И.В., доцент, кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

distress98@mail.ru

Ключевые слова

Экономический потенциал, экономика замкнутого цикла, вторичное использование, инновации, чистые технологии.

На сегодняшний день мир диктует новые правила и новые подходы к привычным ранее системам и моделям, именно поэтому переход от традиционной модели экономики к более ответственной, устойчивой является трендом. Дело в том, что рынок меняется, раньше главным результатом деятельности организаций было получение прибыли, инвестиции направлялись на проекты, которые наиболее перспективны с точки зрения возможности большого поступления денежных средств. Однако, сейчас все изменилось, мировое сообщество начало задумываться не только о прибыли, но и о экологической составляющей того или иного производства, государство более активно стало уделять внимание вопросу экологического состояния (эффективного обращения с отходами, негативным выбросам в атмосферу и т.д.). Такой подход был необходим, потому что вопрос эффективной утилизации отходов в России с каждым годом «накаляется», так как в стране состояние дел в данной сфере достаточно «сложное». Не налажена система раздельного сбора отходов, почти отсутствует вторичная переработка сырья, есть некоторые проблемы экологического просвещение в данном направлении.

Актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы (ВКР) обусловлена в первую очередь тем, что вопрос переизбытка отходов, загрязнения окружающей среды считается одним из наиболее опасных проблем человечества. В 2009 году 34 странами была подписана Декларация «зеленого» роста, для внедрения стратегии по сохранения природных активов, экосистем планеты, для стимуляции экономического роста, а также его развития.

Переход к новой экономической модели – циркулярной экономики, позволит решить несколько проблем, а именно: вопрос, связанный с использованием невозобновляемых ресурсов, эффективной утилизацией отходов, с помощью их вторичной переработки, увеличение срока службы различной продукции (изменение бизнес-моделей на предприятиях), улучшение качества жизни населения и обеспечит экономический рост в стране. Однако, для перехода от линейной экономики, необходимо оценить потенциал регионов и страны в целом в данном направлении, в рамках анализа научной литературы методик для исследования потенциала экономики замкнутого цикла не найдено, в работе представлен анализ экономики г. Санкт-Петербурга и предложены некоторые показатели, которые позволили осуществить оценку потенциала цикличной экономики в регионе.

Целью работы является оценка потенциала промышленного сектора Санкт-Петербурга в целях перехода на принципы экономики замкнутого цикла, разработка предложений совершенствования механизмов циркулярной экономики в Санкт-Петербурге.

Объект исследования: промышленный сектор г. Санкт-Петербург.

Предмет исследования: организационно-экономические механизмы построения экономики замкнутого цикла в регионе.

Данная исследовательская работа является научно-практической и социально значимой, так как переход к экономике замкнутого цикла и решения проблем в сфере обращения с

отходами производства и потребления наиболее актуален сегодня. В 2018 году президентом РФ был подписан национальный проект «Экология», в рамках которого реализуются направления «отходы» и вторичные материальные ресурсы.

Научная новизна выпускной квалификационной работы состоит в совершенствовании методики оценки экономического потенциала, для осуществления последующего исследования и оценки потенциала экономики замкнутого цикла г. Санкт-Петербурга.

Методологическая значимость исследования состоит в разработке мероприятий, которые направлены на переход региона от традиционной экономической модели к экономике замкнутого цикла.

Теоретическая значимость исследования заключается в выявлении некоторых показателей для осуществления оценки потенциала экономики замкнутого цикла Санкт-Петербурга, которая позволяет выявить проседающие аспекты в данном направлении, а также осуществить первые шаги для внедрения циркулярной экономической модели.

Практическая значимость ВКР заключается в том, что результаты анализа и оценки, а также рекомендации могут быть использованы для эффективного перехода к циркулярной экономике. Положения, выносимые на защиту:

6. Усовершенствованная методика оценки экономического потенциала для осуществления сравнительного анализа потенциала циркулярной экономики. Выбраны некоторые дополнительные показатели для оценки новой экономической модели.
7. Результаты оценки экономического потенциала и потенциала экономики замкнутого цикла г. Санкт-Петербурга посредством метода сравнительного анализа.
8. Разработанные и сформулированные предложения по совершенствованию механизмов экономики замкнутого цикла в г. Санкт-Петербург.

В рамках исследовательской работы был оценён экономический потенциал региона с помощью методики доктора Трещевского Ю.И. [1], который позволил определить, что Санкт-Петербург располагается на довольно высоком уровне по своему развитию, однако существуют некоторые проблемы, которые влияют на его развитие, а именно:

- достаточно низкий природно-ресурсный потенциал, в связи с небольшой территорий региона и отсутствием большого кол-ва лесных насаждений;
- прослеживается достаточно низкий уровень развитости производственного потенциала (в городе наблюдается не очень большой уровень занятости населения при низкой доли занятых с высшим и средним образованием);
- невысокий уровень развития инновационного потенциала региона при достаточно высокой инновационной активности предприятий.

Такой анализ позволил наиболее четко определить проседающие аспекты, которые не позволяют региону закрепиться на лидирующих позициях в рамках страны. Данный анализ дает возможность создать комплекс приоритетов политики региона с точки зрения социально-экономического совершенствования территории и возможность проанализировать и оценить его потенциал с точки зрения экономики замкнутого цикла.

Так как в процессе анализа научной литературы автором не выявлена методика по оценке потенциала экономики замкнутого цикла, были предложены некоторые показатели для анализа для того, чтобы совершить оценку. Показатели для анализа были предложены согласно докладу «Углубленный анализ количественного анализа экономики замкнутого цикла», подготовленного Европейской экономической комиссией в 2021 году [2].

Была проанализирована динамика основных показателей по образованию, обработке, утилизации, обезвреживания, размещения отходов производства и потребления, а также показателей деятельности организаций, осуществляющих экологические инновации в своей деятельности [3]. В таблице 1 представлена динамика показателей по образованию, обработке, утилизации, обезвреживания, размещения отходов производства и потребления [4].

Таблица 1

Динамика основных показателей по образованию, обработке, утилизации, обезвреживания, размещения отходов производства и потребления в 2019 и 2020 гг. (составлено автором)

Показатели	Санкт-Петербург		Место в СЗФО		Место в России	
Год	2019	2020	2019	2020	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7
Образование отходов за отчетный год	11775689	13044038	6	6	71	26
Утилизировано отходов	1102733	3589906	7	5	48	28
Обработано отходов	324663	155075	2	3	20	22
Обезврежено отходов	483689	372192	1	1	14	17

По данным таблицы 1 понятно, что Санкт-Петербург не является аутсайдером в сфере сбора и утилизации отходов, но и не занимает лидирующую позицию. Согласно анализу, становится ясно, что система декларирования отходов стала более «налаженной» только в 2020 году, дело в том, что мусорная реформа в рамках России была запущена только в 2018 году, именно поэтому в таблице данные представлены лишь за 2 отчётных года.

В таблице 2 представлены основные показатели деятельности организаций, осуществляющие экологические инновации за 2015 и 2019 годы [5].

Таблица 2

Позиции Санкт-Петербурга по основным показателям деятельности организаций, осуществляющие экологические инновации в 2015 и 2019 году

Показатели	2015		2019	
	Место в СЗФО	Место в России	Место в СЗФО	Место в России
1	2	3	4	5
Удельный вес организаций, которые сокращают материальные затраты на производство единицы товаров, работ, услуг, %	5	62	3	14
Удельный вес организаций, осуществляющих сокращение энергопотребления (энергозатрат) или потерь энергетических ресурсов, %	2	40	6	61
Удельный вес организаций, которые осуществляют вторичную переработку (рециркуляцию) отходов производства, воды или материалов, %	9	59	10	54
Удельный вес организаций, которые улучшают возможности вторичной переработки (рециркуляции) товаров после использования, %	7	42	4	20
Удельный вес организаций, которые сокращают выбросы в атмосферу диоксида углерода (CO2), %	7	56	4	42
Удельный вес организаций, осуществлявших экологические инновации, %	2	11	5	33
Удельный вес организаций, которые сокращают энергозатраты на производство единицы товаров, работ, услуг, %	4	33	2	28

Продолжение таблицы 2

Показатели	2015		2019	
	Место в СЗФО	Место в России	Место в СЗФО	Место в России
1	2	3	4	5
Удельный вес организаций, которые сокращают загрязнения атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов, уменьшение уровня шума, %	5	26	7	40
Удельный вес организаций, которые заменяют сырье и материалы на безопасные или менее опасные, %	2	33	3	23
Удельный вес организаций, которые снижают загрязнение окружающей среды (атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов и т.д.), %	6	30	2	30

Подводя итог, можно отметить, что у Санкт-Петербурга достаточно высокий потенциал экономики замкнутого цикла в рамках федерального округа и средний в масштабах страны. Однако, благодаря анализу были выявлены некоторые проблемы:

1) В регионе превалирует метод сжигания отходов над вторичной переработкой;

2) Высокий уровень захоронения и хранения отходов;

3) Достаточно низкий уровень организаций, которые сокращают энергозатраты на производство единицы товаров, а также снижающие загрязнение окружающей среды. Проблемы с утилизацией отходов могут быть обусловлены дешевизной метода сжигания и удобства метода захоронения, а также отсутствие налаженной системы раздельного сбора отходов (РСО) в Санкт-Петербурге.

В целях решения отдельных проблемных аспектов по повышению потенциала экономики замкнутого цикла города Санкт-Петербурга целесообразно обратить внимание на мероприятия, которые желательно организовать на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, в т. ч. посредством усиления роли государства и городской власти в сфере обращения с вторичными ресурсами при новых механизмах валидации этой сферы, в первую очередь через спектр «знаковых» мероприятий, среди которых могут быть:

- широкое использованные востребованных в международной практике: финансовых «инструментов», например выпуск «зеленых» облигаций, акций 68 и т.п., ключевых форм государственно-частного и муниципально-частного партнерства, иных инновационных подходов и механизмов по экономическому регулированию сферы обращения с отходами;
- по дальнейшему совершенствованию контрольных (надзорных) и разрешительных функций федеральных и иных органов исполнительной власти, которые активно были начаты в рамках «регуляторной гильотины», призванной пересмотреть или отменить устаревшие нормативные правовые акты, негативно влияющие на бизнес и регуляторную среду в РФ, в том числе по оперативному внесению изменений в Федеральные законы «Об отходах производства и потребления» (№89-ФЗ от 24.06.1998 г.) и «Об охране окружающей среды» (№7-ФЗ от 10.001.2002 г.) в части регулирования вопросов обращения с вторичными ресурсами, вторичным сырьем и побочными продуктами;
- по продвижению инновационных подходов в область утилизации отходов и технологий для получения водорода из отдельных групп отходов и вторичных ресурсов, имеющих общую основу и «грани» в плане движения к ЭЗЦ и усилий общества в направлении охраны окружающей среды посредством декарбонизации при рациональном подходе к природопользованию и по противодействию изменению климата;

- по структурной трансформации федеральной и региональной многофункциональной сети по обращению с вторичными ресурсами и вторичным сырьем на основе простых типовых принципов: удобства, полезности и экономической целесообразности, в первую очередь, по отношению к социуму и бизнесу, в том числе в наиболее слабом звене в цепочке по рециклингу тары и упаковки посредством повсеместного строительства (оборудования, установки и т.п.) современных экобоксов для сбора и транспортировки вторсырья как минимум двух типов: «якорных» (статичных) и «мобильных» (подвижных);
- по строительству в городе современных региональных экотехнопарков и выстраиванию логистических цепочек по сбору, временному хранению и 69 отправки для утилизации отходов I и II классов опасности на федеральные предприятиях Госкорпорации «Росатом» (ФГУП «ФЭО»), размещаемых в ближайших Приволжском и Уральском ФО;
- по утилизации отходов передовыми, инновационными и экологически приемлемыми способами, включая применения инновационных методов по типу сухого, окислительного и других видов пиролиза, в т. ч. предлагаемых Университетом ИТМО;
- по активации и мотивации любой научной деятельности по вопросам разработки перспективных технологий в области обращения с отходами и вторичных ресурсов по всему спектру видов исследовательских работ (рефератов, курсовой и дипломной работ, научных статей и отчетов, докладов, НИР, НИОКР и иного формата, и статуса изысканий);
- по экологическому просвещению и мотивации: населения с учетом возраста, статуса и менталитета, руководителей и работников предприятий, учреждений и т. п. структур.

По данным оценки организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), количество образованных отходов может сократиться на порядок, около 80%, а использование в производстве вторичного сырья сократит выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух сократиться на 90%, но для этого необходима государственная поддержка перехода региона и страны в целом на модель циркулярной экономики, что видно в таблице 3 [6].

Таблица 3

Эффект от внедрения мероприятий для перехода к циркулярной экономической модели

Показатель	Показатель при линейной экономической модели	Показатель при модели ЭЗЦ
Образование отходов за год	12409864	2481973
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, тыс. тонн	72,6	7,3

Согласно данным аналитиков Министерства экономики и финансов (МЭФ), прибыль ЭЗЦ для мировой экономики составит порядка 1 трлн долларов к 2025 года, а производство станет дешевле на 550 млн долларов, количество отходов уменьшится на 100 млн тонн.

Использование циркулярных бизнес – моделей на производствах позволит не только воздействовать на состояние окружающей среды, но и создать добавленную стоимость в различных областях, опираясь на зарубежный опыт соседней Финляндии оборот секатора ЭЗЦ может достигнуть порядка 3 млрд евро на 5,5 млн человек населения, для Санкт-Петербурга он может составить 2,2 млрд евро или 17 трлн рублей (по курсу на май 2022 года).

Список использованных источников

1. Трещевский Ю.И. Оценка экономического потенциала региона // Ученые записки Тамбовского отделения РоСМУ, 2018. – С. 15–30.
2. Углубленный анализ количественного анализа экономики замкнутого цикла /

Европейская экономическая комиссия, 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unece.org/sites/default/files/2021-05/ECE_CES_2021_8-2104744R.pdf (дата обращения: 02.04.2022).
3. Статистические показатели об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rpn.gov.ru/openservice/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/ (дата обращения: 02.04.2022).
4. Статистические показатели об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rpn.gov.ru/openservice/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/ (дата обращения: 02.04.2022).
5. Сайт федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/statistics/science (дата обращения: 02.04.2022).
6. Как циклическая экономика может сгладить ущерб природе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 80 https://trends.rbc.ru/trends/green/5d66893d9a794755efbdbf2d (дата обращения: 29.04.2022).

УДК 533.12

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРИВЕДЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ГАЗА К МАССОВОМУ БАЗИСУ

Мальгинова Н.А.

Научный руководитель – Кустикова М.А., кандидат технических наук, доцент факультета экотехнологий

malginova.natalya@yandex.ru

Ключевые слова

Газ, плотность, гидростатическое взвешивание, неопределенность измерений плотности, закон Архимеда.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса экспериментального определения плотности газа с целью приведения объемной теплоты сгорания газа к массовому базису. Приведение объемной теплоты сгорания к массовому базису и наоборот необходимо при проведении сличений национальных первичных эталонов единицы энергии сгорания [1]. Эталонные установки, реализующие воспроизведение единицы энергии сгорания газообразного топлива, производят измерения в Дж/кг или в Дж/м^3 в зависимости от конструктивных особенностей.

Целью данной работы представляется разработка процедуры приведения объемной теплоты сгорания газа к массовому базису.

В настоящее время существует множество способов определения плотности газа, характеризующихся областью применения, точностными характеристиками и другими параметрами (табл.1).

Таблица 1

Методы определения плотности газа

Метод	Диапазон измерений, кг/м^3	Стандартная неопределенность, %	Примечание
Расчетный	Ограничен составом газа и давлением (от 90 до 110 кПа)	0,1	Для расчета требуется компонентный состав анализируемого газа
Пикнометрический	Применяется для газов, температура которых ниже 40°С	0,2	Наиболее популярный лабораторный метод
Аэростатический	От 0,6 до 1,2	0,3	Применяется в потоковом режиме
Вибрационный	От 0,05 до 3	0,2	Применяется в потоковом режиме
Ультразвуковой	От 0,6 до 3	0,2	Применяется в потоковом режиме для анализа агрессивных сред

Проанализировав существующие методы, была выявлена необходимость разработки иного способа определения плотности газа для достижения требуемой точности, не прибегая к определению компонентного состава исследуемого газа.

Задачу снижения погрешности измерения плотности газа предложено решить с помощью увеличения внутреннего объема емкости, заполняемой исследуемым газом. При этом взвешивание заполненной емкости представляется целесообразным проводить на весах I класса точности по ГОСТ OIML R 76–1 с наименьшим значением наибольшего предела взвешивания, приемлемым для данной задачи [2].

Реализация предлагаемого метода представляется возможной с применением гидростатического метода, т.е. путем взвешивания емкости, заполненной газом, в

дистиллированной воде.

Предлагается следующий алгоритм определения плотности газа с применением гидростатического взвешивания:

- определение внутреннего объема заполняемой емкости;
- вакуумирование емкости;
- определение массы вакуумированной емкости взвешиванием ее в дистиллированной воде;
- заполнение емкости исследуемым газом;
- определение массы емкости, заполненной исследуемым газом, взвешиванием в дистиллированной воде.

В соответствии с предложенной процедурой плотность газа ρ_{25} при температуре 25°С и давлении 101,325 кПа рассчитывают следующим образом (1):

$$\rho_{25} = \frac{M_1 - M_0}{K_g \cdot V_T}, \quad (1)$$

где M_1 – результат гидростатического взвешивания емкости, заполненной исследуемым газом, г; M_0 – результат гидростатического взвешивания вакуумированной емкости; Kg – коэффициент для приведения плотности газа при условиях (298,15 К; 101,325 кПа) к условиям опыта; V_T – внутренний объем заполняемой емкости, см^3.

Для реализации предложенного способа определения плотности газа были подобраны средства измерений по результатам сравнения характеристик ряда аналогов. Были выбраны весы MSA 524S-1CE-DI с наибольшим пределом взвешивания 520 г и ценой деления 0,1 мг; для измерений давления газа при заполнении и вакуумировании емкости подобран датчик давления АИР-20/М2-Н с пределом допускаемой основной приведенной погрешности 0,075% и верхним пределом измерений 6 МПа; параметры окружающего воздуха контролируются термогигрометром Ива-6Н; для измерений температуры воды при проведении гидростатического взвешивания выбран термометр LTA-Э, характеризующийся погрешностью 0,02°С.

Для опробования разрабатываемого способа была изготовлена алюминиевая емкость, ориентировочный внутренний объем которой составил 1 дм^3. Было необходимо провести измерения внутреннего объема путем заполнения емкости высокочистым аргоном (объемная доля аргона не менее 99,998%). В результате проведения 5 измерений и составления бюджета неопределенности было получено следующее значение: 963,9 ± 1,3 см^3 [3].

Далее требуется оценить неопределенности измерений плотности газа в соответствии с предлагаемой процедурой. По причине того, что система гидростатического взвешивания в настоящее время находится в стадии изготовления, проведение оценки неопределенности по типу А (разброса значений) не представляется возможным. В связи с этим, проводится оценка неопределенности измерений плотности газа с применением гидростатического взвешивания по типу В, в результате которой было получено значение: 0,08%.

В настоящее время планируется сборка системы гидростатического взвешивания, проведение опробования предлагаемой процедуры, оценка неопределенности по типу А.

В результате выполнения данной работы были получены следующий результаты:

- сформулирована актуальность решаемой задачи;
- проведен анализ существующих методов определения плотности газа, выявлены их достоинства и недостатки;
- разработана процедура определения плотности газа с применением гидростатического взвешивания;
- определен внутренний объем заполняемой емкости, оценена его неопределенность;
- проведена оценка неопределенности измерений плотности газа в соответствии с предлагаемым алгоритмом по типу В.

Применение гидростатического взвешивания для определения плотности газа позволит использовать емкость большего объема (5 дм^3), что снизит относительную стандартную неопределенность измерений внутреннего объема заполняемой емкости, а также поддерживать более стабильную температуру газа в емкости, по сравнению со взвешиванием в воздухе, так как будет обеспечиваться термостатирование.

Список использованных источников

1. База данных Проекты КООМЕТ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,PRJ_RU,RU/NET (дата обращения: 13.04.2022).
2. ГОСТ OIML R 76-1-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Весы неавтоматического действия Часть 1 Метрологические и технические требования. Испытания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200096305 (дата обращения: 18.02.2022).
3. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200146871 (дата обращения: 08.04.2022).

УДК 620.3, 53.086

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТНЫХ ПЛЕНОК $MAPbI_3$, СФОРМИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВОК

Маргарян И.В.

Научный руководитель – Бабаев А.А., кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией центра "Информационные оптические технологии", младший научный сотрудник лаборатории квантовых процессов и измерений

igormargaryan@niuitmo.ru

Ключевые слова
Перовскит, солнечный элемент, углеродные точки, антирастворитель, этилендиамин, пиридин, бипиридин.

Перовскиты являются перспективным классом материалов для изготовления различных оптоэлектронных устройств, в частности солнечных элементов. Основными преимуществами перовскитов являются малая энергия связи экситона, большая длина свободного пробега, высокий коэффициент поглощения и высокая подвижность носителей заряда. Благодаря этим свойствам изучение перовскитов в качестве материалов для солнечных элементов довольно популярно и на сегодняшний день максимальная эффективность преобразования энергии ПСЭ достигает 25,2% [1]. Но несмотря на высокую эффективность преобразования энергии, такие проблемы как деградация в присутствии воздуха и низкая стабильность эффективности все еще являются препятствием для коммерциализации ПСЭ. Более того, согласно теории Шокли-Квайссера, достигнутая эффективность не является предельной, и для ее дальнейшего увеличения требуется пассивация основных ловушечных состояний, а именно оборванных связей йода и свинца. Последние считаются одними из основных рекомбинационных центров в слое перовскита, препятствующие эффективному переносу заряда.

В работе изучалась пассивация оборванных связей свинца с помощью внесения в перовскитный слой MAPbI3 пиридина, бипиридина, этилендиамина (EDA) и УТ на основе этилендиамина и флороглюцинола в качестве добавок через прекурсор перовскита или антирастворитель. Для определения влияния используемых добавок на свойства перовскитного слоя проводились измерения интенсивности и времен затухания фотолюминесценции (ФЛ), а также изучалась морфология поверхности с помощью атомно-силового микроскопа.

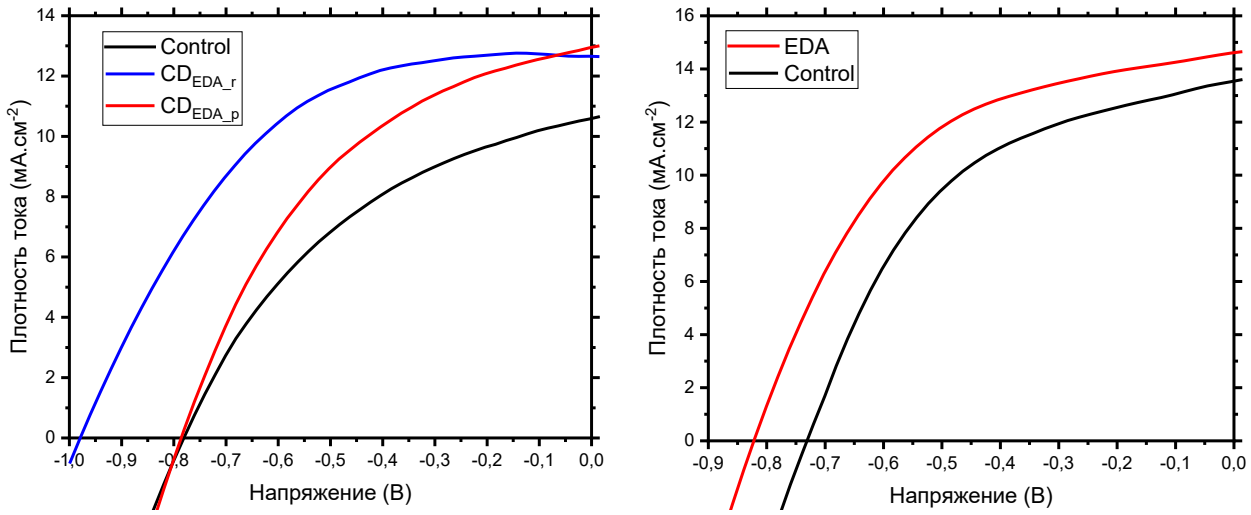
При добавлении в прекурсор перовскита пиридина в разных количествах наблюдалось увеличение времен затухания ФЛ, в то время как интенсивность ФЛ при высоких концентрациях пиридина начинала падать. Несоответствие между интенсивностью и временами затухания ФЛ может быть связано с неоднородностью перовскитного слоя. При добавлении бипиридина через антирастворитель интенсивность и время затухания ФЛ сначала увеличивались, а затем начинали уменьшаться. Рост интенсивности и времени затухания ФЛ указывает на уменьшение рекомбинации, что может быть связано с пассивацией оборванных связей Pb. Предполагается, что пассивация происходит путем предоставления пары электронов от атома азота в составе пиридина и бипиридина атому Pb^{2+}, пассивируя последний [2]. Дальнейшее ухудшение оптических свойств слоя, начиная с определенной концентрации, свидетельствует о том, что было найдено оптимальное количество данной добавки и дальнейшее увеличение ее концентрации приводит к образованию дефектов в слое.

Добавление УТ, полученных из флороглюцинола, при определенной концентрации увеличил средний размер перовскитных зерен на 16,7%. При дальнейшем росте концентрации УТ размер зерен уменьшался. Возможной причиной данных явлений может быть то, что при оптимальной концентрации УТ обеспечивают контролируемую нуклеацию и кристаллизацию,

что приводит к увеличению размеров зерен и, следовательно, уменьшению их границ и ловушечных состояний на них. При высоких концентрациях УТ, возможно, создают избыточные центры кристаллизации, приводящие к хаотичному образованию большого количества зерен меньших размеров и увлечению рекомбинационных центров на границах зерен.

Введение этилендиамена и УТ, полученных из большего (CD_{EDA_r}) и меньшего (CD_{EDA_p}) количества EDA, до определенной концентрации также улучшали оптические свойства слоя перовскита, что означало уменьшение количества рекомбинационных центров и пассивация оборванных связей Pb на границах зерен [3]. Дальнейшее уменьшение интенсивности ФЛ и времени затухания указывают на то, что улучшение, которое может быть обеспечено определенной добавкой, ограничено, т.к. сами добавки в избыточном количестве могут также создавать дефекты и центры рекомбинационные. При добавлении EDA размеры зерен увеличились с 178 нм до 210 нм, в то время как добавление УТ на основе EDA не имело значительного влияния на морфологию слоя.

В результате, на основе слоев с улучшенными параметрами, в комнатных условиях были получены ПСЭ и измерены их вольтамперные характеристики (ВАХ), которые продемонстрировали значительный рост как тока короткого замыкания (J_{sc}), так и напряжения холостого хода (V_{oc}). Из рисунке 1,а видно, что контрольный образец вырабатывал максимальный ток в 10,58 мА·см^2, который вырос до 12,64 мА·см^2 и 12,83 мА·см^2 при добавлении в прекурсор перовскита CD_{EDA_r} и CD_{EDA_p}, соответственно. Несмотря на значительный рост J_{sc} при добавлении CD_{EDA_p}, V_{oc} при использовании последних не изменился по сравнению с контрольным образцом и составил 0,79 В, в то время как при добавлении CD_{EDA_r} напряжение холостого хода выросло до 0,98 В.



а б

Рис. 1 – ВАХ солнечных элементов: а) на основе перовскитных слоев с добавлением УТ, синтезированных из разного количества EDA; б) на основе перовскитных слоев с добавлением EDA

Коэффициент заполнения (FF) для устройств с CD_{EDA_r} и CD_{EDA_p} увеличился и достиг 51,81% и 44,58%, соответственно, тогда как коэффициент заполнения контрольного образца составлял 41,83%. Эффективность устройств с CD_{EDA_r} и CD_{EDA_p} составила 6,44% и 4,5%, в то время как эффективность контрольного образца составляла 3,48%. Добавление CD_{EDA_r} обеспечил рост абсолютного значения эффективности преобразования энергии на 46%.

На рисунке 1,б показано, что добавление EDA увеличило J_{sc} с 13,47 мА·см^2 до 14,60 мА·см^2, а V_{oc} – с 0,73 В до 0,82 В. FF для ПСЭ с добавлением EDA вырос с 48,85% до 50,79%. Эффективность преобразования солнечной энергии у устройства на основе перовскитного слоя с добавлением EDA увеличилось с 4,83% до 6,10%, что означает рост на 21% по сравнению с контрольным образцом (рис.1,б).

Увеличение эффективности преобразования устройств при добавлении EDA и УТ на основе EDA вероятно является следствием пассивации оборванных связей и уменьшением количества рекомбинационных центров, приводящих к более эффективному переносу носителей заряда, что также хорошо согласуется с результатами, полученными при изучении оптических и морфологических свойств.

На рисунке 2 показаны электрические параметры каждого измеренного пикселя ПСЭ с добавлением УТ на основе EDA. Из рисунка 2,а видно, что CD_{EDA_r} обеспечили значительный рост тока короткого замыкания по сравнению с контрольным образцом. При добавлении CD_{EDA_p} также были получены пиксели со значительно высоким током, но среднее значение J_{sc} существенно не изменилось. ПСЭ с CD_{EDA_r} также обладали большим, по сравнению с контрольным образцом, напряжением (рис.2,б). Значительное увеличение J_{sc} и V_{oc} у ПСЭ с добавлением CD_{EDA_r} в результате привело к более высокому коэффициенту заполнения (рис.2,в) и наибольшему росту эффективности среди всех используемых добавок (рис.2,г).

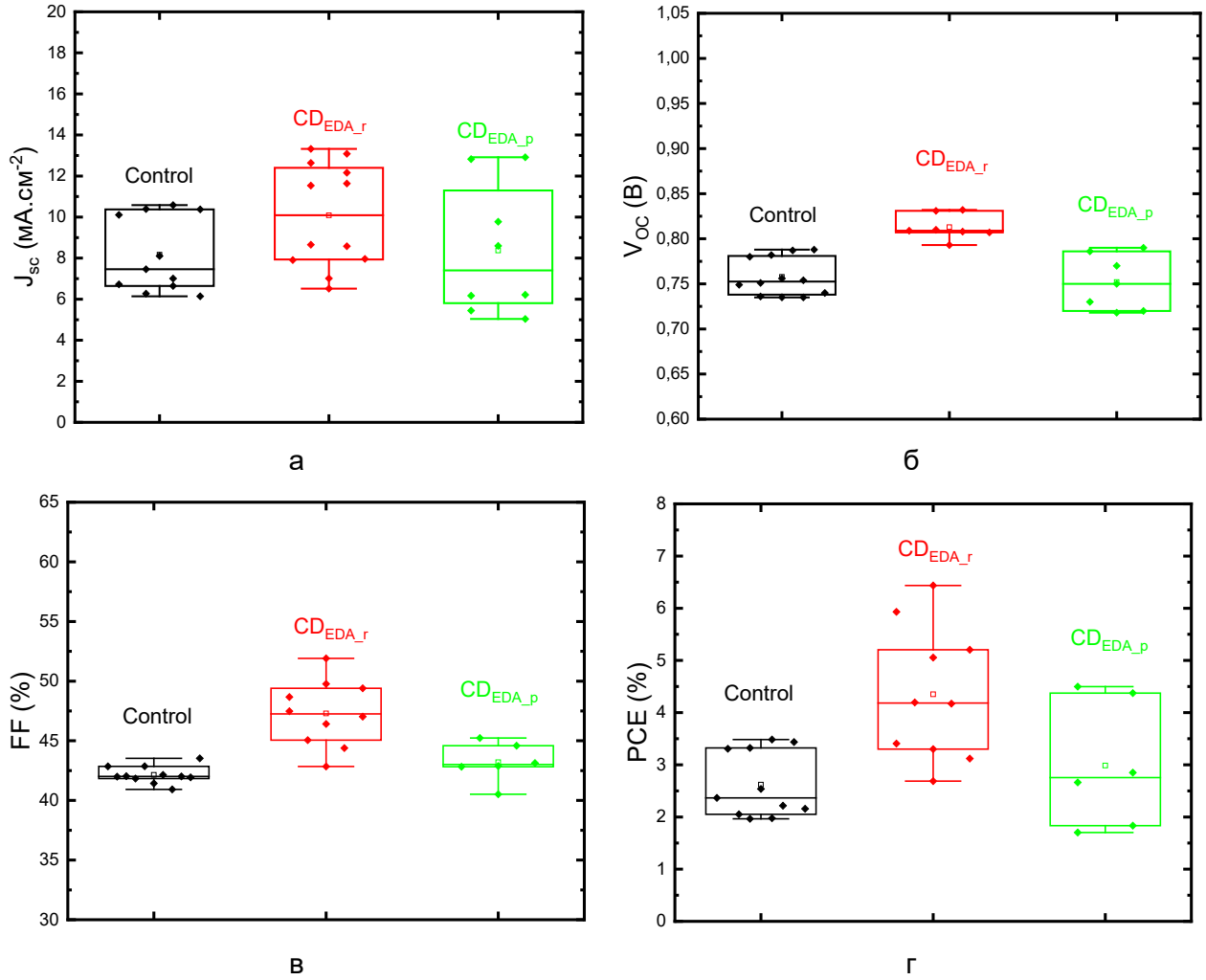


Рис. 2 – J_{sc} (а), V_{oc} (б), FF (в) и PCE (г) перовскитных солнечных элементов, полученных с добавлением УТ на основе EDA

Добавление оптимального количества этилендиамина, пиридина, бипиридина и УТ в прекурсор перовскита или антирастворитель приводит к увеличению времени затухания и интенсивности ФЛ, что свидетельствует об эффективной пассивации рекомбинационных центров на поверхности перовскитного слоя и на границах зерен. В то же время, при избыточной концентрации добавки в перовскитном слое ухудшают оптические свойства и морфологию слоя, что говорит об увеличении центров рекомбинации и количества дефектов.

В результате, на основе слоев с улучшенными параметрами были получены ПСЭ с более высокой эффективностью, которая обеспечивается увеличением как напряжения холостого хода, так и тока короткого замыкания.

Список использованных источников

1. Yoo J.J. et al. Efficient perovskite solar cells via improved carrier management // Nature. – 2021. – V. 590. – №7847. – Pp. 587-593.
2. Zhang Y. et al. The effects of pyridine molecules structure on the defects passivation of perovskite solar cells // Journal of Solid State Electrochemistry. – 2021. – V. 25. – №5. – Pp. 1531-1540.
3. Kapil G. et al. Tin-lead perovskite fabricated via ethylenediamine interlayer guides to the solar cell efficiency of 21.74% // Advanced Energy Materials. – 2021. – V. 11. – №25. – P. 2101069.

УДК 535.34, 535.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕССВИНЦОВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ $Cs_2AgInCl_6$, ДОПИРОВАННЫХ ВИСМУТОМ, С КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ТИПА ПЕРОВСКИТА

Мирущенко М.Д.

Научный руководитель – Ушакова Е.В., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник центра "Информационные оптические технологии"

m@miruschenko.ru

Ключевые слова

Перовскиты, двойные перовскиты, светодиоды, бессвинцовые нанокристаллы, фотолюминесценция.

Нанокристаллы (НК) с кристаллической структурой типа перовскита (ПНК) обладают интересными оптическими свойствами и свойствами электронной структуры, благодаря которым могут найти применение в различных устройствах, включая светоизлучающие диоды, лазеры, солнечные элементы и фотоприёмники. Большинство ПНК имеют в составе свинец, из-за токсичности которого ограничиваются возможности применения таких НК. Замена катионов свинца на более безопасные приводит к образованию НК с кристаллической структурой типа двойного перовскита. Бессвинцовые ПНК (бсПНК) не обладают такой же стабильностью и высоким квантовым выходом, как их свинец-содержащие аналоги. Для стабилизации в условиях окружающей среды была разработана методика покрытия таких бсПНК оболочкой из диоксида кремния [1], а улучшение оптических откликов возможно за счёт оптимизации синтезов и подбора оптимального химического состава [2].

В работе исследовано влияние параметров синтеза бсПНК состава $Cs_2AgInCl_6$, допированных 1% висмута, покрытых оболочкой из диоксида кремния (далее обозначены $Cs_2AgInCl_6$:Bi/SiO_2), на их оптические свойства и предложен вариант практического применения в качестве светоизлучающего слоя в светодиоде с понижением частоты (down-conversion LED, dcLED).

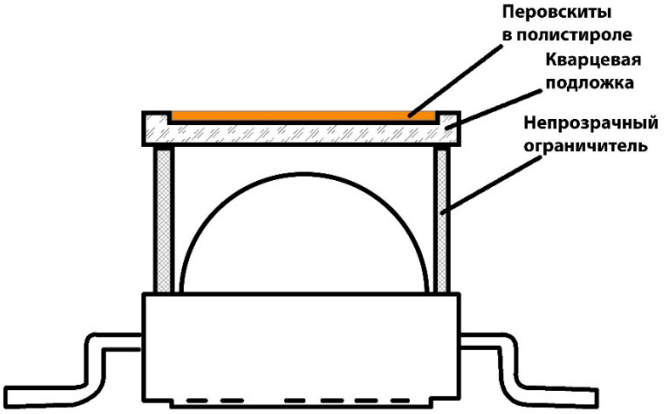


Рис. 1 – Схема dcLED на основе коммерческого светодиода и светоизлучающего слоя из бсПНК в матрице из полистирола

БсПНК $Cs_2AgInCl_6$:Bi/SiO_2 были получены по методике, основанной на методике горячего впрыска [3]. В этом случае все прекурсоры добавляются в колбу одновременно и не происходит непосредственного впрыска олеата цезия в процессе синтеза. В процессе синтеза бсПНК в колбу проводилось добавление тетраэтилортосиликата (tetraethyl orthosilicate, TEOS), за счёт молекул которого происходит рост оболочки из диоксида кремния. Такая оболочка позволяет сохранять оптические свойства бсПНК в течение длительного периода [1].

Объёмы добавок составили 0,4 мл (образец S400), 0,3 мл (S300) и 0,2 мл (S200), образец S0 получен без добавления TEOS.

Для получения светоизлучающего слоя в dcLED проводилось растворение полистирола в толуоле, с последующим добавлением надосадочной жидкости раствора бсПНК. Полученный раствор послойно наносился на кварцевую подложку, устанавливающуюся на коммерческий светодиод (рис.1).

Для проведения оптических исследований проводилось диспергирование образцов в гексане. Оптические характеристики оценивались по спектрам поглощения (рис.2,а) и фотолюминесценции (ФЛ) (рис.2,б), а ширина запрещённой зоны (ЗЗ) определялась из графиков Тауца (рис.2,в).

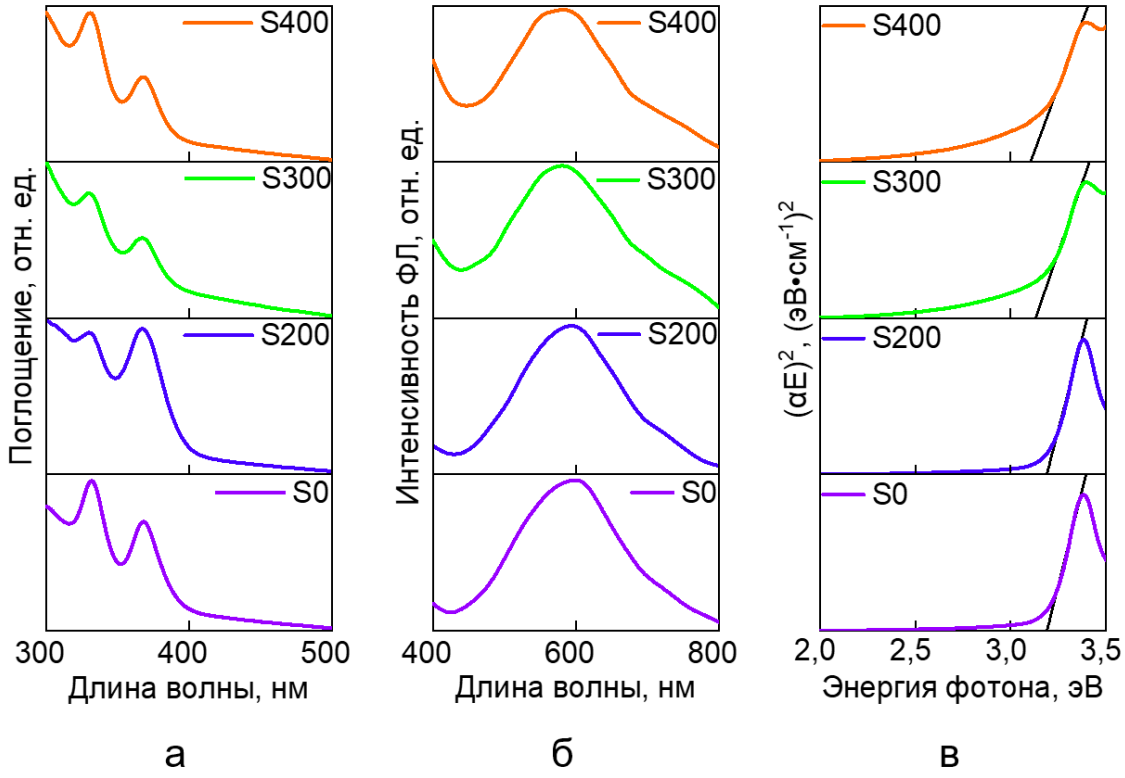


Рис. 2 – а) Спектры поглощения и б) ФЛ образцов при возбуждении на длинах волн, соответствующих первому (около 370 нм) длинноволновому максимуму в спектрах поглощения. в) графики Тауца

В спектрах поглощения всех образцов имеются два максимума около 330 нм и 370 нм. Из спектров ФЛ видно наличие довольно большого стоксова сдвига, который мог бы свидетельствовать о непрямом электронном переходе, однако при содержании висмута менее 25% в $Cs_2AgIn_{1-x}Bi_xCl_6$ ЗЗ – прямая [2]. При этом ширины полос ФЛ в несколько раз больше, чем для бсПНК такого же состава, но полученных методом горячего впрыска [1]. Широкополосное в таких НК исходит от самозахваченных экситонов (self-trapped excitons, STE) [4]. ФЛ от STE шире и сдвинута в более длинноволновую область по сравнению с ФЛ от свободных экситонов или свободных состояний, так как искажения STE-состояний (расстояния между ними и основным состоянием), уширяют спектр излучения из-за того, что каждое разные STE-состояния приводят к излучению на разных длинах волн. Сами STE-состояния в ПНК образовываются из-за искажений Яна-Теллера, возникающее в $Cs_2AgInCl_6$ на октаэдре $AgCl_6$ [5].

На рис. 3 приведено СЭМ-изображение одного из образцов. Ожидалось, что на нём будут видны близкие к кубическим частицы размерами 12-13 нм, аналогично СЭМ-изображениям бсПНК, полученным методом горячего впрыска [1].

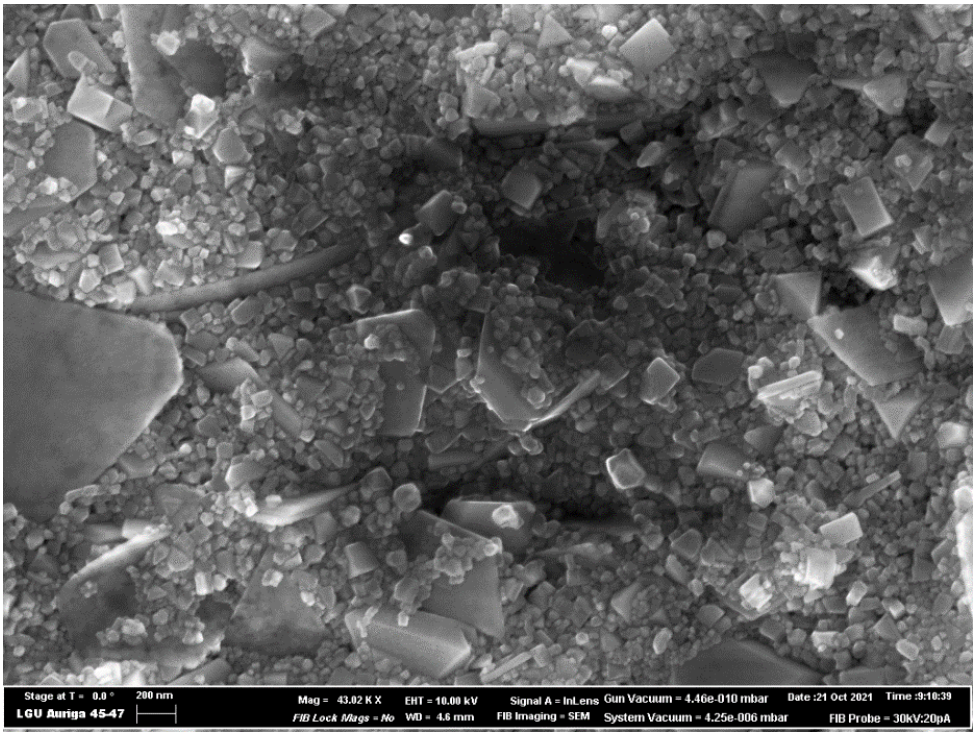


Рис. 3 – СЭМ-изображения образца S400. Масштабная линейка 200 нм

Создание широкополосных и белых светоизлучающих устройств на основе одного светоизлучающего материала является довольно сложной задачей. БсПНК являются отличными кандидатами для создания таких устройств, так как имеют широкую полосу ФЛ, охватывающую почти весь видимый диапазон длин волн. Для создания dcLED был подобран коммерческий светодиод с длиной волны излучения 367 нм (LED 367), точно соответствующей длинноволновому максимуму спектра поглощения образца S400. Спектр излучения этого коммерческого светодиода и спектр поглощения образца S400 показаны на рисунке 4.

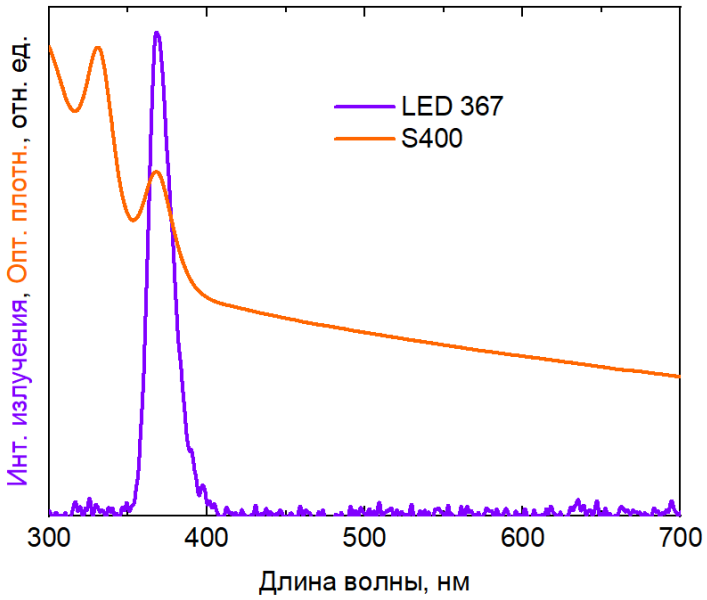
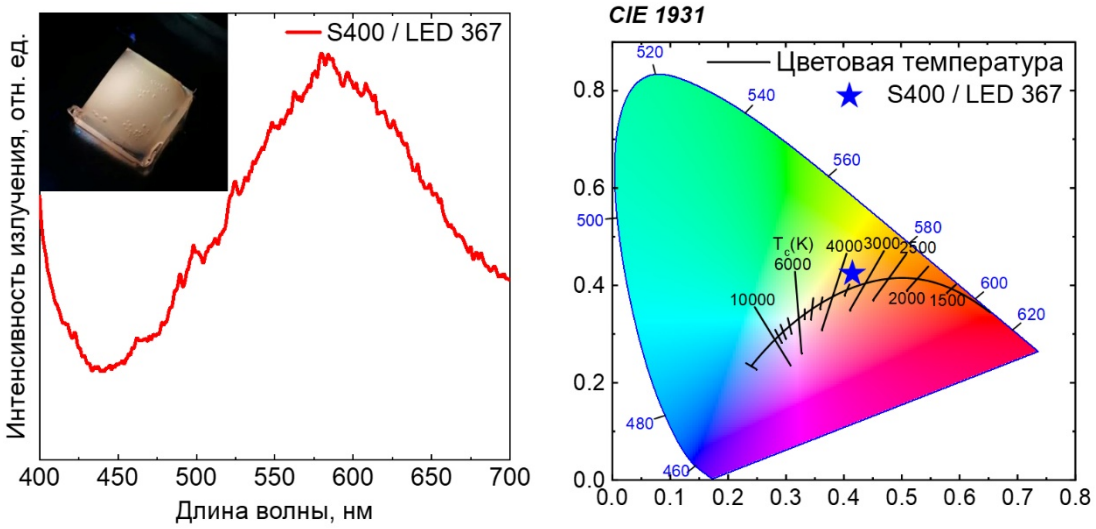


Рис. 4 – Спектр излучения LED 367 и поглощения S400

В полученном dcLED излучение коммерческого светодиода возбуждает ФЛ бсПНК в светоизлучающем слое. Спектр излучения dcLED показан на рисунке 5,а. На основе этого спектра была построена хроматическая диаграмма CIE 1931 (рис.5,б) с указанием хроматических координат dcLED.



а б

Рис. 5 – а) Спектр излучения созданного dcLED. а, вставка) Внешний вид полученного устройства в процессе его работы. б) Хроматическая диаграмма CIE 1931 с указанием положения созданного dcLED

Излучение созданного dcLED близко к тёплому белому свету (рис.5,а,вставка), а из хроматических координат на хроматической диаграмме видно, что это излучение близко температуре 3500K.

Упрощённая методика получения, а именно смешение прекурсоров и их дальнейший нагрев в одной колбе приводит к формированию нанокристаллов с большой дисперсией по размерам. При этом оптические свойства получившихся бсПНК не зависят от размера и его дисперсии, а также добавок TEOS. Наблюдаемая широкая полоса фотолюминесценции связана с внутренними деформациями и напряжениями в нанокристаллах, что приводит к возникновению самозахваченных экситонов. Полученный dcLED обладает широким спектром излучения, близким к тёплому белому свету, и имеет цветовую температуру 3500 К.

Список использованных источников

1. Cherevkov S.A., Azizov R.R., Sokolova A.V., Nautran V.R., Miruschenko M.M., Arefina I.A., Baranov M.A., Kurdyukov D.A., Stovpiaga E.Y., Golubev V.G., Baranov A.V., Ushakova E.V. Interface Chemical Modification between All-Inorganic Perovskite Nanocrystals and Porous Silica Microspheres for Composite Materials with Improved Emission // Nanomaterials. – 2021. – V.11. – №1. – 119 p.
2. Manna D., Das T.K., Yella A. Tunable and Stable White Light Emission in Bi3+-Alloyed Cs2AgInCl6 Double Perovskite Nanocrystals // Chem. Mater. – 2019. – V.31. – №24. – Pp. 10063–10070.
3. Liu Y., Jing Y., Zhao J., Liu Q., Xia Z. Design Optimization of Lead-Free Perovskite Cs2AgInCl6:Bi Nanocrystals with 11.4% Photoluminescence Quantum Yield // Chem. Mater. - 2019. – V.31. – №9. – Pp. 3333–3339.
4. Smith M.D., Karunadasa H.I. White-Light Emission from Layered Halide Perovskites // Acc. Chem. Res. – 2018. – V.51. – №3. – Pp. 619–627.
5. Luo J., Wang X., Li S., Liu J., Guo Y., Niu G., Yao L., Fu Y., Gao L., Dong Q., Zhao C., Leng M., Ma F., Liang W., Wang L., Jin S., Han J., Zhang L., Etheridge J., Wang J., Yan Y., Sargent E.H., Tang J. Efficient and stable emission of warm-white light from lead-free halide double perovskites // Nature. – 2018. – V.563. – №7732. – Pp. 541–545.

УДК 535

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ НАНОСТРУКТУР ИЗ ПОЛИСТИРОЛА

Михайлова Ю.В.
Научный руководитель – к. ф.-м. н., Сунь Я.

j_mikhailova@niuitmo.ru

Работа выполнена в рамках исследовательского проекта по приоритетным направлениям БРИКС (19-52-80036) «Технология экологически чистой печати для оптических метоповерхностей».

Ключевые слова:
Наноструктуры, полимеры, самоорганизующиеся наночастицы, дифракционное окрашивание в видимой области спектра, рассеяние Ми на сферических частицах, биодетекторы.

Стремительно развивающаяся область нанофотоники сталкивается с различного рода ограничениями в связи со сложностью создания наноструктур традиционными методами, такими, как, например, литография, химические, лазерные методы и др. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки и для создания современных сложных наноструктур обычно используется комбинация нескольких методов, что усложняет процесс изготовления и ограничивает воспроизводимость наноструктур. В связи с этим необходимо создание и адаптирование новых, более эффективных методов нанофабрикации. Один из таких новых многообещающих методов – метод самоорганизации наноструктур с помощью шаблона или метод зелёной печати [1]. Данный метод позволяет получать различные наноструктуры при воздействии силиконового шаблона на раствор с наночастицами, нанесённый на подложку (рис.1). С помощью капиллярных сил и формы шаблона с высокой точностью и повторяемостью могут быть получены структуры различных конфигурации без дополнительно использования литографии или химических растворов [2].

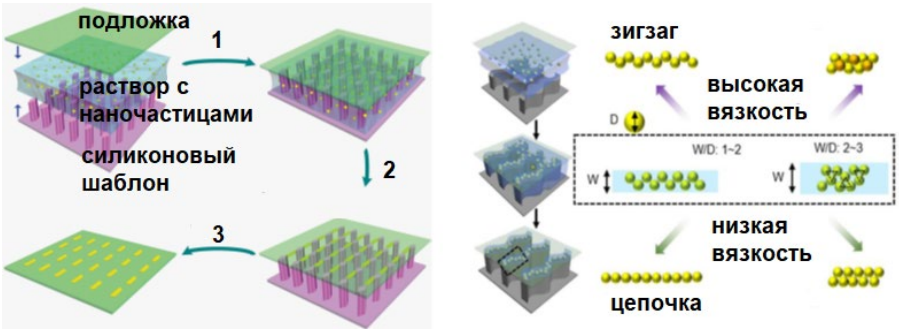


Рис. 1 – Создание самоорганизующихся наноструктур различных конфигураций методом зелёной печати [1-2]

В данной работе метод самоорганизации наночастиц с помощью шаблона применялся для создания наноструктур из наночастиц ПС. Этот полимер удобен для использования, не токсичен, а также доступен в широком диапазоне размеров наночастиц. Недавно было замечено, что длинные цепочки наночастиц ПС различного диаметра демонстрируют окрашивание в видимой области спектра (рис.2) [3]. Однако в длинных цепочках велика вероятность появления различных дефектов и поэтому часть данной работы посвящена исследованию изменения оптических свойств цепочек наночастиц ПС для варьируемого количества наночастиц от 1 до 10, различного диаметра (310 и 360 нм), а также различных подложек (кремний и кварц). Вторая часть исследования базируется на способности наночастиц ПС к обнаружению дефектов в видимом диапазоне длин волн, и потому внимание

было уделено изучению влияния наночастиц оксида кремния на оптические свойства одиночной наночастицы ПС.

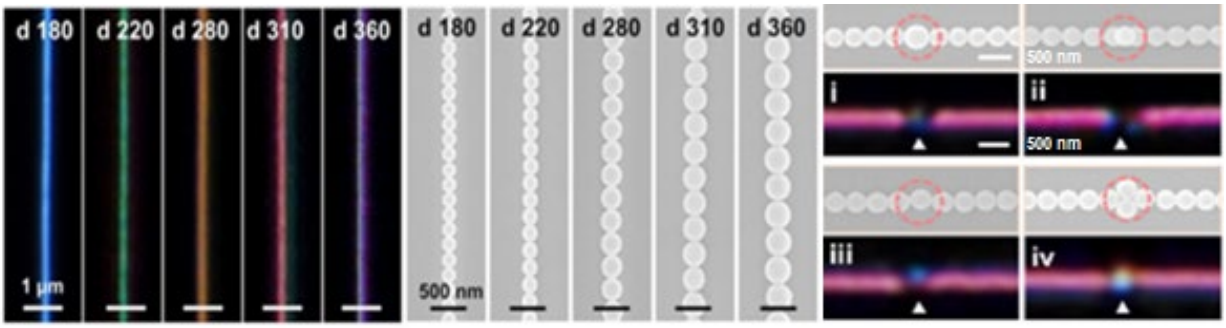


Рис. 2 – Изображения цепочек наночастиц ПС в тёмном поле, а также СЭМ изображения, демонстрирующие способность ПС к демонстрации разных цветов, а также различных дефектов [3]

Исследование оптических свойств самоорганизующихся наноструктур из ПС проводилось как теоретически с помощью моделирования, так и экспериментально. В частности, были получены спектры рассеяния цепочек наночастиц ПС с диаметром 310 нм, расположенных на кремниевой подложке. Результаты, полученные численно и экспериментально, продемонстрировали высокую степень соответствия. Было обнаружено, что интенсивность рассеяния увеличивается при увеличении количества наночастиц в цепочке, а форма спектра не изменяется для цепочек от 5 до 10 наночастиц. Рассчитанные численно распределения электрического и магнитного полей для цепочек разной длины демонстрируют наличие резонансов.

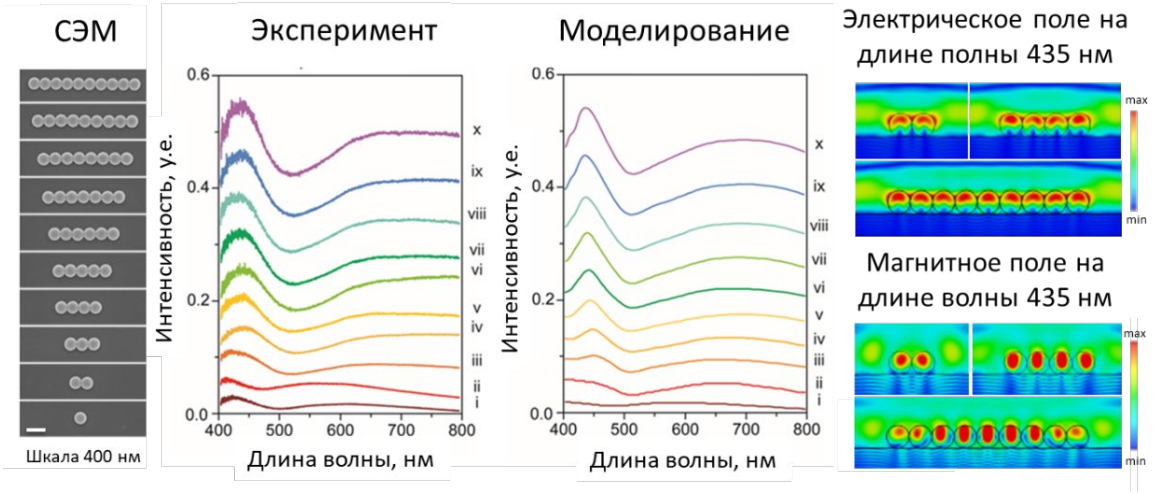


Рис. 3 – Результаты исследования цепочек наночастиц ПС с использованием СЭМ микроскопии, результаты измерения и моделирования спектров рассеяния, распределения электрического и магнитного полей на резонансной длине волны

Каждая цепочка данного образца также была рассмотрена как фазовая отражательная дифракционная решётка с периодом и размером элементов равным диаметру наночастиц, т.е. 310 нм (рис.4,а). В соответствии с теорией дифракции Фраунгофера для N щелей были аналитически рассчитаны распределения интенсивности с помощью следующих формул для дифракции на щели величиной Nd (1) и интерференции на нескольких щелях (2):

$$G = \frac{\sin^2\left(\frac{\pi D \sin\theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi D \sin\theta}{\lambda}\right)^2}, \quad (1)$$

$$F = \frac{\sin^2\left(\frac{N\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)}. \qquad (2)$$

Здесь N – количество периодических элементов, d – расстояние между элементами, D – размер элементов, θ – угол падения излучения and λ – длина волны падающего излучения. В случае цепочек наночастиц N равно количеству наночастиц в цепочке, d равно D – диаметру наночастиц (310 нм), λ это резонансная длина волны 435 нм по данным спетров рассеяния. Для более детального исследования также посредством моделирования были численно получены сечения рассеяния на резонансной длине волны 435 нм. Итоговое дифракционное изображение рассчитывалось путём перемножения двух составляющих, определяемых формулами (1) и (2).

При сравнении количества минимумов для результатов, полученных численно и аналитически, обнаружено полное соответствие, что в совокупности с описанными выше результатами позволяет сделать вывод о дифракционной природе окрашивания цепочек наночастиц ПС. Полученные дифракционные изображения представлены на рисунке 4,б.

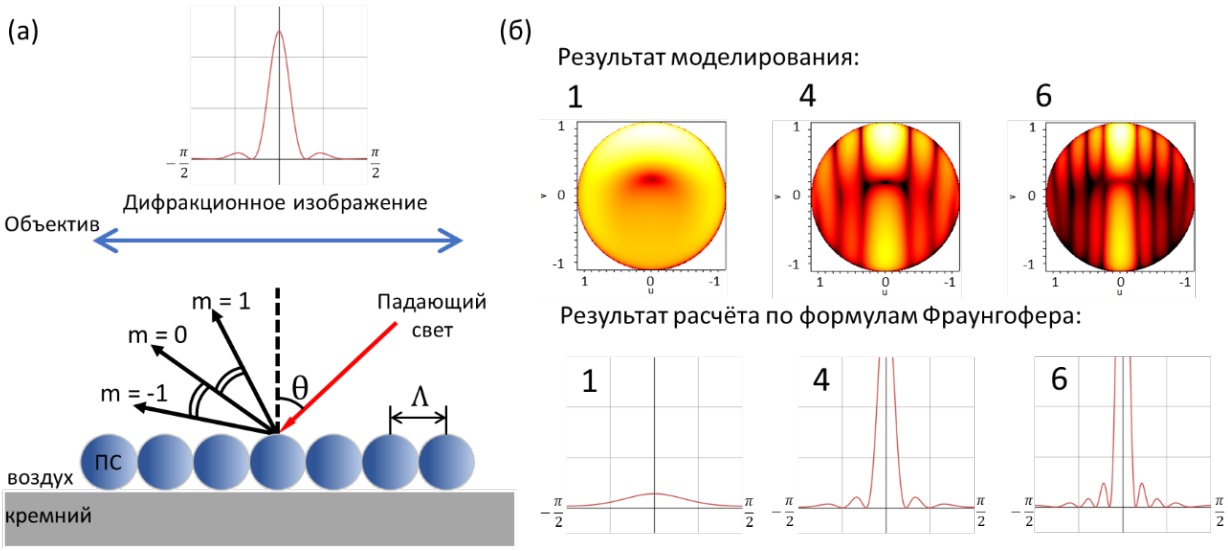


Рис. 4 – Схематичное изображение принципа работы цепочки наночастиц ПС как дифракционной решётки, где m – порядки дифракции, Λ – период решётки, θ – угол падения излучения (а). Результаты численного и аналитического расчёта распределения интенсивности для цепочек с 1, 4 и 6 наночастицами ПС (б)

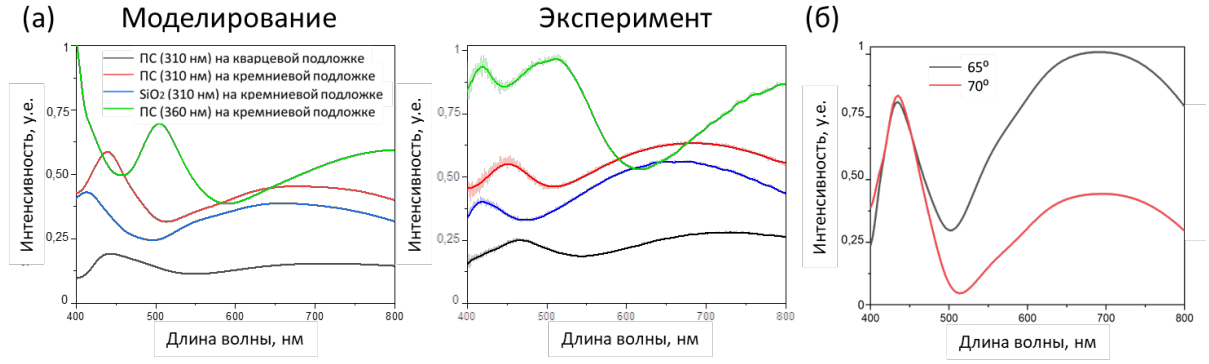


Рис. 5 – Сравнение результатов измерения и моделирования спектров рассеяния для цепочек из 6 наночастиц разного размера, материалов, расположенных на разных подложках (а). Результат моделирования зависимости спектра рассеяния цепочки из 8 наночастиц ПС на кремниевой подложке от угла падающего света (б)

Спектры рассеяния цепочек наночастиц ПС с диаметром 360 нм, цепочек на кварцевой подложке и цепочек наночастиц оксида кремния также были исследованы. Результаты для цепочек одинаковой длины представлены на рисунке 5,а. Можно заметить, что при изменении размера наночастиц ПС происходит смещение резонанса в длинноволновую область, а при изменении подложки с кремния на кварц наблюдается значительное уменьшение интенсивности рассеяния. Для цепочек наночастиц оксида кремния такого же диаметра и на такой же подложке, как и цепочек наночастиц ПС, заметно отличие в положении пика резонанса – он находится очень близко к границе видимого диапазона с коротковолновой областью. Это связано с показателем преломления оксида кремния, который превосходит показатель преломления ПС [4]. Также было замечено изменение формы спектров рассеяния при изменении угла падения излучения (рис.5,б).

Помимо цепочек наночастиц ПС и оксида кремния также были рассмотрены системы данных частиц для исследования возможности создания биодетектора на основе одиночной наночастиц ПС. Наночастицы оксида кремния (показатель преломления n = 1.46) фиксированного размера 120 нм были использованы в качестве замены вируса H1N1 с похожими оптическими свойствами (размер порядка 120 нм и показатель преломления n = 1.46). Были исследованы три основных конфигурации с различным количеством наночастиц оксида кремния, окружающих наночастиц ПС трёх разных диаметров (рис.6,а). В результате оптической микроскопии образец с размером наночастиц ПС 310 нм продемонстрировал наиболее очевидное изменение цвета с жёлтого на розовый при наличии наночастиц оксида кремния. Для данного образца были также проведены дополнительные исследования свойств рассеяния (рис.6,б) и распределения электрического и магнитного полей. На рисунке 6,в видно усиление электрического поля при добавлении наночастиц оксида цинка.

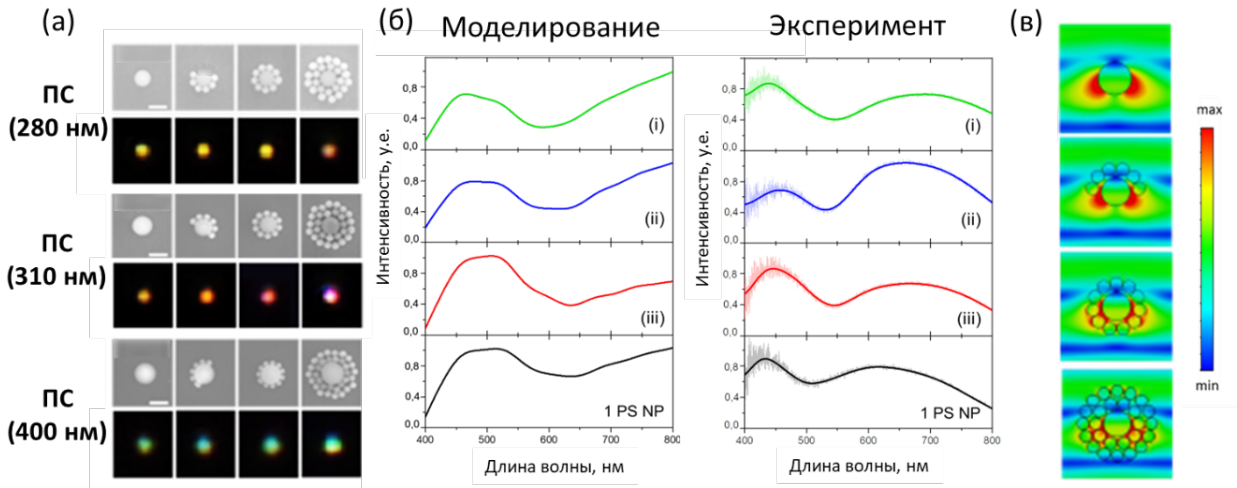


Рис. 6 – Изображения СЭМ и оптическая микроскопия в тёмном поле систем наночастиц ПС и оксида кремния (а). Результаты моделирования и измерения спектров рассеяния (б). Результат моделирования изменения электрического поля для различных конфигурации наночастиц ПС и оксида кремния (в)

По результатам проведённого исследования, методом зелёной печати был создан биодетектор на основе массива одиночных наночастиц ПС размером 310 нм, а также продемонстрирована возможность детектирования вируса H1N1 [5]. На рисунке 7 представлен принцип работы биодетектора, а также изменение спектров рассеяния и оптического изображения в тёмном поле при обнаружении вируса H1N1.

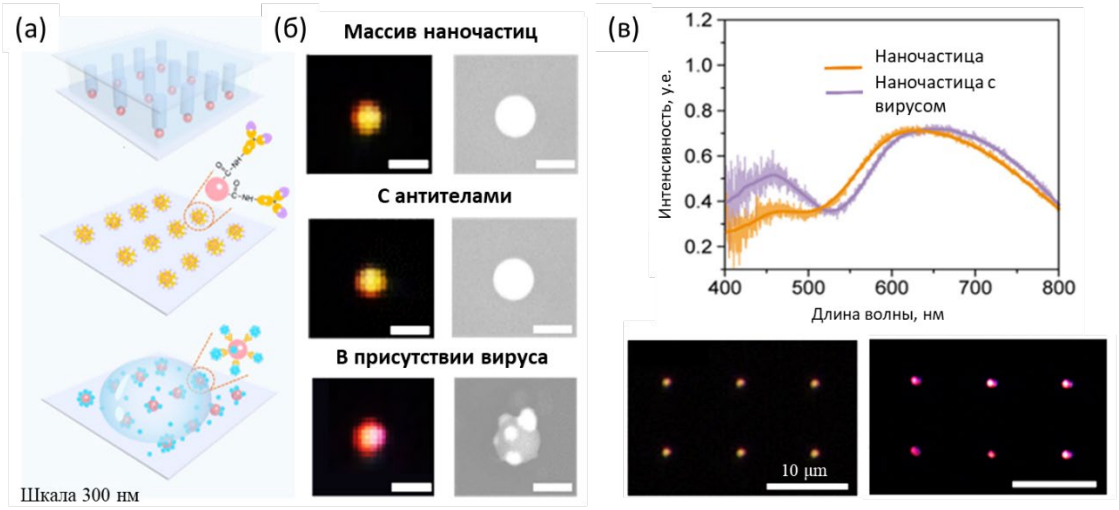


Рис. 7 – Схематичное изображения принципа работы биодетектора на основе массива одиночных наночастиц ПС (а). Оптические изображения в тёмном поле и СЭМ изображения наночастицы ПС на разных этапах детектирования (б). Изменение спектра рассеяния одиночной наночастицы ПС при обнаружении вируса H1N1 и оптические изображения биодетектора в тёмном поле (в) [5]

Таким образом, в данной работе были подробно изучены оптические свойства цепочек наночастиц ПС, обнаружено минимальное количество наночастиц в цепочке для появления цвета – 5 наночастиц, изучено влияние изменения материала, размера наночастиц, а также материала подложки на свойства рассеяния цепочек. Помимо этого, была впервые исследована и доказана дифракционная природа окрашивания цепочек наночастиц ПС с применением теории дифракции Фраунгофера. Дополнительно было детально рассмотрено влияние наночастиц оксида кремния на оптические свойства одиночной наночастиц ПС. В результате исследования влияния наночастиц оксида кремния на оптические свойства одиночной наночастицы ПС определённого размера был создан прототип биодетектора и продемонстрировано обнаружение вируса H1N1.

Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы для создания таких современных систем нанофотоники, как, например, высокоэффективные биодетекторы нанообъектов в видимом диапазоне, защитные метки и метаматериалы на основе наночастиц ПС и не только.

Список использованных источников

1. Su B., Zhang C., Chen S., Zhang X., Chen L., Wu Y., Nie Y., Kan X., Song Y., Jiang L. A general strategy for assembling nanoparticles in one dimension // Advanced Materials. – 2014. – V.26. – №16. – Pp. 2501–2507.
2. Guo D., Li C., Wang Y., Li Y., Song Y. Precise Assembly of Particles for Zigzag or Linear Patterns // Angewandte Chemie – International Edition. – 2017. – V.56. – №48. – Pp. 15348.
3. Zhang Z., Zhao M., Su M., Sun Y., Ponkratova E., Tan S., Pan Q., Chen B., Li Z., Cai Z., Wang H., Wu D., Shi L., Song Y. Self-assembled 1D nanostructures for direct nanoscale detection and biosensing // Matter. – 2022. – V.5. – №6. – Pp. 1865–1876.
4. Kuznetsov A.I., Miroshnichenko A.E., Fu Y.H., Zhang J.B., Luk'yanchuk B. Magnetic light // Scientific Reports. – 2012. – V.2. – №492. DOI:10.1038/srep00492.
5. Wang H.A, Zhang Z., Su M., Sun Y., Mikhailova J.V., Cai Z., Wu D., Wang K., Pan Q., Chen B., Zuev D., Song Y. Coloration Biochip for Optical Virus Detection Based on Printed Single Nanoparticle Array // Advanced Materials Interfaces. – 2022. – V.9. – №10. – P. 2102164.

УДК 65.01

ПРОЦЕДУРА РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ НА ПРИМЕРЕ АО «КОНЦЕРН «СОЗВЕЗДИЕ»

Мошурова Е.Ю.

Научный руководитель – Николаев А.С., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций, директор центра развития института интеллектуальной собственности, патентовед центра трансфера технологий

Moshurova.L@yandex.ru

Ключевые слова

Интеллектуальная собственность, стратегия УИС, коммерциализация технологий, реализация инициативных РИД, патентная аналитика.

Глобальная стоимость НМА по состоянию на 2020 год оценивалась в 60,8 триллиона долларов, в 2015 году – 20 триллионов долларов по данным Brand Finance [1]. Рост значения за 5 лет в 3 раза даёт право предполагать не только важность, но и стремительное увеличение объемов и значимости НМА внутри организаций и на мировом рынке. При этом не все ОИС могут приниматься к учёту в качестве НМА в силу своей природы, а значит потенциально данный рынок имеет больший объем [2-5].

Следование глобальной тенденции повышения инновационной активности и внедрения высоких технологий в деятельность российских компаний вызывает необходимость выстраивания лаконичной и индивидуальной системы управления интеллектуальной собственностью (УИС) с целью стимулирования конкурентоспособности национальной экономики и отдельных её представителей на мировом рынке, роста независимости российской научно-технологической сферы и повышения ВВП.

Таким образом, УИС становится значимым моментом функционирования организаций и необходимой компетенцией менеджмента в современных реалиях, что обуславливает актуальность выбранной темы исследования ввиду отсутствия принятых и рекомендуемых на государственным уровне стандартов УИС и необходимости выработки индивидуального подхода в каждой отрасли.

Вопросами разработки системы УИС и организации условий её эффективного функционирования задавался ряд учёных. Так, основы УИС раскрыты в трудах таких отечественных авторов как: С.М. Мужичек, С.А. Сергеев, Г.Ф. Остапенко, В.И. Бусов, О.В. Григоренко, Ю.А. Седых, А.И. Уразова, Груздов В.В.. Правовой аспект защиты объектов ИС исследован в работах М.Ф. Малышевой, М.А. Рожковой, И.Ю. Богдановской. Расширяя предмет исследования, О.У. Котенева и А.С. Николаев в своем пособии приводят не только методы правовой охраны, но и технологии управления возможными к патентованию РИД на каждом из этапов их жизненного цикла.

Исследуя деятельность, связанную с ОИС, учёные делают упор на внедрение полученных РИД, тем самым акцентируя внимание на важность коммерциализации данных объектов. Подобные работы принадлежат таким иностранным авторам как Albert N. Link, Mike Wright, Sara Amoroso, а также отечественным представителям научного сообщества О.У. Котенева и А.С. Николаев. Кроме того, значительный вклад в это направление вносят разрабатываемые методологии Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) и Ассоциация государств Юго-Восточной Азии.

Разрабатывая тематику УИС с позиции возрастающей роли подобных объектов в бизнесе, ряд авторов сходится во мнении о необходимости интеграции стратегии

управления ИС (далее – СУИС) в бизнес-стратегию компании, рассматривая получившийся документ как целостный план создания ценности за счёт применения ОИС. Описанную позицию разделяют такие научные деятели как Marie-Louise Krig, Sandra Lindvall, Martin Andersson, Daniel Alexander Samson.

Следствием рассмотрения ОИС в качестве одного из основных активов организации становится необходимость принятия их к учёту, а значит и исследования бухгалтерского и налогового учёта нематериальных активов. Данный процесс описан в работах Д.А. Ендовицкого, С.Ю. Потемкина.

Комплексный взгляд на развитие системы УИС в России в настоящий момент представлены в работе Г.П. Ивлиева. На взгляд автора основным тормозящим фактором в процессе повышения вовлеченности РИД в экономический оборот является отсутствие эффективных механизмов взаимодействия создателей и потребителей объектов ИС.

Таким образом, к настоящему моменту в России сформирован фундамент для работы с ОИС в качестве основного вида активов, как и потребность в этом со стороны научного и бизнес-сообщества. Однако тенденция целостности стратегии управления в научно-промышленном секторе остается непопулярной в нашей стране в условиях укрепления рынка ОИС и необходимости индивидуального подхода для каждой отдельной организации.

Целью исследования является разработка корпоративной стратегии управления интеллектуальной собственностью компаний научно-производственного сектора Российской Федерации на примере АО «Концерн «Созвездие» (Концерн).

Для реализации поставленной цели был проведен анализ внутренних НПА, входящих в стратегический комплект документов, сформулированы их концептуальные различия и уровни, исследованы вопросы, возникающие перед бизнесом на различных стадиях жизненного цикла, что стало теоретической основой для последующего этапа разработки СУИС. Кроме того, сформулировано определение СУИС как долгосрочного плана по достижению глобальных целей компании в части работы с ОИС.

Последующие этапы построения СУИС заключались в:

1) исследовании внутренней структуры компании и практик работ в сфере ИС;
2) изучении принятых внешних и внутренних регламентов в сфере ИС;
3) проведении аудита ИС Концерна;
4) анализ внешней среды деятельности Концерна;
5) формулирование предложений и согласование с высшим менеджментом компании;
6) написание СУИС;
7) формальное принятие СУИС.

АО «Концерн «Созвездие» – это компания, входящая в Госкорпорацию «Ростех». Основное направление деятельности – реализация государственных заказов на разработку радио-электронного оборудования военного назначения, при этом в настоящий момент разрабатываются направления гражданской и двойной продукции.

Анализ организационной структуры Концерна и её функционирования демонстрирует высокую долю независимости подразделений, что выражается в прямом взаимодействии НТЦ с заказчиком, предоставленными организационно-коммуникационными ресурсами, а также сложностью во взаимодействии ввиду наличия определенной степени бюрократии и секретности. Управление ИС осуществляет одноименное управление, с участие которого созданы и функционируют советы по РИД, НИР и инновациям.

В рамках Концерна существует ряд локальных НПА, закрепляющий различные аспекты реализации процессов, связанных с УИС. Однако вопросы реализации патентно-информационной поддержки инициативных РИД и алгоритм продвижения подобных разработок отсутствовали. Для уточнения реального участия и степени заинтересованности в работе с РИД были проведены интервью с участвующими и оказывающими влияние на УИС подразделениями и должностями (рис.1).

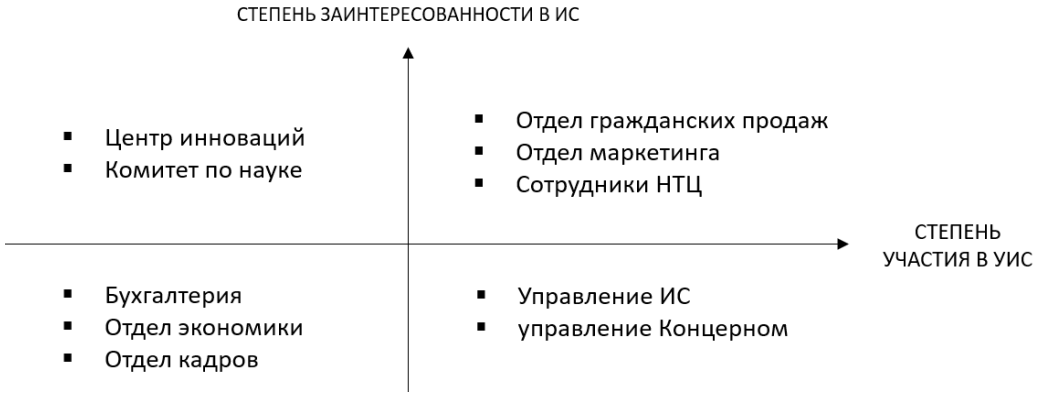


Рис. 1 – Анализ интервью сотрудников Концерна
**разработано автором*

Обобщение результатов проведенного исследования вовлеченности и отношения участников процессов, связанных с УИС, позволило выявить низкую осведомленность в данной сфере большинства сотрудников. Концерн объединяет более 5 тысяч человек, что подразумевает разветвленную организационную структуру и, соответственно, возможность осложнений в коммуникации между сотрудниками разных подразделений. Для предотвращения данных коммуникационных проблем, влияющих на качество ОИС и успех их реализации, разработку СУИС необходимо связывать с созданием в организации эффективной системы УИС и, в частности, траектории появления ОИС.

Следующий этап в рамках анализа внутренней среды – аудит ИС. В патентный портфель компании входит более 1800 ОИС при документально подтверждённом использовании менее 1% из них. Наибольшую долю в портфеле занимают свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, при этом совокупная первоначальная стоимость наибольшая у программ для ЭВМ. Наибольший интерес патенты Концерна вызывают в первую очередь внутри Концерна, поскольку становятся основой для дальнейшей развиваемой технологии, что следует из объёмов их цитирования (рис.2)

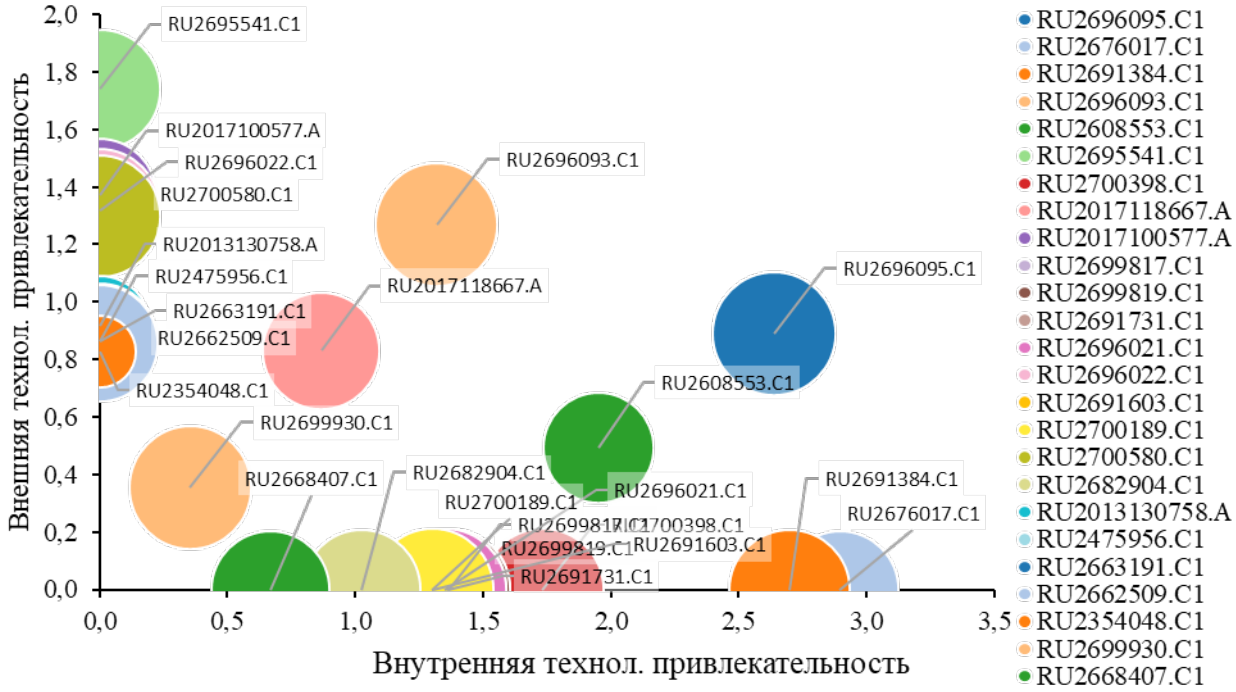


Рис. 2 – Внешняя и внутренняя технологическая релевантность патентов Концерна
**создано с применением инструментов аналитики PatentSight на основе методик расчета силы патента LexisNexis*

Основные затрагиваемые в патентах Концерна технологические кластеры: электроника, телекоммуникационные и информационные технологии. Они и стали основой при разработке внешнего патентного ландшафта.

Наиболее активные компании обозначенных технологических направлениях – иностранные компании, сокращающие в данный момент свое участие на российском рынке (рис.3).

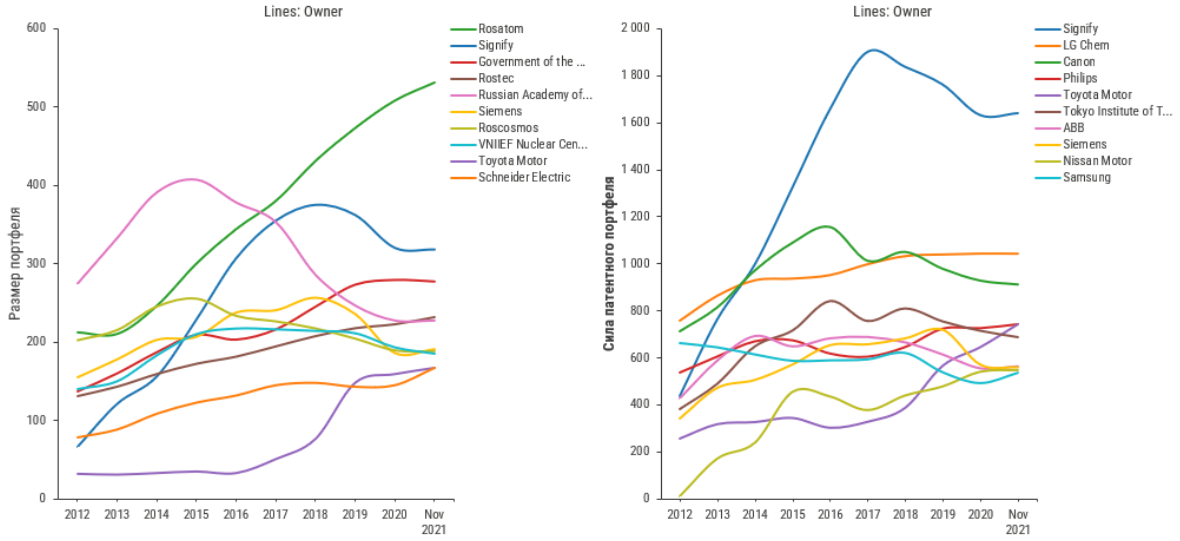


Рис. 3 – Динамика размера и силы патентного портфеля топ 10-ти компаний кластера «Электроника»

Ранее возможность конкурировать с подобными компаниями отсутствовала ввиду низкой себестоимости их производства и сильного бренда. Однако в настоящий момент в следствии освободившихся ниш на основе проведенного внешнего анализа и анализа внутренних ресурсов Концерн может рассмотреть следующие варианты развития гражданского направления:

- технологии беспроводной передачей и оценки сигналов;
- вычислительные системы в сфере электроники;
- системы обхода и минимизации помех связи;
- полупроводниковые диоды и транзисторы.

Обобщая практики работы, а также полученные данные по условиям функционирования Концерна можно предположить следующую систему реализации инициативного РИД. Где базируясь на патентных исследованиях, в частности патентных ландшафтах, автор РИД на каждом новом уровне приобретает поддержку нового подразделения и усиливает имеющуюся идею (рис.4).

Точка 1. – стартовый пункт процесса зарождения РИД, когда автор, вне зависимости от того это сотрудник НТЦ или другого подразделения Концерна, обретает идею и проводит первоначальные эксперименты по подтверждению жизнеспособности своей теории.

Точка 2. – обращение автора РИД к сотруднику патентного отдела для проведения первоначального патентного исследования по потенциально жизнеспособному ОИС.

Точка 3. – в случае подтверждения наличия рынка и отсутствия на конкурентном рынке подобных ОИС, обращение в Центр инноваций, комиссия которого анализирует идею на предмет конкурентоспособности и возможности промышленного применения в конкретных обстоятельствах.

Точка 4. – презентация идеи, успешно прошедшей прочие итерации в формате бизнес-проекта руководству Концерна, в случае поддержки идеи – получение первоначального финансирования для доведения объекта до стадии MVP

Точка 5. – разработка с сотрудниками центра инновации дорожной карты по развитию проекта, вовлечение дополнительных кадров в проект.

Точка 6. – продолжение реализации проекта, производство MVP.

Точка 7. – проведение исследований на патентоспособность полученной технологии.

Точка 8. – набросок оформления продукта: внешний вид, дизайн, товарный знак, цветовая гамма и прочее. Актуализация бизнес-плана.

Тоска 9. – презентация руководству MVP, получение финансирования и согласия на подачу заявки на софинансирование в вышестоящие организации.

Точка 10. – оформление заявки на софинансирование.

Точка 11. – подготовка патентной документации и подача заявок на регистрацию РИД.

Точка 12. – контроль автора за производством воплощенного ОИС. Дальнейшие действия, связанные с гражданской продукцией, курирует соответствующий одноименный отдел, связываясь с автором.

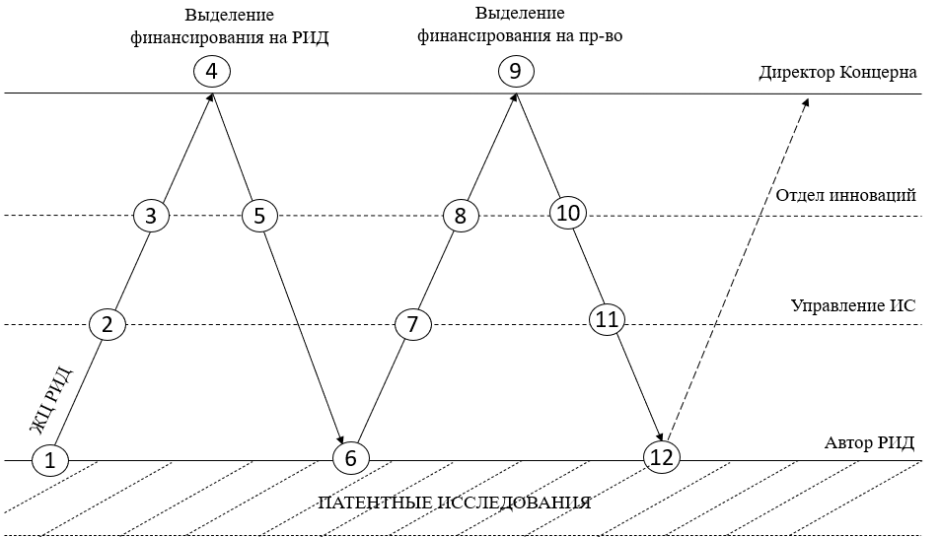


Рис. 4 – Система управления инициативными РИД в Концерне
** Разработано автором*

Среди новых положений, закрепляемых в СУИС, выносится следующие:

1. Сформировать отдельный НТЦ, разрабатывающий гражданскую продукцию. Это позволит сосредоточиться отдельному коллективу на потребностях гражданских пользователей и реализовать актуальные технологию и продукт.
2. Организовать обучение основам ИС для формирования правильного образа СУИС и значимости данных объектах среди активов организации.
3. Организовывать неформальные мероприятиях по генерированию новых идей для разработок. Что позволит раскрыть потенциал сотрудников и рассмотреть возможность применения разрабатываемых технологий в новых вариациях.

Таким образом, основным результатом работы стало создание СУИС Концерна, которая закрепляет основные положения работы с ИС в рамках деятельности организации, аккумулируя существующие практики Концерна в части патентования, работы с ГОЗ, мотивационных выплат авторам РИД, а также формулирующая разработанные условия для разработки и реализации технологий в продукции гражданского и двойного назначений, в том числе сопутствующую патентно-аналитическую поддержку.

Предложенная СУИС принята к апробации в организации.

Список использованных источников

1. Global Soft Power Index: Looking at the Star. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brandfinance.com/insights/global-soft-power-index-looking-at-the-stars (дата обращение: 17.12.2021).

2. Положение по бухгалтерскому учету «Учёт нематериальных активов» (ПБУ 14/2007). Приказ Минфина РФ от 27.12.2007 №153н (ред. от 16.05.2016). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_63465/adf2cfd636e9e799777ca5e7c8add8b722dced71 (дата обращения: 15.10.2020).
3. Международный стандарт финансовой отчётности (IAS) 38 «Нематериальные активы» Приказ Минфина РФ от 28.12.2015 №217н (ред. от 30.10.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу 01.01.2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193595/ (дата обращения: 15.10.2020).
4. Оценка нематериальных активов и интеллектуальной собственности (ФСО №11). Приказ Минэкономразвития России от 22.06.2015 №385. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181621/ff631ba752f8e88d9c21dce249455f4fc9e94455/ (дата обращения: 15.10.2020).
5. Федеральный стандарт бухгалтерского учёта государственных финансов «Нематериальные активы». Приках Минфина РФ от 15.11.2019 №181н // СПС КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_339419/f02b972b1732d679a27dd8a214bf8f8dc27ba14e/ (дата обращения: 15.10.2020).

УДК 663.91:620.2

ОЦЕНКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ШОКОЛАДА

Музинская А.Р.

Научный руководитель – Кипрушкина Е.И., доцент, доктор технических наук, доцент факультета биотехнологий

alena.muz98@mail.ru

Ключевые слова

Шоколад, фальсификация, идентификационные характеристики, сравнительный анализ, качество, безопасность.

Целью данной работы является оценивание идентификационных характеристик и показателей качества и безопасности шоколада. Основными задачами исследования являются:

1. Изучить нормативные документы, регламентирующие качество и безопасность шоколада.
2. Провести лабораторный мониторинг и сравнительный анализ образцов шоколада разных производителей в соответствии с требованиями нормативной документации.
3. Выявить возможные виды фальсификации на основании сравнительного анализа образцов шоколада различного производства.

Исследования проводились на базе Федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области» (ФБУ «Тест-С.-Петербург») и Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Санкт-Петербургу в период прохождения производственной практики и НИР.

Для исследования было отобрано 16 проб продукции из 3 категорий: шоколад молочный, шоколад с содержанием какао-бобов более 50%, кондитерская плитка. Сведения о количестве и видах проб представлены в таблице 1.

Таблица 1

Количество и виды проб для исследования

Вид шоколада	№пробы	Наименование шоколада
Шоколад с содержанием какао-бобов более 50%	1	Шоколад «Спартак «Горький-элитный 90%»
	2	Шоколад тёмный десертный «Генеральский»
	3	Шоколад горький «Бабаевский»
	4	Шоколад горький 71,6% «Ашан. Папуа-Новая Гвинея»
	5	Шоколад горький 80% «Красный Октябрь»
	6	Шоколад тёмный 52% «Яшкино»
	7	Шоколад тёмный пористый «Крупской»
Кондитерская плитка	8	Десертная плитка пористая «Каждый день»
Молочный шоколад	9	Молочный шоколад «Алёнка»
	10	Молочный шоколад «Alpen Gold»
	11	Молочный шоколад «Milka»
	12	Молочный шоколад «Победа»
	13	Молочный шоколад «Россия щедрая душа»
	14	Молочный шоколад «Organic chocolate»
	15	Молочный шоколад «Медаль»
	16	Молочный шоколад «ВкусВилл»

В данной работе были использованы органолептические и физико-химические методы исследования. Все проводимые исследования выполнялись в соответствие с ГОСТами.

В первую очередь мы изучили упаковку образцов и установили её соответствие с требованиями ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и ГОСТ-а 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия».

Согласно полученным результатам, все упаковки соответствуют требованиям ТР ТР 005/2011 и ГОСТ-у 31721-2012.

При изучении маркировки были обнаружены не соответствия с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки» и ГОСТ-а 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия».

На этикетке образцов шоколад молочный «Альпен Гольд», «Милка», «Organic chocolate» отсутствует обозначение стандарта, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт.

Также отсутствует информация о массовой доле насыщенных жирных кислот у образцов «Россия – щедрая душа», «Organic chocolate», «Медаль».

Не указано наличие трансизомеров ненасыщенных жирных кислот у образцов «Альпен Гольд», «Милка», «Победа», «Россия – щедрая душа», «Organic chocolate», «Медаль».

На этикетку у образцов «Organic chocolate» и «Медаль» не вынесена информация об общем содержание сухого остатка какао, сухом обезжиренном остатке какао, сухом общем остатке молока и молочном жире.

Также этикетка шоколада горького «Бабаевского» не надлежащего качества. Текст на этикетке расплывчатый, тяжело поддается прочтению.

После изучения маркировки нами была проведена оценка качества образцов шоколада по органолептическим показателям.

Органолептическая оценка показателей качества выполнялась в соответствие с ГОСТом 5897-90 «Международный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей».

Исследование показало, что все образцы шоколада имели ярко выраженные соответствующие вкус и запах, без посторонних привкусов и запахов, ровную блестящую лицевую поверхность с рисунком или без него, форму без деформаций, твердую консистенцию, однородную структуру. У образцов шоколада отсутствовали пороки, такие как поседение, заражение вредителями [1].

Все представленные образцы шоколада соответствовали требованиям ГОСТ 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия».

Определение массы нетто изделия выполнялось в соответствие с ГОСТом 5897-90 «Международный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей».

При проведении исследования было выявлено, что масса всех проб соответствует заявленной массе на этикетке [2].

При изучении физико-химических показателей были выявлены несоответствия с требованиями показателей качества и разночтения с информацией, указанной на этикетках.

Определение массовой доли влаги выполняется в соответствие с ГОСТом 5900-2014 «Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ». Сведения о массовой доле влаги представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследования массовой доли влаги

Торговые марки шоколадных изделий	Норма по ГОСТ 31721-2012	Массовая доля влаги, %
Шоколад молочный «ВкусВилл»	Не нормируется	2,0±0,4, % P=0,95
Шоколад молочный «Победа»		1,9±0,4, % P=0,95
Шоколад молочный «Organic chocolate»		2,2±0,4, % P=0,95

Данный показатель не нормируется гостом. Массовая доля влаги должна быть рассчитана в соответствии с расчетным содержанием по рецептуре с учетом допускаемых отклонений, указанных в рецептурах или технологических инструкциях [1].

Определение массовой доли золы выполняется в соответствие с ГОСТом 5901-2014 «Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси».

При проведении исследования было выявлено, что все исследуемые образцы шоколада соответствуют нормам ГОСТ-а 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия».

Определение содержания сухого обезжиренного остатка молока выполняется в соответствие с ГОСТом 31681-2012 «Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения содержания сухого обезжиренного остатка молока в шоколадных изделиях с молоком».

При проведении исследования было выявлено, что все исследуемые образцы шоколада соответствуют нормам ГОСТ-а 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия».

Определение массовой доли жира выполняется в соответствие с ГОСТом 31902-2012 «Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира».

При проведении исследования было выявлено, что все исследуемые образцы шоколада соответствуют нормам ГОСТ-а 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия». Но на этикетке шоколада марки «Organic chocolate» указано, что общий жир составляет 39 г от 100 г шоколада (39%), по данным исследования, данный показатель составил 36,1±0,5%.

Определение массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в шоколадных изделиях выполняется в соответствие с ГОСТом 31723-2012 «Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения содержания сухого обезжиренного остатка какао в шоколадных изделиях».

При проведении исследования было выявлено, что все исследуемые образцы шоколада соответствуют нормам ГОСТ-а 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия». Но на этикетке шоколада марки «ВкусВилл» указано, что массовая доля сухого обезжиренного остатка какао, %, не менее 5,8%, по данным исследования, данный показатель составил 4,7±0,5%.

Определение массовой доли молочного жира выполнялось в соответствие с ГОСТом 31722-2012 «Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения содержания молочного жира в шоколадных изделиях».

Исследование проводилось на газовом хроматографе «Кристалл 2000М».

При определении содержания массовой доли молочного жира было выявлено, что шоколад марки «Алёнка» содержит 0,4±0,5%, а шоколад марки «Победа» 1,6 ±0,5% молочного жира, при норме по ГОСТ-у 2,5%.

Также на этикетке шоколада марки «ВкусВилл» указано, что массовая доля молочного жира, %, не менее 4,0%, по данным исследования, данный показатель составил 2,6±0,5%.

Сведения о массовой доле молочного жира представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты исследования массовой доли молочного жира

Наименование продукта	Норма согласно ГОСТ 31721-2012	Определение массовой доли молочного жира
Молочный шоколад «Алёнка»	Не менее 2,5%	0,4±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «Alpen Gold»		5,1±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «Milka»		5,6±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «Победа»		1,6 ±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «Россия щедрая душа»		4,5±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «Organic chocolate»		4,5 ±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «Медаль»		3,5±0,5, %, P=0,95
Молочный шоколад «ВкусВилл»		2,6±0,5, %, P=0,95

Определение содержания жирных кислот выполнялось в соответствие с ГОСТом 30623-2018 «Межгосударственный стандарт. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации».

Было проведено исследование состава жирных кислот в шоколаде с содержанием какао-бобов более 50%. При обработке полученных результатов было выявлено, что у проб шоколада торговой марки «Генеральский» и «Крупской» заметно наличие примеси инородного жира. У остальных образцов было выявлено расхождение в количествах нескольких жирных кислот, что также может свидетельствовать о наличии незначительной примеси другого жира.

У образцов шоколада торговой марки «Спартак», «Ашан», «Яшкино» и «Крупской» было выявлено наличие трансизомеров жирных кислот.

Хотелось бы отметить, что на этикетках образцов шоколада марки «Спартак» и «Крупской» указано количество трансизомеров ненасыщенных жирных кислот равное 0%. На этикетке шоколада марки «Ашан» указано, что количество трансизомеров ненасыщенных жирных кислот не превышает 0,1%. Производитель шоколада марки «Яшкино» данную информацию не вынес на этикетку [3].

Результаты исследования состава жирных кислот в шоколадных изделиях с содержание какао-бобов более 50% представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты исследования состава жирных кислот в шоколаде с содержанием какао-бобов более 50%

Жирные кислоты	Жирно-кислотный состав какао-масла	Номер пробы							
		1	2	3	4	5	6	7	8
C4:0	-	-	0,1±0,2	-	-	-	-	0,2±0,2	0,1±0,2
C6:0	-	-	-	-	-	-	-	0,1±0,2	0,1±0,2
C8:0	-	-	-	-	-	-	-	0,2±0,2	0,1±0,2
C10:0	-	-	0,1±0,2	-	-	-	-	0,2±0,2	0,1±0,2
C12:0	НО	-	0,1±0,2	-	0,1±0,2	-	0,1±0,2	1,7±0,2	0,3±0,2
C14:0	до 0,2	0,3±0,2	0,3±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,2±0,2	0,3±0,2	1,1±0,2	0,7±0,2
C16:0	24,0-28,0	27±1	26±1	25±1	26±1	26±1	27±1	32±1	22±1
C16:1	до 0,5	0,3±0,2	0,3±0,2	0,3±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,3±0,2	-
C17:0	0,2-0,3	0,2±0,2	0,2±0,2	0,3±0,2	-	0,3±0,2	0,2±0,2	-	-
C18:0	29,0-38,0	36±1	36±1	34±1	37±1	36±1	35±1	31±1	10±1
C18:1 (t9)	-	-	-	-	-	0,4±0,2	-	0,3±0,2	0,4±0,2	42±1
C18:1	33,0-40,0	32±1	32±1	34±1	31±1	33±1	32±1	29±1	22±1
C18:2 (c9, t12)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3±0,2
C18:2 (t9,c12)	-	2,8±0,2	-	-	-	-	-	-	0,3±0,2
C18:2	2,0-4,0	-	2,9±0,2	4,2±0,2	2,9±0,2	3,2±0,2	3,2±0,2	2,6±0,2	1,2±0,2
C18:3	до 0,5	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	-
C20:0	0,9-1,3	1,1±0,2	1,2±0,2	1,1±0,2	1,2±0,2	1,2±0,2	1,1±0,2	1,0±0,2	0,4±0,2
C20:1	до 0,1	0,1±0,2	-	0,1±0,2	-	-	-	-	-
C22:0	до 0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,1±0,2	0,4±0,2
C24:0	до 0,1	0,1±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,2±0,2

При изучении хроматограмм образцов молочного шоколада было выявлено наличие транс-жиров у 7-ми образцов: «Alpen Gold», «Milka», «Победа», «Россия щедрая душа», «Organic chocolate», «Медаль», «ВкусВилл».

Хотелось бы обратить внимание, что у всех производителей, у которых были выявлены транс-жиры, на этикетке либо отсутствует информация о их наличие, либо сообщается о количестве транс-жиров равное 0% [3].

Результаты исследования состава жирных кислот в молочном шоколаде представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты исследования состава жирных кислот в молочном шоколаде

Жирные кислоты	Жирно-кислот-ный состав какао-масла	Номер пробы							
		9	10	11	12	13	14	15	16
C18:1 (t9)	-	-	1,0±0,2	0,3±0,2	0,8±0,2	0,4±0,2	0,3±0,2	0,2±0,2	-
C18:2 (c9, t12)	-	-	-	0,1±0,2	0,1±0,2	-	-	-	0,1±0,2

Для сравнительного анализа была исследована кондитерская плитка марки «Каждый день». К сожалению, идентификация какао плиток затруднена отсутствием ГОСТ в соответствие, с которым её можно идентифицировать. На основании полученных данных можно заметить сильное различие жирно-кислотного состава какао-масла и кондитерской плитки. Это также подтверждает отсутствие в кондитерской плитке какао-продуктов. Также кондитерская плитка содержит большое количество трансизомеров жирных кислот.

Результаты исследования состава жирных кислот в кондитерской плитке представлены в таблице 3.

На основании полученных результатов исследования мы можем выявить наличие фальсификации разных видов.

Так информационная фальсификация может быть обнаружена у таких образцов как: шоколад торговой марки «Спартак», «Ашан», «Яшкино», «Крупской», «Алёнка», «Alpen Gold», «Milka», «Победа», «Россия щедрая душа», «Organic chocolate», «Медаль», «ВкусВилл».

Качественная фальсификация может быть обнаружена у таких образцов как: шоколад торговой марки «Спартак», «Генеральский», «Ашан», «Яшкино», «Крупской», «Алёнка», «Победа», «Organic chocolate», «ВкусВилл».

По данным исследования можно сделать вывод, что у 87% образцов выявлено наличие фальсификации. Из них 34% шоколад с содержанием какао-бобов более 50%, 54% – молочный шоколад.

Из всех исследованных образцов лучшими показателями качества обладают шоколад марки «Бабаевский» и «Красный октябрь».

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Исследовано состояние проблемы по фальсификации пищевого сырья и продуктов питания. Рассмотрена проблема фальсификации шоколада.
2. Был проведен лабораторный мониторинг образцов шоколада разных торговых марок по оценке идентификационных характеристик упаковки и маркировки, по органолептическим показателям качества, размеров, массы нетто, по физико-химическим методам анализа в соответствии с требованиями нормативных и технических документов.
3. Большинство значений показателей качества исследуемых образцов соответствуют нормативным документам.
4. Сравнительный анализ образцов шоколада на соответствие ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её

маркировки», ГОСТ 31721-2012 «Шоколад. Общие технические условия», ГОСТ 5897-90 "Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей" выявил информационную фальсификацию, на основании расхождения данных в маркировке и результатов исследования у образцов «Альпен Гольд», «Милка», «Победа», «Россия щедрая душа», «Медаль» «Organic chocolate», «ВкусВилл», «Алёнка», «Ашан», «Яшкино», «Крупской», «Спартак». Качественная фальсификация может быть обнаружена у шоколада таких производителей как: «Алёнка», «Победа», «Спартак», «Генеральский», «Ашан», «Яшкино», «Крупской», «Вкусвилл», «Organic chocolate» на основании расхождения результатов исследования и норм, прописанных в нормативных документах.

Список использованных источников

1. ГОСТ 31721-2012. Межгосударственный стандарт. Шоколад. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200096908 (дата обращения: 26.06.2022).
2. ГОСТ 5897-90. Межгосударственный стандарт. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200022442 (дата обращения: 26.06.2022).
3. ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части ее маркировки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902320347 (дата обращения: 26.06.2022).

УДК 004.89, 615.47

НАДЕЖНАЯ И НОВАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ ПАЦИЕНТА ПОД НАРКОЗОМ ВО ВРЕМЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Мунассар М.А.

Научный руководитель – Соснило А.И., кандидат исторических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

al_munassar@mail.ru, ais@itmo.ru

Ключевые слова

Анестезия, Электроэнцефалограмма, интраоперационная осведомленность, глубины анестезии, медицинская технология, доза анестетика.

Анестезиология — это медицинский предмет, посвященный использованию лекарств и других средств, чтобы избавить пациентов от ощущения дискомфорта при болезненном лечении. Важно точно оценить глубину анестезии (ГА), поскольку точная оценка помогает избежать различных побочных реакций, таких как интраоперационная осведомленность с отзывом (недостаточная дозировка), длительное восстановление и повышенный риск послеоперационных осложнений для пациента. (передозировка) [1,2]. Полученные в ходе исследования данные показывают, что мониторинг глубины анестезии с помощью электроэнцефалографа (ЭЭГ) улучшает результаты лечения пациентов за счет снижения случаев интраоперационного сознания, минимизации потребления анестетика и, как следствие, более быстрого пробуждения и восстановления. Для точной оценки ГА были проведены интенсивные исследования по нахождению «конечного индекса», и были разработаны различные средства мониторинга и алгоритмы ГА. Как правило, ограничения существующих средств мониторинга ГА или новейших алгоритмов ГА включают неудовлетворительные заводские методы фильтрации данных, временную задержку и негибкость [3,4]. Целью данной диссертации является разработка надежных алгоритмов ГА для точной оценки ГА. Некоторые новые методы обработки сигналов в частотно-временной области, которые лучше подходят для нестационарных сигналов ЭЭГ, чем существующие в настоящее время методы, были предложены и применены для мониторинга ГА на основе упрощенных сигналов ЭЭГ, основанных на большом количестве программных продуктов (включая C и другие языки программирования).

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) и дискретные вейвлет-преобразования применяются для предварительной обработки данных ЭЭГ в частотной области. Методы нелокального среднего, подвижности, энтропии перестановок, сложности Лемпеля-Зива, разностного графика второго порядка и методов извлечения интервальных признаков модифицируются и применяются для исследования поведения масштабирования ЭЭГ во временной области. Мы предложили и разработали три новых индекса для идентификации, классификации и мониторинга ГА. Новые индексы оцениваются путем сравнения с самым популярным индексом BIS. Результаты моделирования демонстрируют, что наши новые методы точно отслеживают ГА во всех состояниях анестезии. Результаты также демонстрируют преимущества предлагаемых индексов в случаях плохого качества сигнала и согласованности с записями анестезиолога. Эти новые индексы показывают временную реакцию на 3,1–59,7 секунд раньше, чем BIS, при переходе от бодрствования к легкой анестезии и на 33-264 секунды раньше, чем BIS, при переходе от глубокой анестезии к умеренной анестезии.

В этом исследовании сигналы ЭЭГ со лба используются для мониторинга ГА с использованием методов анализа как во временной, так и в частотной области. Быстрое преобразование Фурье (БПФ) и дискретное вейвлет-преобразование (ДПФ) применяются для

предварительной обработки данных ЭЭГ в частотной области. Методы подвижности (M), энтропии перестановок (PE), сложности Лемпеля-Зива (LZC), графика разностей второго порядка (SODP) и методов извлечения интервальных признаков применяются для изучения поведения масштабирования ЭЭГ во временной области [5]. Концептуальная основа этого исследования представлена на рисунках 1 и 2. На основе этих вышеприведенных методов предложены и разработаны четыре новых метода (один метод шумоподавления и три индекса ГА) для мониторинга ГА, результаты которых перечислены ниже.

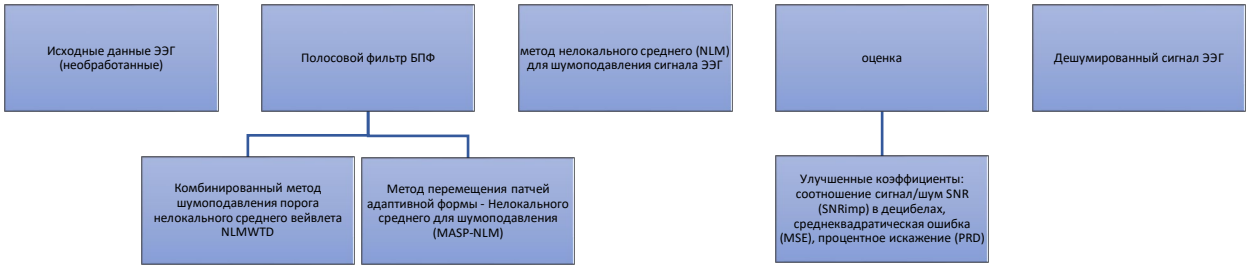


Рис. 1 – Фильтрация сигнала ЭЭГ

Для получения удовлетворительных результатов фильтрации данных был разработан модифицированный метод нелокального среднего для шумоподавления необработанных данных ЭЭГ. В качестве метода, основанного на патчах, метод нелокального среднего вычисляет взвешенную сумму патчей. Вес каждой точки определяется сходством между точками собственного участка и его соседа. На основе взвешенной суммы шум отфильтровывается. После фильтрации некоторого низкочастотного шума необработанных данных с помощью полосового фильтра FFT метод NLM впервые был применен для шумоподавления сигнала ЭЭГ. Результаты шумоподавления сравниваются с результатами популярных методов порогового шумоподавления. В среднем метод нелокального среднего обеспечивает увеличение улучшенного отношения сигнал/шум на 2,70 дБ и снижение улучшенного коэффициента процентного искажения на 0,37% по сравнению с WTD. Модифицированный метод нелокального среднего, метод движущихся адаптивных патчей формы - нелокальный метод среднего, работает даже лучше, чем исходный NLM, когда сигналы резко изменяются. Кроме того, производительность комбинированного метода NLMWTD также лучше, чем исходный метод WTD (от 0,50 дБ до 4,89 дБ выше в соотношении сигнал/шум), особенно при низком качестве сигнала.

Разрабатываются и оцениваются три новых индекса, разработанных на основе сигналов с шумоподавлением. Все они способны непрерывно оценивать ГА пациентов, в то время как качество сигнала было плохим, а популярный BIS не имел достоверных выходных данных.

На рисунке 2 показано, что сигналы ЭЭГ разных частотных диапазонов были получены с использованием полосового фильтра БПФ из данных ЭЭГ с шумоподавлением. Затем такие параметры, как Ms, LZCs, PEs и SODPs, были рассчитаны из сигналов ЭЭГ разных частотных диапазонов с использованием четырех методов выделения признаков (подвижность, сложность Лемпеля-Зива, энтропия перестановки и методы графика разностей второго порядка). После этого эти различные параметры были выбраны для формирования наборов параметров. На основе этих наборов параметров были разработаны три новых индекса ГА. В конце концов, эффективность новых индексов оценивалась путем сравнения с наиболее популярным индексом BIS и историями болезни пациентов.

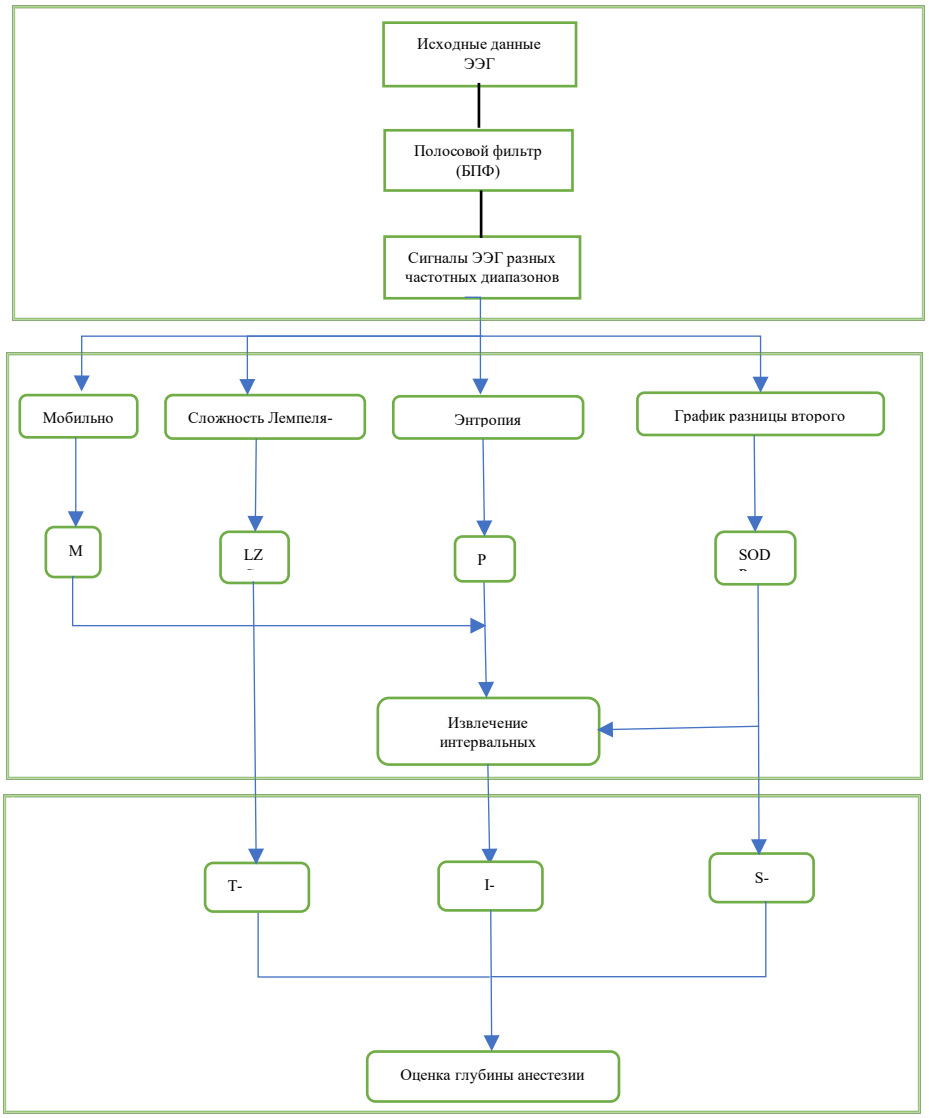


Рис. 2 – Диаграмма методологий выделения признаков и разработки индекса ГА

Чтобы уменьшить временную задержку при вычислении ГА, разработаны два новых индекса ГА. Это Т-индекс и I индекс, которые разработаны на основе параметров M, SODP, PE и LZC.

Мобильность представляет собой временную характеристику, вычисляемую из дисперсии и дисперсий сигнала и первой производной сигналов. Как графическое представление последовательных скоростей относительно друг друга, график разности второго порядка обеспечивает степень изменчивости данных. Этот метод использовался при обработке сигналов ЭЭГ и классификации. Там, параметры SODP и M впервые используются для оценки ГА.

Сложность Лемпеля-Зива и энтропия перестановки также применялись для извлечения функции из сигналов ЭЭГ в этом исследовании. В качестве эффективного метода измерения для характеристики случайности сигналов широко используется сложность Лемпеля-Зива. метод обработки биомедицинских сигналов. Энтропия перестановок, основанная на символической динамике, также была предложена для измерения сложности электроэнцефалографическая серия.

Эти новые индексы оцениваются и сравниваются с измеренными BIS. Результаты показывают, что существует очень тесная корреляция между предложенными индексами и BIS при различных состояниях анестезии. Iindex показывает более раннюю временную реакцию (3,1–59,7 секунды), чем BIS, при изменении состояния анестезии от сознания к

бессознательному состоянию. Tindex также показывает время отклика на 33–264 секунды раньше, чем BIS, от глубокой анестезии до умеренной анестезии.

Для повышения гибкости индекса ГА были разработаны три новых индекса на основе четырех различных параметров, которые рассчитываются для разных частотных диапазонов ЭЭГ. Все три индекса показывают лучшую производительность, чем индекс BIS, при плохом качестве сигнала.

В данном исследовании отмечены проблемы помехоустойчивости существующих методов оценки ГА. В некоторых случаях популярный индекс BIS не имеет действительных выходных данных или показывает неверные результаты ГА из-за шума. Тем не менее, новые индексы могут точно оценивать состояние анестезии пациентов в соответствии с историями болезни.

Кроме того, для повышения надежности алгоритмов ГА применялся метод интервальных признаков. Признаки, полученные из различных сегментов сигнала, называемые «интервальными признаками», могут привести к высокой точности классификации [6]. Используя метод интервальных признаков, можно не только извлечь больше признаков из одних и тех же сигналов, но также получить интервальные признаки разной длины. Новый Iindex разработан на основе интервальной разностной диаграммы второго порядка (ISODP) и методики интервальной перестановочной энтропии (IPE). ISODP и IPE делают новый индекс ГА более гладким, чем индекс BIS, и четко реагируют на изменение тенденций индекса, что видно из большинства примеров этого исследования.

Для оценки эффективности методов шумоподавления используются улучшение SNR (SNRimp) в децибелах, среднеквадратическая ошибка (MSE) и процентное искажение (PRD) [7]. Чтобы сравнить различные алгоритмы шумоподавления без влияния шума, MSE и PRD улучшены следующим образом.

Список использованных источников

1. Alfeeli B., Agah M. MEMS-based selective preconcentration of trace level breath analytes. Sensors Journal, IEEE. – 2019. – V.9. – №9. – Pp. 1068-1075.
2. Al-kadi M.I., Reaz M.B., Ali M.A. Evolution of electroencephalogram signal analysis techniques during anesthesia. Sensors (Basel). – 2018. – V.13, №5. – Pp. 6605-6635.
3. Diykh M., Li Y., Wen P., Li T. Complex networks approach for depth of anesthesia assessment. Measurement. – 2018. – №119. – Pp. 178–189.
4. Kusumandari D., Suhendra M., Amri M., Simbolon A., Rizqyawan M., Wardono P., Fauzan A., Turnip A. Comparison of EEG sleep characteristic with music and aromatherapy stimuli. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. – 2018. – P. 012050.
5. Liu Q., Ma L., Fan S.-Z., Abbod M.F., Shieh J.-S. Sample entropy analysis for the estimating depth of anaesthesia through human EEG signal at diferent levels of unconsciousness during surgeries. – 2018 . – Pp. 20-32.
6. Yildirim P., Birant K.U., Radevski V., Kut A., Birant D. Comparative analysis of ensemble learning methods for signal classifcation // 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). IEEE, Izmir. – 2018. – Pp. 1–4.
7. Zhang Y., Wang Y., Jin J., Wang X. Sparse Bayesian learning for obtaining sparsity of EEG frequency bands based feature vectors in motor imagery classifcation // Int J Neural Syst . – 2017. –V.27. – №02. – P. 1650032.

УДК 621.375.8

ИССЛЕДОВАНИЕ И КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СТАБИЛИЗИРУЕМОГО УРОВНЯ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ЭРБИЕВОГО УСИЛИТЕЛЯ

Назаренко В.Н.

Научный руководитель – Алейник А.С., кандидат технических наук, доцент института "Высшая инженерно-техническая школа", заведующий лабораторией и технический директор научно-исследовательского центра световодной фотоники

vladnaz411@gmail.com

Ключевые слова

Эрбиевый усилитель, эрбиевое оптическое волокно, стабилизируемая мощность, температурная зависимость, компенсация температурной зависимости.

Волоконно-оптическая связь в настоящее время считается одной из самых надежных телекоммуникационных технологий для удовлетворения потребностей потребителей. Одним из важнейших факторов, ограничивающих дальность передачи в волоконно-оптических системах связи, являются потери оптической мощности, вызванные механизмами рассеяния и поглощения в волокне. Одним из решений является использование электронных ретрансляторов для компенсации потерь мощности, что увеличивает длину ретрансляционного участка. Использование таких повторителей в ВОЛС усложняет и удорожает эти системы. Оптические усилители, с другой стороны, представляют собой устройства, которые усиливают входящие световые сигналы в самой оптической области без преобразования оптического сигнала в электрический [1].

К подводным эрбиевым усилителям предъявляются особенные требования, такие как повышенная температурная стабильность, повышенная механическая прочность и способность выдерживать давление воды – до 75 МПа. На все компоненты ВОЛС, эксплуатирующиеся под водой, налагаются повышенные требования по надежности, качеству производства, и сроку эксплуатации (25 – 30 лет) [2].

Волоконно-оптический эрбиевый усилитель состоит из активного эрбиевого волокна, одного или нескольких лазеров накачки, оптических изоляторов и разветвителей.

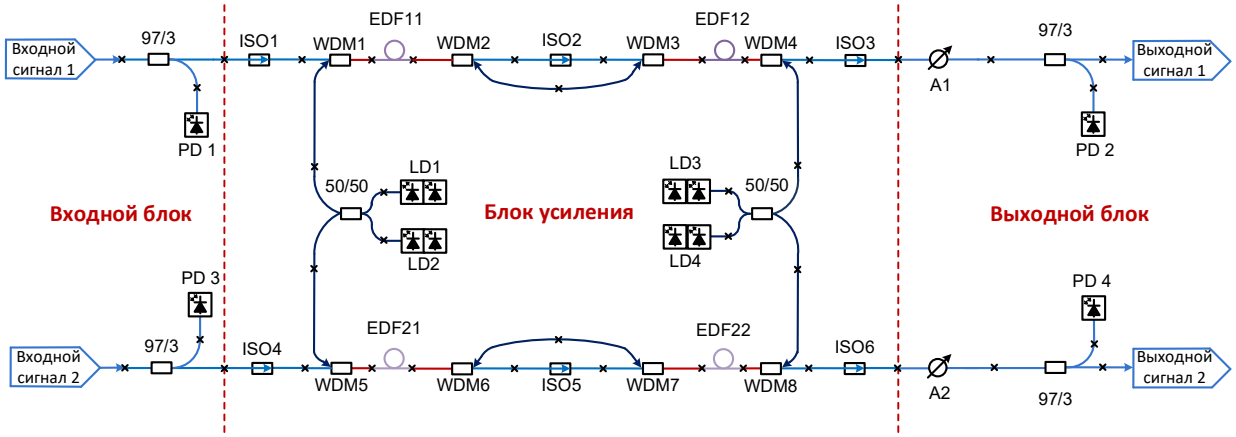


Рис. 1 – Схема конфигурации ВОЭУ

На рисунке 1 представлена схема двухканального двухкаскадного волоконно-оптического эрбиевого усилителя с двунаправленной накачкой. Текущая конфигурация позволяет усиливать оптический сигнал двух линий одновременно. Для описания принципа

работы ВОЭУ его конфигурацию условно можно разделить на три составные части: входной блок, блок усиления и выходной блок.

Входной блок состоит из входного оптического волокна, оптического разветвителя с коэффициентом деления 97/3 и фотодиода. Входной блок выполняет функцию измерения уровня мощности входного оптического сигнала.

Процесс усиления оптического сигнала в текущей конфигурации ВОЭУ осуществляется при помощи двух участков активного эрбиевого волокна, обозначенных на схеме EDF1 и EDF2 соответственно. Блок усиления в данной конфигурации обеспечивает усиление входного оптического сигнала. Процесс сонаправленной накачки двух каскадов усиления осуществляется с помощью излучения от двух лазерных диодов накачки ЛД 1 и ЛД 2, которые имеют узкую полосу излучения в области 976 нм и 974 нм соответственно. Связь между каскадами усиления ВОЭУ обеспечивают компоненты, изображенные на схеме между участками активного эрбиевого волокна. Два оптических мультиплексора позволяют проходить излучению сонаправленной накачки во второй каскад усиления и излучению обратной накачки в первый каскад усиления. Процесс обратной накачки двух каскадов усиления происходит аналогичным образом при помощи лазерных диодов накачки ЛД3 и ЛД4. Таким образом, входное оптическое излучение усиливается двумя каскадами усиления с помощью двунаправленной накачки и попадает в выходной блок ВОЭУ.

Выходной блок волоконно-оптического эрбиевого усилителя выполняет функцию измерения и контроля мощности выходного оптического сигнала. Перестраиваемый оптический аттенюатор позволяет регулировать коэффициент усиления ВОЭУ. При прохождении через разветвитель мощность выходного оптического сигнала делится при помощи разветвителя в соотношении 97 на 3, где 3% излучения попадает на выходной фотоприемник, детектирующий уровень мощности выходного оптического сигнала. Режим стабилизации выходной мощности волоконно-оптического эрбиевого усилителя функционирует на основании показаний выходных фотоприемников.

Режимы работы волоконно-оптического эрбиевого усилителя могут быть проиллюстрированы при помощи рабочего диапазона допустимого уровня входной и выходной оптической мощности, изображенного на рисунке 2.

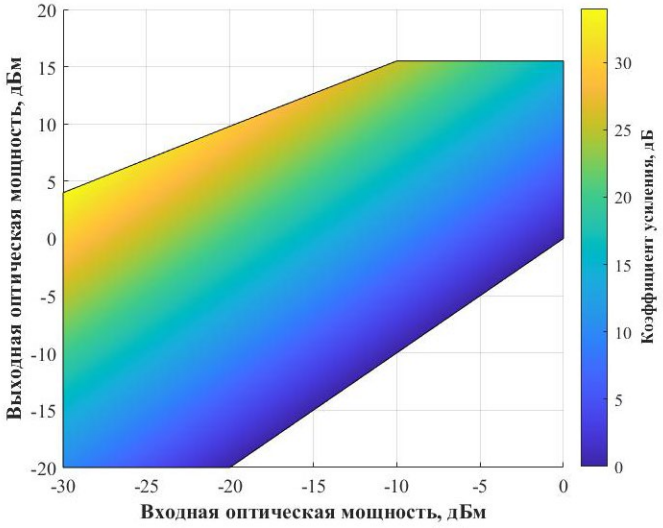


Рис. 2 – Диапазон рабочих входных и выходных мощностей ВОЭУ

Диапазон рабочих входных и выходных мощностей ВОЭУ описывает режимы работы волоконно-оптического эрбиевого усилителя, при которых уровень стабилизируемой выходной мощности имеет отклонение от устанавливаемой не более чем на 1 дБ.

Исследование температурной зависимости стабилизируемого уровня мощности выходного оптического сигнала заключается в тестировании режимов работы ВОЭУ, соответствующих всему допустимому диапазону входных и выходных мощностей,

изображенных на рисунке 2, на рабочем диапазоне температур. Диапазон температуры внешней среды, при которой уровень стабилизируемой выходной мощности ВОЭУ должен иметь отклонение не более чем на 1 дБ, составляет от –4°С до +45°С.

Испытания ВОЭУ проводились при граничных значениях рабочего температурного диапазона: при предельной рабочей пониженной температуре (–4°С) и при предельной рабочей повышенной температуре (+45°С). В результате тестирования ВОЭУ при воздействии различной температуры внешней среды были получены зависимости отклонения измеренной выходной мощности ВОЭУ от устанавливаемой при пониженной и повышенной рабочих температурах, изображенные на рисунке 3.

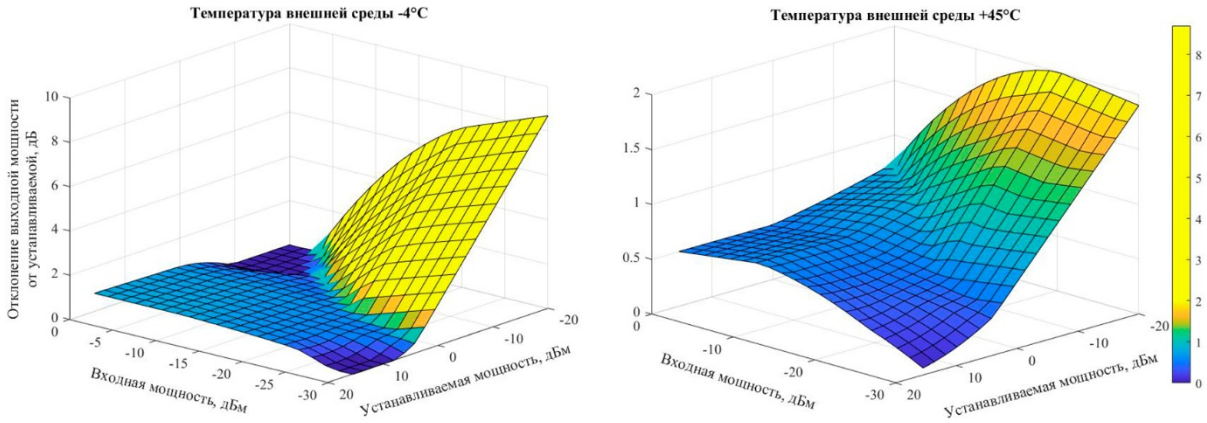


Рис. 3 – Зависимость отклонения выходной мощности при температуре -4°С и при температуре +45°С

При пониженной рабочей температуре максимальное отклонение выходной мощности составило 8,7 дБ, при рабочей повышенной температуре – 1,9 дБ, что превышает предельное допустимое отклонение стабилизируемого уровня выходной мощности. При тестировании рабочего диапазона ВОЭУ как при повышенной температуре, так и при пониженной температуре максимальное отклонение было зафиксировано при устанавливаемой выходной мощности на уровне -20 дБм.

Так как режим стабилизации выходной мощности волоконно-оптического эрбиевого усилителя функционирует на основе показаний выходных фотоприемников было принято решение проанализировать температурные зависимости приемного оптического модуля.

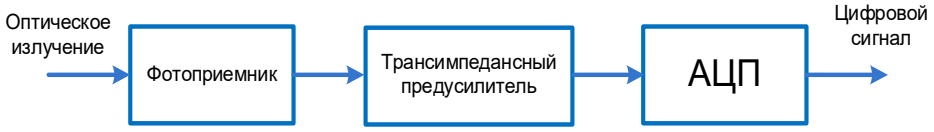


Рис. 4 – Структурная схема приемного оптического модуля

Структурная схема приемного оптического модуля изображена на рис. 4. Функционально приемный оптический модуль состоит из трех основных элементов: фотоприемника, который генерирует ток, пропорциональный падающей оптической мощности, трансимпедансного усилителя, который преобразует ток в напряжение и аналогово-цифрового преобразователя, позволяющего переводить входное напряжение в цифровую форму.

Основными составляющими температурной зависимости приемного оптического модуля являются темновой ток фотоприемника, напряжение и ток смещения трансимпедансного усилителя, и также изменение напряжения источника опорного напряжения АЦП. В таблице 1 приведены результаты анализа температурных зависимостей компонентов приемного оптического модуля, свидетельствующие о величине предельного изменения оптической мощности при рабочем температурном диапазоне.

Таблица 1

Сравнение температурных зависимостей компонентов приемного оптического модуля

Составляющая температурной зависимости	Предельное изменение оптической мощности на рабочем температурном диапазоне
Темновой ток фотодиода	0,12
Напряжение смещения ОУ	72
Ток смещения ОУ	0,06
Изменение параметров АЦП	4,5

Для разработки алгоритма компенсации температурной зависимости стабилизируемого уровня выходной оптической мощности ВОЭУ необходимо исследование температурной зависимости показаний выходных фотоприемников. Был проведен эксперимент, в ходе которого детектировались показания выходных фотоприемников, выходной мощности, измеряемой анализатором спектра и показания внутреннего датчика температуры.

В результате проведения данного исследования были получены зависимости отклонения показаний выходных фотоприемников от выходной мощности, детектируемой анализатором спектра, изображенные на рисунке 5.

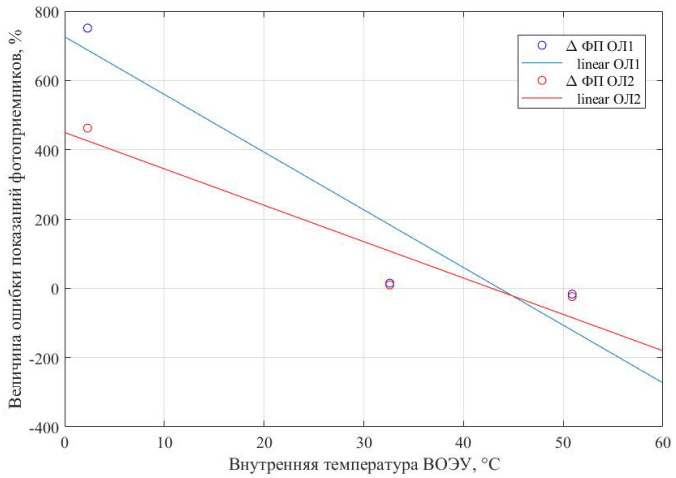


Рис. 5 – Зависимость отклонения показаний выходных фотоприемников относительно выходной мощности, детектируемой анализатором спектра

Так как алгоритм температурной компенсации должен быть реализован в ПЛИС, для упрощения реализации алгоритма было решено аппроксимировать результаты температурной зависимости с помощью линейной функции. Аппроксимация проводилась методом наименьших квадратов.

Показания фотоприемников в цифровом виде при отсутствии входной оптической мощности имеют ненулевые значения, которые фиксируются на этапе калибровки. Они называются смещениями выходных фотоприемников.

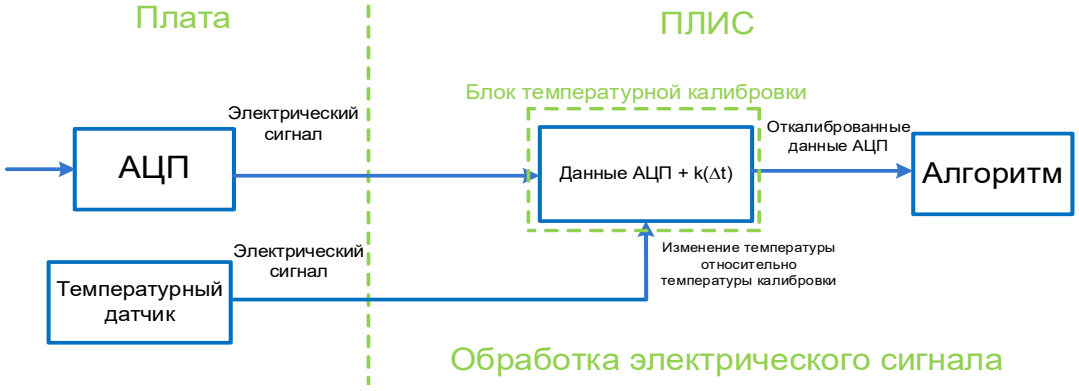


Рис. 6 – Принципиальная схема работы алгоритма температурной компенсации

Принцип работы алгоритма температурной компенсации, изображенный на рисунке 6, заключается в изменении смещений выходных фотоприемников в процессе работы волоконно-оптического эрбиевого усилителя в зависимости от показаний внутреннего датчика температуры. Результаты тестирования алгоритма температурной компенсации представлены на рисунке 7.

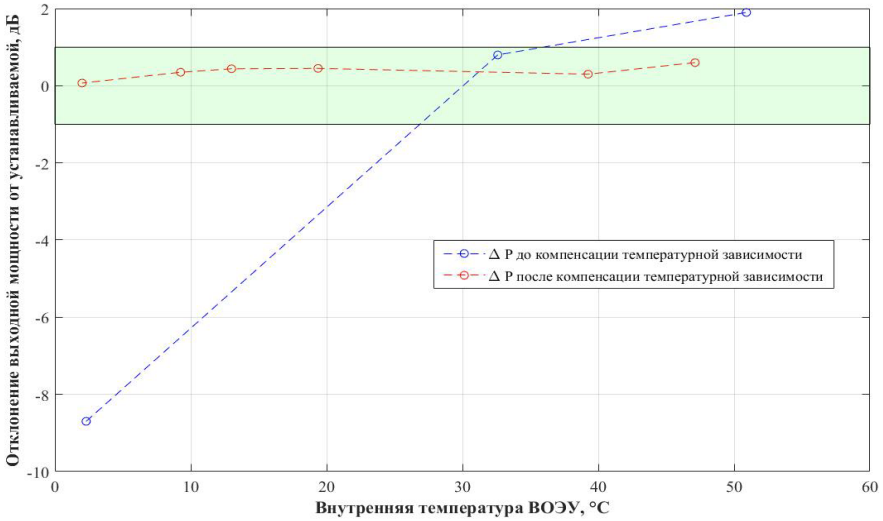


Рис. 7 – Зависимость отклонения детектируемой выходной мощности анализатором спектра от устанавливаемой

В работе проведен анализ схемы построения ВОЭУ и описаны ее основные элементы. Проведено исследование температурной зависимости стабилизируемого уровня выходной мощности ВОЭУ, в результате которого было выявлено, что наибольшее влияние температура внешней среды оказывает на показания стабилизируемого уровня выходной оптической мощности при установке на выходе ВОЭУ мощности на уровне –20 дБм. Наибольшее отклонение между устанавливаемой мощностью и измеренной при помощи внешнего анализатора спектра составило 8,7 дБ при температуре окружающей среды минус 4°С. При рабочей повышенной температуре плюс 45°С отклонение детектируемой мощности от устанавливаемой составило 2 дБ. Была разработана модель компенсации температурной зависимости стабилизируемого уровня выходной мощности ВОЭУ. Проведено исследование ВОЭУ с компенсированной температурной зависимостью стабилизируемого уровня выходной мощности, в результате которого величина отклонения стабилизируемого уровня выходной мощности волоконно-оптического эрбиевого усилителя при рабочей пониженной температуре минус 4°С была снижена в 37,1 раз и при рабочей повышенной температуре плюс 45°С была снижена в 3,9 раза.

Список использованных источников

1. Vostrikov E. et al. Stabilisation of central wavelength of erbium-doped fibre source as part of high-accuracy FOG // IET Optoelectronics. – 2020. – Т. 14. – №4. – С. 218-222.
2. Залесская Ю.К., Кикилич Н.Е., Виноградов А.В., Алейник А.С. Исследование параметров оптической схемы внутреннего блока подводного телекоммуникационного эрбиевого оптического усилителя // Сборник трудов VIII конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 15-19 апреля 2019г.). – 2019. – Т. 2. – С. 113-118.

УДК 338.242

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Павлюков А.В.

Научный руководитель – Торосян Е.К., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

off.mail.pavlyukov.a.v@gmail.com, etorosyan@mail.ru

Ключевые слова

Социальные инвестиции, национальные проекты, Российская Федерация, инвестиции, регулирование социальных инвестиций, эффективность реализации национальных проектов, Санкт-Петербург, регулирование, эффективность.

Страны, обладающие всевозможными ресурсами и потенциалом к их эффективной реализации в большинстве случаев, стремятся к движению вперед, которое в последствии выражается в виде социально-экономического развития страны.

Данный фактор также не обошел и Российскую Федерацию, обладающую многочисленными ресурсами и потенциалом к их эффективной реализации при правильном, точном и последовательном управлении, инвестировании и реализации проектов.

На основании Указа Президента РФ №204 от 07.05.18 «О национальных целях и стратегических задач развития до 2024 г.» были предложены и разработаны национальные проекты, призванные решать социально-экономические проблемы населения по следующим направлениям: образование, демография, культура и другие [1]. В связи со стремительным изменением в социально-экономическом состоянии Российской Федерации в начале 2020 года, вызванное коронавирусом, а также кризисом, как внутренним, так и мировым, к чему действующая система регулирования социальных инвестиций была совершенно не готова.

Актуальность изучения социальных инвестиций и процесса их эффективного регулирования обусловлена тем, что в сложившейся сегодня ситуации особенно важно незамедлительно реагировать на изменения в социально-экономическом состоянии Российской Федерации при осуществлении национальных проектов. В связи с этим существует запрос на более гибкий управленческий инструмент.

Тема магистерской диссертации часто рассматривалась на примерах различных зарубежных стран в форме статей.

Например, в статье Дорожкина Т.В., Щербакова Е.С., Гусакова А.А. «Социальный аспект национальных проектов: опыт Китая» рассматривается опыт реализации национальных проектов Китая, как выход из кризиса, так и повышения социально-экономического состояния страны. «Особенности финансирования проектов развития в национальной региональной политике ЕС», рассматривал государственные программы ЕС в рамках, в которых формировались и утверждались проекты, а также проводились конкурсные процедуры по привлечению социальных инвестиций на реализацию проектов. Громов А.Д. «Влияние государственных расходов на экономический рост», рассматривал влияние государственных инвестиций на реализацию национальных проектов в рамках социально-экономического развития страны.

Во многих исследованиях с частой периодичностью затрагиваются такие проблемы, как некачественно разработанные проекты, либо их отсутствие, низкая эффективность реализации проектов, низкий уровень исполнения социальных инвестиций, как со стороны государства, так и со стороны заинтересованных инвесторов, отсутствие четкой системы регулирования социальных инвестиций, нехватка высококвалифицированных управленцев и слабый уровень государственной проектной деятельности.

Социальные инвестиции – инвестиции, направленные на решение важных не только социальных, но и экономических проблем населения.

Социальные инвестиции способствуют повышению уровня и качества жизни населения, обеспеченности гражданской инфраструктурой в конечном счете, степени развития человеческого капитала страны. Формируются основы для социально-экономического развития страны [2].

Например: Современная природная экосистема и экология регионов Российской Федерации, где сосредоточена значительная часть объектов промышленного производства сталкиваются со следующими актуальными проблемами, среди которых [3]:

- загрязнение атмосферного воздуха из-за различных аварий техногенного характера, лесных и степных пожаров и т.д.;
- размещение и захоронение отходов производства промышленных объектов, которое резко обострилось в последние годы;
- недостаточное финансирование в модернизацию технологий жилищно-коммунальных предприятий в сфере энергоснабжения, водоснабжения и водоочистки;
- рост выбросов CO_2 из-за высокой доли промышленного сектора в структуре валового внутреннего продукта;
- высокая степень износа основных фондов.

Для того, чтобы повысить уровень эффективности системы управления экологической безопасности для обеспечения устойчивого развития промышленных регионов нашей страны, необходимо достижение целей, поставленных в рамках национального проекта «Экология».

Главной целью национального проекта «Экология» выступает кардинальное решение и улучшение экологической обстановки с задачей положительного влияния на оздоровление и состояние здоровья россиян. Начало реализации данного национального проекта взято с 1 октября 2018 года, а срок длительности заканчивается 31 декабря 2024 года.

В рамках финансирования национального проекта «Экология» суммарно планируется затратить 4,041 трлн. руб., средств, из которых [3]:

– внебюджетные источники – 3,206 трлн. руб.;
– федеральный бюджет – 0,701 трлн. руб.;
– бюджеты субъектов РФ – 0,133 трлн. руб.

Подробными целями реализации национального проекта «Экология» выступают [3]:

- увеличение количества ликвидированных несанкционированных свалок до 191 единиц;
- снижение уровня загрязнения воздуха выбросами промышленных предприятий;
- экологическая реабилитация водных объектов;
- введение 7 комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов первого и второго класса опасности;
- снижение объема выбросов вредных веществ в городах России на 22%;
- восстановление площади водных объектов до 23,5 тысяч гектаров.

Рис. 1 – Выбросы загрязняющих атмосферу веществ в России [3]

Согласно статистической информации Росстата, представленной на рисунке 1, в России наблюдается сокращение выброса веществ, которые загрязняют атмосферу нашей страны.

Стоит обратить внимание, что с 2015 по 2019 гг. выбросы вредных веществ в атмосферу снизились с 31,269 млн тонн до 22,735 млн. тонн. В первую очередь, это возможно благодаря активной политике органов государственной власти по противодействию выбросов вредных веществ в окружающую среду со стороны промышленных объектов и компаний, осуществляемых в рамках реализации национального проекта «Экология».

На рисунке 2 представлены источники формирования социальных инвестиций для реализации национальных проектов.

Рис. 2 – Источники социальных инвестиций [1]

Основными источниками социальных инвестиций, являются: федеральные и региональные инвестиции, государственные фонды и инвесторы.

На основании Постановления Правительства Санкт-Петербурга №591 от 02.09.19 г., регулирование социальных инвестиций в г. Санкт-Петербурге осуществляет региональный проектный офис [4].

В г. Санкт-Петербурге роль регионального проектного офиса выполняет Администрация Губернатора Санкт-Петербурга Проектное управление – проектный офис.

Основные функции регионального проектного офиса:

- регулирование осуществления региональных проектов и выполнение функций;
- утверждение паспортов проектов, обращения на корректировку паспортов проектов;
- утверждение плана работ над проектами;
- отслеживание осуществления проектов, предоставление отчетов по проектам выполняется командой по реализации проектов в Информационной системе проектной деятельности, подготовка рекомендаций по внесению корректировок в проекты;
- оценка рисков проектов и подготовка предложений по их устранению;
- продвижение Государственной информационной системы Информационная система управления проектами;
- отслеживание работы команд по реализации проектов относительно занятости и высококвалифицированности;
- отслеживание сроков осуществления проектов.

На рисунке 3 представлен анализ процесса регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации на примере г. Санкт-Петербурга.

Наименование проекта	Эффективность реализации	Достижение целевого показателя	Инвестиций, млн. руб.
Развитие здравоохранения	90,7%	90,3%	210 980,4
Развитие образования	98,5%	100,0%	152 228,8
Социальная поддержка	84,7%	77,8%	93 775,5
Физкультуры и спорта	97,5%	98,6%	15 351,5
Развитие транспортной системы	92,5%	95,2%	131 892,7
Законность	94,4%	96,5%	11 829,1
Комплексное развитие коммунальной инфраструктуры	97,1%	99,6%	65 388,6
Культура	91,9%	94,8%	32 040,2
Обеспечение доступным жильем	97,0%	99,0%	45 129,0
Благоустройство	97,0%	98,9%	7 495,0
Экономика знаний	90,1%	86,4%	359,2
Промышленность	98,2%	99,5%	2 221,3
Содействие занятости	97,6%	98,5%	7 260,5
Предпринимательство	93,3%	94,4%	5 448,2
Повышение эффективности государственного управления	98,3%	99,6%	11 846,4
Развитие территорий	89,6%	93,1%	15 551,0
Общественное согласие	97,1%	100,0%	6 151,6
Туризм	100,0%	100,0%	459,7
Итого	94,8%	95,7%	815 408,7

Рис. 3 – Эффективность реализации национальных проектов в г. Санкт-Петербурге [5]

По итогам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что в г. Санкт-Петербурге наблюдается достаточно высокая эффективность реализации национальных проектов.

Но, есть ряд проектов требующие особого внимания (выделенные желтом), среди них: Социальная поддержка, экономика знаний и развитие территорий (эффективность реализации ниже 90%). Эффективность реализации и достижения целевых показателей 90 и более процентов является показателем эффективной реализации национальных проектов. Далее была обусловлена необходимость разработки системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации.

Проведя анализ эффективности реализации национальных проектов в Российской Федерации представленного на рисунке 4, прослеживается достаточно низкая эффективность реализации национальных проектов, а также были выявлены основные проблемы, влияющие на эффективность реализации национальных проектов 90% и более.

Национальные проекты	Инвестиции на 2020 год, млн. руб.	Эффективность реализации за первые 4 месяца 2020 года
Демография	750,1	29%
Здравоохранение	315,5	44,5%
Образование	155,8	16,6%
Жилье и городская среда	112,9	34,3%
Экология	95,1	11,3%
Безопасные и качественные автомобильные дороги	108,4	8%
Производительность труда и поддержка занятости	7,8	23,2%
Наука	47,3	23,6%
Цифровая экономика	150,9	5,8%
Культура	17,3	25,7%
Малое и среднее предпринимательство	53,9	21%
Международная кооперация и экспорт	81,9	8,8%
Коплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры	381,1	20,1%
Итого	2278	20,9%

Рис. 4 – Эффективность реализации национальных проектов в Российской Федерации [6]

Основные проблемы, влияющие на эффективность реализации национальных проектов в Российской Федерации:

- низкий уровень исполнения инвестиций;
- инвестиции по проектам не сбалансированы;
- замещение инвестиционных затрат на одни проекты, инвестиционными затратами на другие проекты;
- непрозрачность исполнения инвестиций;
- непрозрачность проектов;
- из отчета Счетной Палаты РФ: не согласованность целей проектов, отсутствие подробной статистики по реализации национальных проектов, нарушение дедлайнов при утверждении планов проектов;
- низкая эффективность государственного инвестирования;
- увеличение процентной ставки по кредитам;
- зависимость от импорта.

Таким образом, устранив выявленные проблемы, посредством разработки системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации, будет способствовать эффективной реализации национальных проектов, выражающейся в виде социально-экономического развития страны.

Взяв за основу опыт регулирования национальных проектов в г. Санкт-Петербурге и выявленные проблемы в регулирования национальных проектов в Российской Федерации была разработана архитектура системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации, представлена на рисунках 5–6.

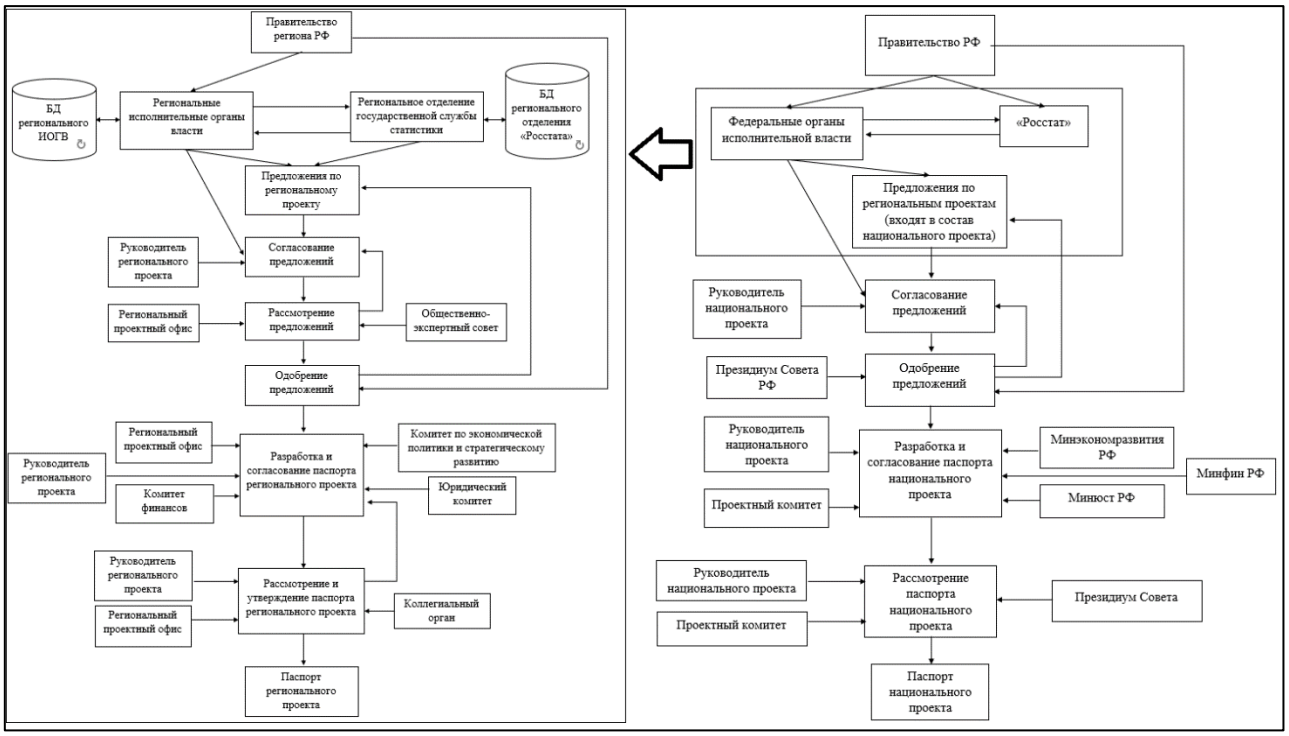


Рис. 5 – Структурная схема «Системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации»

Обусловлено влияние разработанной системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации на эффективность реализации национальных проектов.

На рисунке 7, представлена структурная схема влияния системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации на три основных модуля управленческий, проектный и инвестиционный.

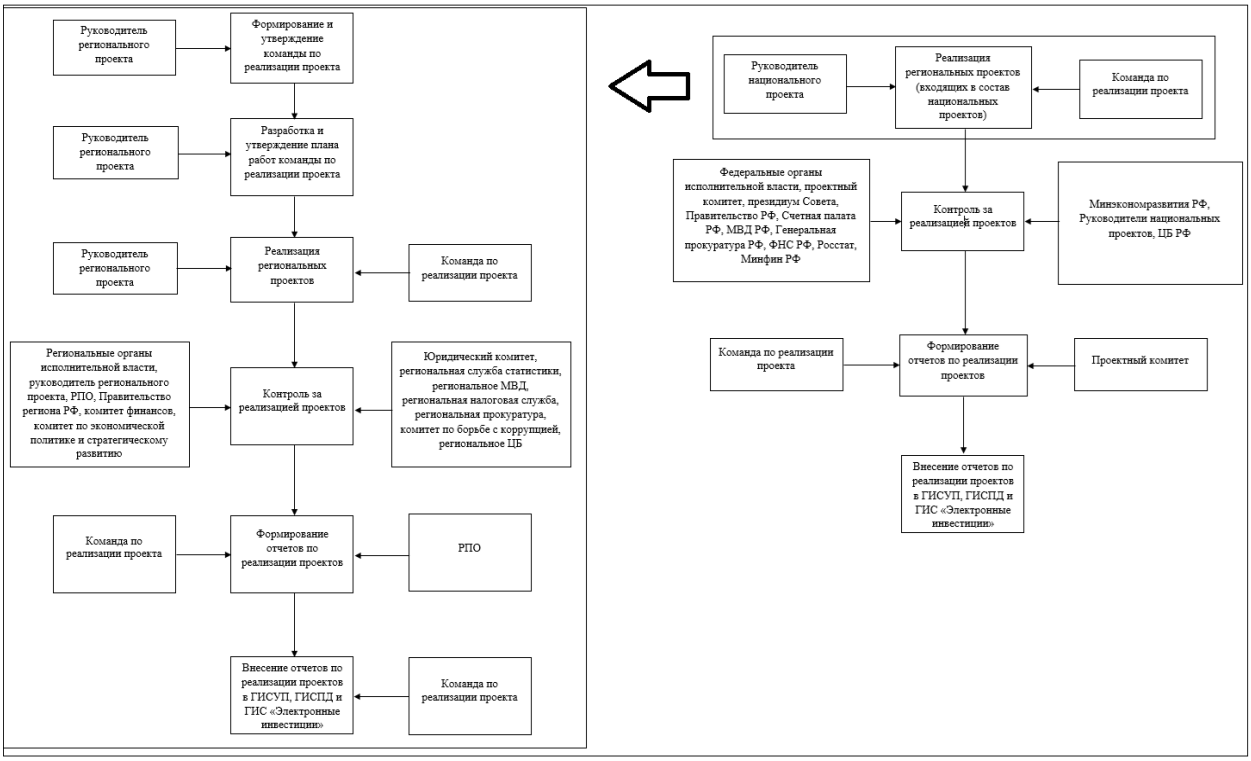


Рис. 6 – Структурная схема «Системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации»

Рис. 7 – Влияние системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации на эффективность реализации национальных проектов

Влияние системы регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации на данные три модуля будет способствовать эффективной реализации национальных проектов.

Таким образом, система регулирования социальных инвестиций в Российской Федерации становиться наиболее автоматизированной и оптимизированной, способной решать поставленные задачи и возникающие проблемы для эффективной реализации национальных проектов, что в последствии будет выражаться в виде социально-экономического развития России.

Список использованных источников

1. Правительство России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru. (дата обращения: 01.12.2020).
2. Павлюков А.В., Язев Я.В., Пашинцева В.С., Хэлльстром А.К., Хэлльстром Д.А.

Социальные инвестиции и их влияние на экономическое развитие государства // Экономические науки. – 2021. – №8(201). – С. 53–56.
3. Язев Я.В., Павлюков А.В., Волков А.Р., Павлова Е.А., Канунникова К.И. Роль национального проекта «Экология» в изменении неблагоприятной экологической обстановки, сложившейся в России // Финансовая экономика. – 2021. – №12. – С. 346–348.
4. Администрация Губернатора Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru. (дата обращения: 23.02.2022).
5. Комитет по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cedipt.gov.spb.ru. (дата обращения: 25.02.2022).
6. Национальные проекты: ожидания, результаты, перспективы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://raexpert.ru/researches/national_project_2020/. (дата обращения: 21.02.2022).

УДК 001.895

БИЗНЕС-ТЕЗИС "IONTRACK": РАЗРАБОТКА И КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ МОМЕНТАЛЬНОГО БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЛЮНЫ НА МАКРОЭЛЕМЕНТЫ

Панова Е.И.

Научный руководитель – Силакова Л.В., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

Evgeniyapanova1996@gmail.com

Ключевые слова

Оцифровка анализов, биохимический анализ слюны, химические сенсоры, умная корректировка питания, экспресс-тест, трансляция результата анализов в приложение, макроэлементы

Актуальность исследования обуславливается современными требованиями к уровню медицинского обслуживания, в частности персонализации медицины, в том числе с использованием приборов «домашней медицины». Однако, в подавляющем большинстве случаев, анализ биологических жидкостей остаётся недоступным в «домашнем» режиме или в режиме реального времени, так как такого рода исследования проводятся обычно в центральных лабораториях больниц при помощи стационарного дорогостоящего оборудования. Трудоемкость подобного анализа указывает на необходимость разработки более быстрой аналитической стратегии для получения количественной информации о жизненно необходимых элементах. Анализ макроэлементов в слюне уже довольно долгое время используется для тестирования различных заболеваний, как наиболее простой и неинвазивный метод, поэтому было принято разработать инновационную тест-систему, в работе которой используется слюна. Преимущество нашего анализа заключается в скорости и простоте анализа макроэлементов в слюне, именно это является важным результатом нашей разработки. Наша методика позволят получить результат быстро в любой обстановке и дать пациенту важный сигнал о нарушениях в работе организма и послужить стимулом для визита к врачу для более подробного исследования на высокотехнологичном оборудовании.

Результатом функционирования научно-технического продукта является предоставление информации о концентрации макроэлементов в слюне человека посредством вывода таблицы данных с результатами на экран смартфона в среде специально разработанного программного обеспечения (мобильного приложения).

Рассматривая в качестве конкурентов мобильные приложения, которые позволяют сдать кровь в лабораториях и загрузить результат в личный кабинет для получения расшифровки результата анализов можно выделить два ключевых игрока на рынке России – OTRI и BioniQ. OTRI предоставляет рекомендации на основе регулярных анализов крови и тщательного трекинга активности, что позволяет отслеживать ключевые показатели здоровья и корректировать отклонения до того, как они станут проблемами. Заказ анализов с выездом медработника осуществляется с помощью мобильного приложения, в нём же отслеживаются ключевые показатели здоровья, на основе которых предлагаются рекомендации по питанию и корректируются отклонения. BioniQ предлагает персонализированные витамины на основе выполненного анализа крови. В программу также входят консультации с нутрициологами и удобный личный кабинет. Как мы видим по таблице, наш разрабатываемый продукт выигрывает в скорости и неинвазивности анализа, а также в портативности устройства, соответственно проект является конкурентноспособным на рынке России.

Таблица

Основные характеристики продукта и преимущества перед аналогами

Параметр	Создаваемый продукт Ion Track	OTRI	BioniQ
Технические параметры	Пластина 4×1,5 см, мобильное приложение	Мобильное приложение	Мобильное приложение
Анализируемые параметры	K, Na, Ng, Cl, Ca, Fe, Zn	Компоненты крови	Компоненты крови
Объект анализа	Слюна	Кровь	Кровь
Стоимость (в рублях)	700	5390–24990	6990 – 30000
Отбор пробы	Самостоятельный	Вызов медработника на дом (не во всех городах доступно)	Вызов медработника на дом (не во всех городах доступно)
Время	Пара минут	Неделя	1–2 недели

Научно-техническая новизна проекта заключается в следующем:

- впервые мониторинг состояния организма предлагается осуществлять при помощи биологической жидкости из ротовой полости, на основе исследований, подтверждающих корреляцию содержания макроэлементов в крови и в слюне. Такой способ позволяет осуществлять неинвазивный мониторинг состояния организма, без вмешательства специалиста;
- полимерные сенсорные пленки, чувствительные к различным макроэлементам собраны в единой сенсорной платформе, благодаря чему возможно осуществление моментального биохимического анализа по всем элементам сразу (рис.1);
- показана возможность проведения такого анализа при помощи камеры мобильного телефона. Исследованы причины погрешностей и способы их минимизации в процессе такого анализа;
- показана возможность использования единой буферной системы для различных образцов слюны, так как все составы для мембранных композиций подбираются под определенный pH, который буферная система задает;
- состав сенсорного слоя подбирается под необходимый физиологический диапазон концентраций аналита в биологической жидкости. Уникальность этого подхода заключается в том, что существующие оптические сенсоры имеют эмпирически подобранный состав, без применения математических моделей;
- считывание аналитического сигнала, его обработка и расчет концентраций производится при помощи фотокамеры и специальной программы на телефоне или компьютере;
- сам мультианалитический датчик не требует подключения к компьютеру, является беспроводным и одноразовым.

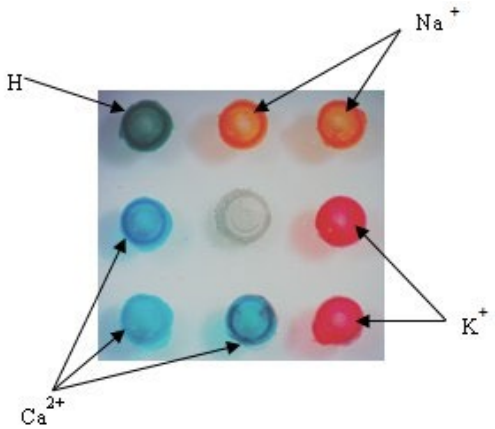


Рис. 1 – Вариант реализации готового датчика с восемью оптодными мембранами, селективными к указанным макроэлементам

Объектом данного исследования выступает проект по разработке комплекта для составления рекомендаций по питанию при помощи определения содержания макроэлементов в организме человека (K, Na, Ca и, возможно, Mg, Fe, Zn) путем экспресс-теста. В комплект входит одноразовая пластина и приложение для смартфона.

Предмет данного исследования – процесс разработки и вывода на рынок на примере комплекта для проведения экспресс-анализа на предмет содержания макроэлементов в организме человека.

В работе были проанализированы и выявлены преимущества предлагаемого способа проведения биохимического анализа, разработана стратегия защиты интеллектуальной собственности, проанализированы существующие способы решения проблемы нутриентной недостаточности, а также проведён сравнительный анализ приблизительных конкурентов. На основе проведенных маркетингового и патентного анализов выявлен высокий коммерческий потенциал разработки с точки зрения внедрения на рынок здорового питания в России и в мире. Также в течении работы над проектом было принято решение разработать собственный автоматический дозатор, который ускорит развитие продукта. По итогу разработан продукт, состоящий из специальной пластины и мобильного приложения, позволяющий с помощью неинвазивного анализа биологического вещества определить любому человеку его уровень содержания в слюне таких макро- и микроэлементов как (K, Na, Ca,). Для автоматизации этого процесса разработано специальное приложение, которое позволяет сократить процесс до 5 минут и упростить его до такой степени, что воспользоваться сможет даже ребёнок (рис.2).

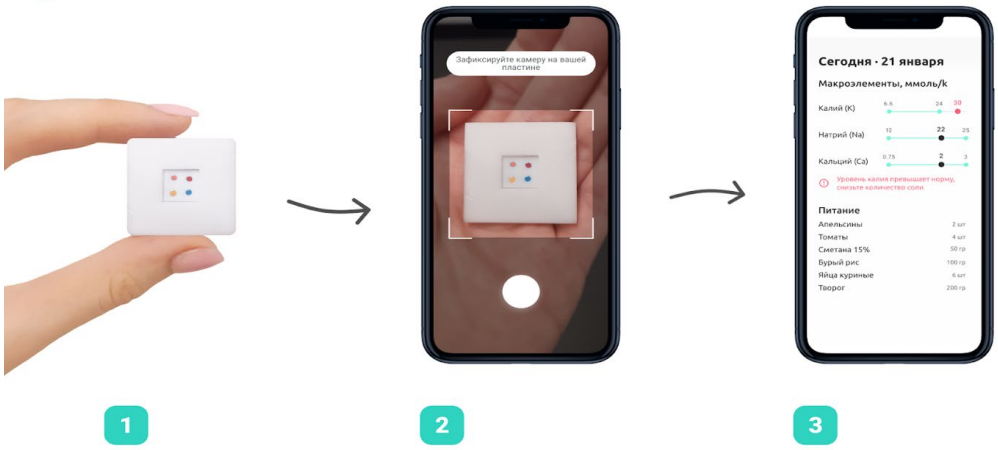


Рис. 2 – Взаимодействие пользователя: нанесение слюны на пластину, фотографирование пластины и получение результата с расшифровкой значений

Во всех экспериментах в качестве референтного метода использовались ионоселективные электроды. Точность результата анализа составила 90%, в дальнейшем возможно повысить точность используя автоматический дозатор при нанесении полимерных сенсорных плёнок на пластины

За время работы над проектом были получены письма о заинтересованности от крупной международной компании, занимающейся созданием продуктов для ухода за ротовой полостью и от компании, производящей ридер для диагностики биологических жидкостей мелких и средних домашних животных. Учитывая данные обстоятельства, в дальнейшем планируется расширение функций создаваемого продукта и привлечение частных инвестиций.

Исследование ставит и решает актуальную проблему, которая является перспективной для практического применения в медицинской деятельности и народного потребления Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Данная технология поможет Санкт-Петербургу и Ленинградской области осуществить переход от дорогого и сложного профессионального оборудования к инновационному способу анализа – более массовому, дешевому, предназначенному для домашнего использования. Увеличение доступности проведения

анализов для населения с помощью цифровых технологий позволит совершить огромный скачок в диагностике и мониторинге здоровья.

Список использованных источников

1. Lim H.-R., Lee S.M., Mahmood M., Kwon S., Kim Y.-S., Lee Y., Yeo W.-H. Development of Flexible Ion-Selective Electrodes for Saliva Sodium Detection // Sensors 2021. – 2021. – №21(5). DOI: 10.3390/s21051642.
2. Urbanowicz M., Jasiński A., Jasińska M., Drucis K., Ekman M., Szarmach A., Suchodolski R., Pomećko R., Bocheńska M. Simultaneous Determination of Na+, K+, Ca2+, Mg2+ and Cl− in Unstimulated and Stimulated Human Saliva Using All Solid State Multisensor Platform// Electroanalysis. – 2017. – №29. – Pp. 2232–2238.
3. Labat C., Thul S., Pirault J., Temmar M., Thornton S.N., Benetos A., Bäck M. Differential associations for salivary sodium, potassium, calcium, and phosphate levels with carotid intima media thickness, heart rate, and arterial stiffness // Dis. Markers 2018. DOI: 10.1155/2018/3152146.
4. Gonçalves A.C., Marson F.A.L., Mendonça R.M.H., Bertuzzo C.S., Paschoal I.A., Ribeiro J.D., Ribeiro A.F., Levy C.E. Chloride and sodium ion concentrations in saliva and sweat as a method to diagnose cystic fibrosis // J. Pediatr. – 2019. – №95. – Pp. 443–450.
5. Lee Y., Howe C., Mishra S., Lee D.S., Mahmood M., Piper M., Kim Y., Tieu K., Byun H.-S., Coffey J.P. Wireless, intraoral hybrid electronics for real-time quantification of sodium intake toward hypertension management // Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2018. – №115. – Pp. 5377–5382.
6. Ерыгина Л.Е., Кустова Е.А. Возможности коммерциализации инновационных разработок вуза // Сибирский журнал науки и технологий. – 2011. – №3(36). – Pp. 195.
7. Wang X., Wang T., Ni J.D., von Lintig J., Montell C. TheDrosophila Visual Cycle and De Novo Chromophore Synthesis Depends on rdhB // The Journal of Neuroscience. – 2012. – №32(10). DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5350-11.2012.
8. Bakker E. Selectivity of liquid membrane ion-selective electrodes // Electroanalysis. – 1997. – №9. – Pp. 7–12.
9. Global biotech industry continues to sizzle as market-capitalization surpasses us 1 trillion. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ey.com/ru/ru/newsroom/news-releases/ey-news-global-biotech-industry-continues-to-sizzle-as-market-capitalization-surpasses-us-1-trillion/ (дата обращения: 04.09.2021).

УДК 664.87

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОРОШКООБАЗНОГО КОНЦЕНТРАТА БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА МЕТОДОМ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШКИ

Пасечный Д.С.

Научный руководитель – Смотраева И.В., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий

pase4niy.dima@yandex.ru

Ключевые слова

Лиофильная сушка, пищевые концентраты, полифенольные соединения, шиповник, растительные экстракты.

Лиофильная сушка, или лиофилизация – широко распространённый способ концентрирования пищевых продуктов, позволяющий избежать воздействия высоких температур. Процесс представляет собой сублимацию находящегося в замороженном состоянии растворителя при пониженном давлении из предварительно замороженного образца. Нативные свойства (химический состав, цвет, вкус и т.д.) фиксируются при замораживании и затем сохраняются при удалении кристаллизованной воды лиофилизацией. Полученные в результате лиофилизации продукты характеризуются высоким качеством, длительным сроком хранения и быстрым восстановлением (регидратацией) [1,2].

Полифенольные соединения – многочисленная группа биологически активных веществ, играющих важную роль в борьбе с онкологическими заболеваниями, сахарным диабетом, заболеваниями сердечно-сосудистой системы; полифенолы важны для защиты от повреждений, вызванных действием свободных радикалов. Вещества данной группы содержатся в растениях и, следовательно, в продуктах из растительного сырья [3]. По потреблению антиоксидантов можно оценить потенциал диеты для предотвращения хронических заболеваний, связанных с окислительным стрессом и сопровождаемыми им заболеваниями и старением. В сбалансированном питании здоровых людей присутствуют фрукты, овощи, злаки, орехи, напитки и др. Разнообразие продуктов растительного происхождения обеспечивает поступление в организм различных антиоксидантов [4].

Шиповник используется в качестве сырья для экстрактов, нектаров, добавок, мармелада и др. продуктов ввиду своего химического состава. Польза данного растения для здоровья человека объясняется наличием биологически активных соединений, таких как фенольные соединения. плоды [5].

Целью настоящего исследования является изучение влияния лиофилизации на следующие физико-химические показатели экстракта шиповника:

- содержание растворимых сухих веществ;
- общее содержание полифенольных соединений;
- цветность;
- мутность;
- pH.

О влиянии лиофилизации на данные показатели можно судить по их количественным потерям.

В качестве объекта исследования был выбран водный экстракт сушёных плодов шиповника Rosa majalis, приготовленный при соотношении измельчённых плодов и воды 3:25, соответственно. Концентрирование экстракта было осуществлено методом лиофилизации в вакууме с помощью лиофильной сушилки Buchi Lyovapor L-200 (Швейцария). Во время сублимации жидкий образец должен находиться в замороженном состоянии, ввиду чего исследуемый экстракт был предварительно заморожен. На основании проведенных экспериментов и анализа литературных данных был разработан режим лиофилизации:

p = 0,8 мбар в течение 180 минут. Толщина слоя образца – 2 ± 0,2 мм. В результате был получен сухой порошкообразный концентрат, который был восстановлен рассчитанным количеством воды. В целях изучения влияния лиофилизации на физико-химические показатели исследования проводились до концентрирования экстракта и после восстановления порошкообразного концентрата. Содержание процентной концентрации растворимых сухих веществ в экстракте было определено рефрактометрическим методом, для этого был использован рефрактометр автоматический мод. PTR 46.

Общее содержание полифенольных соединений было определено методом Фолина-Чокальтеу. Реактив Фолина-Чокальтеу содержит фосфорно-вольфрамовые кислоты, окисляющие гидроксогруппы фенола. При этом исследуемый раствор приобретает синий цвет вследствие образования вольфрамовой сини. В качестве стандарта используется галловая кислота. Для приготовления исходного стандартного раствора 0,110 ± 0,001 г моногидрата галловой кислоты поместили в мерную колбу объёмом 100 см^3, растворили в воде, довели до метки и перемешали. Для получения стандартных растворов с концентрацией 3, 10, 15, 20, 30, 40 и 50 мкг/см^3 в мерную колбу вместимостью 100 см^3 были перенесены 0,3, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0 см^3 исходного стандартного раствора. Объём колбы довели до метки водой при постоянном перемешивании. Оптическая плотность стандартных растворов галловой кислоты была измерена с помощью фотометра фотоэлектрического КФК-3- «ЗОМЗ». Линейный градуировочный график (рис.1) построили, откладывая на оси абсцисс значения концентрации галловой кислоты в стандартных растворах на оси ординат – значения результатов измерения оптической плотности каждого из стандартных растворов.

В пробирку добавили 1 см^3 образца, 1 см^3 дистиллированной воды и 0,5 см^3 реактива Фолина-Чокальтеу. Через три минуты остановили реакцию с помощью 1 см^3 10%-ого раствора карбоната натрия и довели объём до 10 см^3 дистиллированной водой. В качестве образцов были взяты исходный экстракт шиповника до сушки и концентрат, восстановленный водой. Для приготовления холостой пробы вместо 1 см^3 разбавленного образца взяли 1 см^3 дистиллированной воды. Образцы выдерживались в течение одного часа при комнатной температуре в тёмном месте, после чего была измерена оптическая плотность методом фотометрирования с использованием КФК-3- «ЗОМЗ» при длине волны 760 нм по отношению к холостой пробе. Общее содержание полифенолов было определено на основании полученной зависимости оптической плотности от концентрации галловой кислоты в стандартных растворах (рис.1).

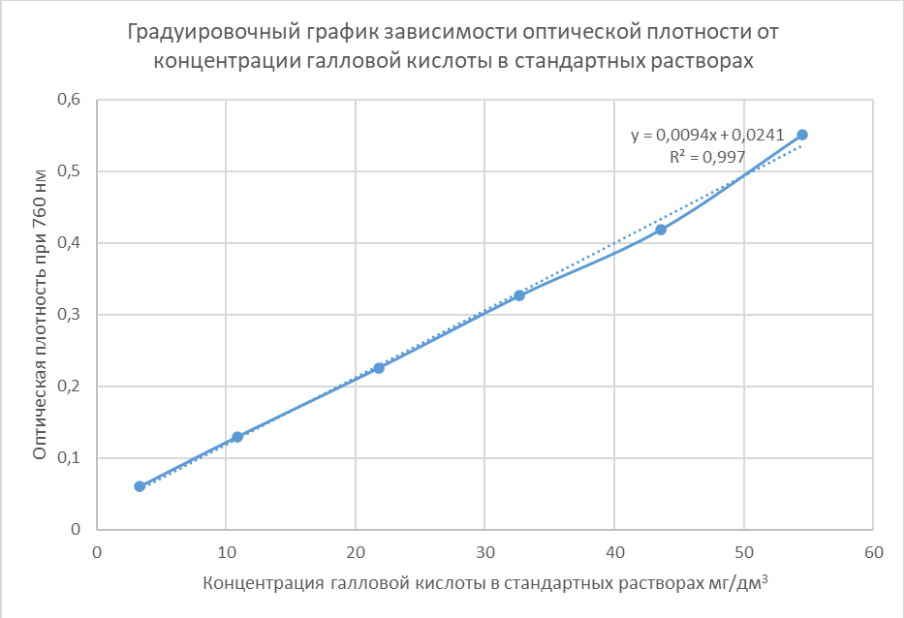


Рис. 1 – Зависимость оптической плотности от концентрации галловой кислоты в стандартных растворах

Значения цветности и мутности исходного и восстановленного экстрактов данные показатели были определены фотометрическим методом. Сущность метода заключается в измерении значения оптической плотности фильтрованного и нефильтрованного образцов – экстрактов по отношению к фильтрованной дистиллированной воды с последующим пересчетом в значение цвета и мутности. В стеклянном стакане вместимостью 250 $см^3$ взвесили (20,00 ± 0,01) г исследуемого образца и (180,00 ± 0,01) г горячей 40 – 50°С дистиллированной воды тщательно перемешали и охладили до комнатной температуры. Данный раствор использовался для определения мутности. Для определения мутности был использован фильтрат данного раствора. Значение цвета Ц1 было вычислено по формуле Ц1 = 50*D430, где 50 – коэффициент, учитывающий разбавление патоки и длину оптического пути кюветы; D430 – оптическая плотность, измеренная для фильтрованного раствора экстракта при длине волны 430 нм). В качестве образцов были взяты исходный экстракт шиповника до сушки и концентрат, восстановленный водой.

Мутность экстрактов в единицах ЕВС была рассчитаны на основании полученной зависимости оптической плотности градуировочных суспензий формазина (0,1–10,0) ЕВС от мутности: y = 0,008x – 0,0014, где y – оптическая плотность, x – мутность (рис.2). Для приготовления суспензии формазина 1000 ЕВС в стеклянные стаканы были помещены навески сернокислого гидразина и гексаметилентетрамина массой (1,000 ± 0,001) г и (10,000 ± 0,001) г. соответственно, затем растворены в небольшом объеме дистиллированной воды и перенесены в мерные колбы вместимостью 100 $см^3$. При температуре растворов (20 ± 1)°С их объем был доведен до метки дистиллированной водой. Для приготовления суспензии формазина 1000 ЕВС полученные растворы выдерживались в течение четырех часов при комнатной температуре, после чего их смешали в соотношении 1:1 в конической колбе; полученный раствор выдерживался в термостате в течение двадцати четырех часов при (25 ± 2)°С. Для приготовления суспензии 100 ЕВС суспензия формазина 1000 ЕВС была разбавлена в 10 раз. Для приготовления градуировочных суспензий в мерные колбы вместимостью 100 $см^3$ перенесли суспензию 100 ЕВС в количестве 0,1 – 10,0 $см^3$, после чего довели дистиллированной водой до метки и тщательно перемешали. Полученные суспензии имеют значение мутности 0,1 – 10,0 ЕВС соответственно. Их использовали для градуировки фотометра.

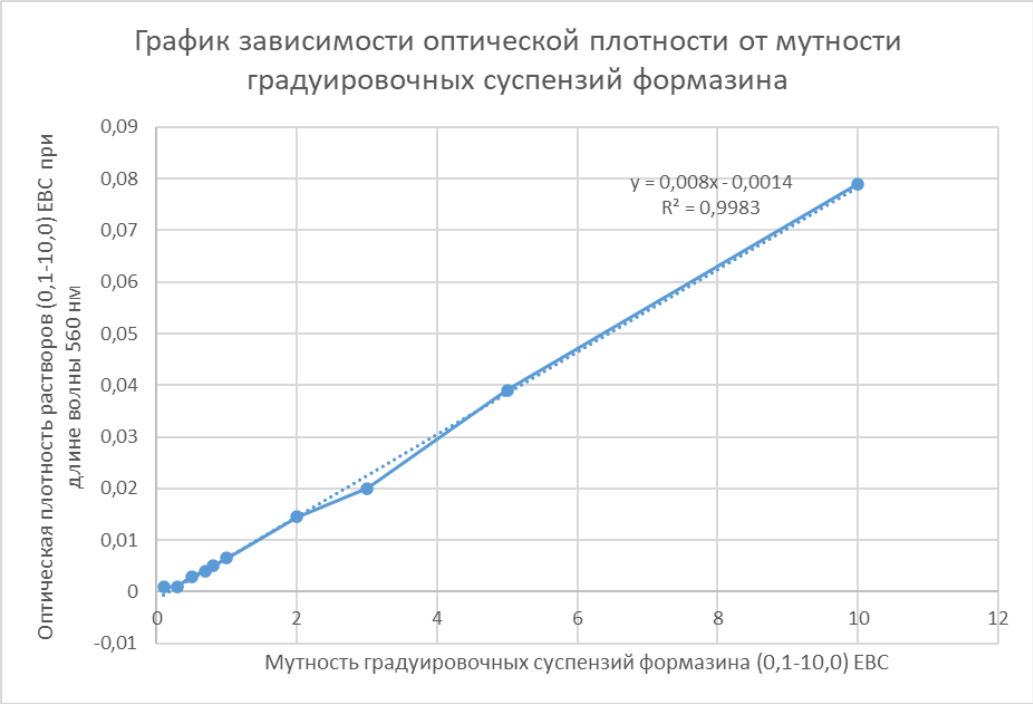


Рис. 2 – Зависимость оптической плотности от мутности градуировочных суспензий формазина (0,1 – 10,0) ЕВС

Физико-химические показатели исходного экстракта и восстановленного концентрированного экстракта после сушки при p = 0,8 мбар и толщине слоя образца 2,0 ± 0,2 мм в течение 180 мин представлены в таблице. При данном режиме общее содержание полифенольных соединений изменилось на 5,7%. Менее всего изменился pH – потери составили 0,46%.

Таблица

Физико-химические показатели исходного экстракта и восстановленного концентрированного экстракта

Показатель	Исходный экстракт	Восстановленный экстракт	Потери, %
Содержание растворимых сухих веществ, %	4.6	4.1	10.9
Общее содержание полифенольных соединений, mg GAE/L	5587	5260	5.7
Цветность, единицы EBC	14.1	12.9	8.5
Мутность, единицы EBC	8.8	7.7	12.5
pH	4.34	4.32	0.5

Было установлено, что в результате лиофиолизации изменились цветовые показатели. Было отмечено снижение цвета экстракта на 8.5%. Наблюдаемое снижение цвета может характеризоваться как положительное, так как часто при концентрировании подобных сред наблюдается наоборот их потемнение, связанное с конденсацией полифенолов. Например, согласно [20], при конденсации дубильных веществ, относящихся к полифенолам, наблюдается красный оттенок, а конденсированные дубильные вещества с солями железа дают темно-зеленое окрашивание.

На основании результатов проведенной работы можно сделать вывод, что потери таких показателей, как общее содержание полифенольных соединений, содержание растворимых сухих веществ, цветность и мутность незначительные. Минимизация потерь полифенольных соединений особенно важна в некоторых случаях: например, при получении концентрированных напитков, в которых в роли функциональных пищевых ингредиентов выступают представители полифенольных соединений. Таким образом, можно сделать вывод, что лиофилизация является перспективным способом получения концентратов с высокой степенью сохранения нативных свойств.

Список использованных источников

1. Assegehegn G. et al. The importance of understanding the freezing step and its impact on freeze-drying process performance // Journal of pharmaceutical sciences. – 2019. – V.108. – №4. – Pp. 1378-1395.
2. Семенов Г.В., Краснова И.С., Петков И.И. Выбор режимных параметров вакуумной сублимационной сушки сухих термолабильных материалов с заданным уровнем качества // Вестник Международной академии холода. – 2017. – №1. – С. 18-24.
3. Abbas M. et al. Natural polyphenols: An overview // International Journal of Food Properties. – 2017. – V.20. – №8. – Pp. 1689-1699.
4. Goñi I., Hernández-Galiot A. Intake of nutrient and non-nutrient dietary antioxidants. contribution of macromolecular antioxidant polyphenols in an elderly Mediterranean population // Nutrients. – 2019. – V.11. – №9. – Pp. 2165.
5. Gao X. et al. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2000. – V.80. – №14. – Pp. 2021-2027.

УДК 577.218

РАЗРАБОТКА ДНК НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ДОСТАВКИ ОЛИГОНУКЛЕОТИДОВ В КЛЕТКИ И СЕЛЕКТИВНОЙ АКТИВАЦИИ АГЕНТОВ ГЕННОЙ ТЕРАПИИ

Патра Х.К.

Научный руководитель – Виноградов В.В., доктор химических наук, директор химико-биологического кластера

christina@scamt-itmo.ru

Работа выполнена при поддержке программы «Приоритет 2030».

Ключевые слова

ДНК-нанотехнологии, селективность, внутриклеточная доставка, дезоксирибозимы, биоконъюгаты, холестерол

На сегодняшний день онкологические заболевания является одними из главных проблем здоровья человека и здравоохранения в целом, с серьезными социально-экономическими последствиями во всем мире. Ввиду их многофакторной природы большинство онкологий сложно диагностировать и успешно лечить [1]. Несмотря на неустанные усилия последних десятилетий по поиску «золотого» подхода к лечению, онкологические пациенты по-прежнему сталкиваются со схемами лечения, которые проявляют деструктивные побочные эффекты и часто оказываются безуспешными.

Генная терапия — это понятие, введенное еще в 1972 году, подразумевающее лечение моногенных расстройств и других генетически обусловленных заболеваний путем замены неисправной ДНК. В настоящее время Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) определяет генную терапию как метод модификации или манипулирования экспрессией гена или изменения биологических свойств живых клеток для терапевтического использования. Этого можно достичь несколькими способами: редактированием генов, РНК-интерференцией, инактивацией или деградацией белков.

Доказано, что терапевтические нуклеиновые кислоты (ТНК) являются инструментом с большим потенциалом в генной терапии. Существуют различные ТНК, одобренные FDA [2], в основном представленные антисмысловыми олигонуклеотидами (АСО). Несколько противораковых ТНК на основе АСО и малых интерферирующих РНК (миРНК) находятся на этапе клинических испытаний. Несмотря на достигнутые успехи, существующие подходы по-прежнему сталкиваются с ограничениями в виде неселективной активации, а также недостаточного биораспределения и внутриклеточной доставки. Эти недостатки серьезно «блокируют» путь большинства ТНК к дальнейшему клиническому применению.

Это исследование направлено на изучение проблем низкой селективности и низкой эффективности внутриклеточной доставки ТНК и разработку уникального подхода с помощью ДНК-нанотехнологий и умного дизайна самособирающихся систем для решения поставленных вопросов.

Основываясь на результатах ранее опубликованной работы [3] нам удалось преобразовать молекулярный логический вентиль на основе бинарного дезоксирибозима с пороговой активацией (BiDTh) в ДНК-наномашину с пороговой активацией (Th-DNM) путем интеграции платформы, прикрепленной к общему каркасу. Три ранее разработанных BiDTh требовали равной, двукратной и трехкратной концентрации аналита по сравнению с концентрацией BiDTh для активации и расщепления РНК-мишени. Однако BiDTh столкнулись с проблемой частичного разложения в присутствии избыточных концентраций аналита. Это привело к отсутствию образования каталитического ядра бинарных

дезоксирибозимов, значительному снижению их каталитической активности и, в конечном счете, ингибированию активности в концентрациях, многократно превышающих концентрации BiDTh (рис.1). Теоретический анализ гибридизационного равновесия показал, что при избыточном присутствии молекул аналита по сравнению с цепями Dza и Dzb, последние связываются с разными молекулами аналита, вызывая снижение концентрации полного каталитически активного комплекса и, таким образом, уменьшая эффективность расщепление РНК-мишени. Чтобы решить вышеупомянутую проблему, мы соединили две функциональные цепи Dza и Dzb в одну систему, интегрировав платформу, прикрепленную к объединяющему каркасу (рис.2, каркас – T3). Гипотеза заключалась в том, что такая модификация (i) будет способствовать увеличению стабильности системы нескольких компонентов ДНК-наномашины, предотвращая разложение при любой концентрации аналита, и (ii) повысит скорость каталитической активности за счет увеличенной общей кооперативности в ферментативной системе.

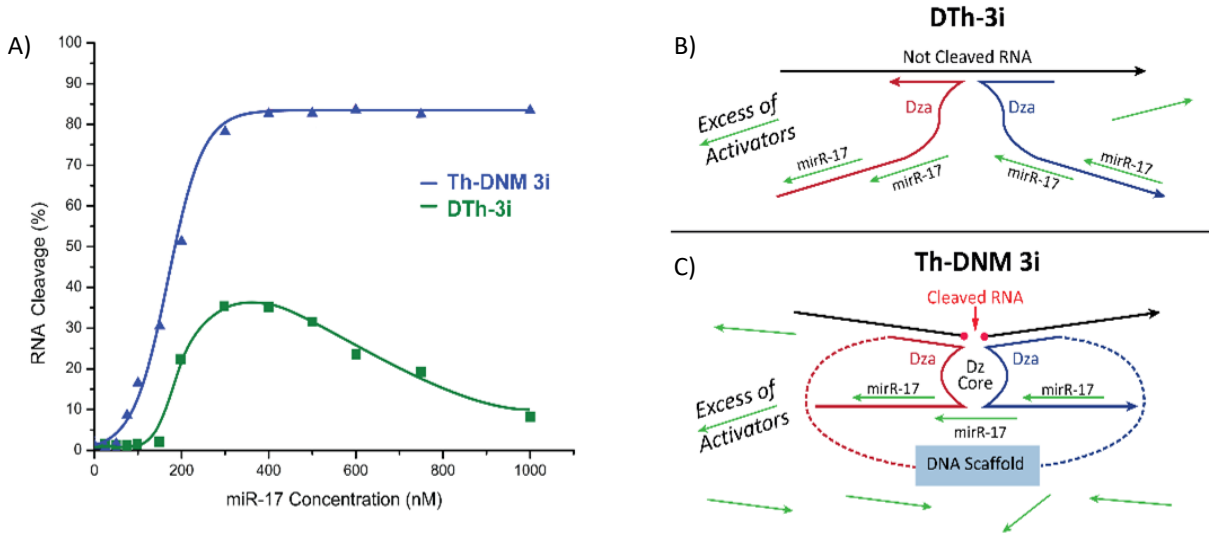


Рис. 1 – Сравнение логического вентиля на основе бинарного дезоксирибозима и ДНК-наномашины: A) Влияние платформы, прикрепленной к каркасу, на активность расщепления Th-DNM-3i (наномашина, требующая трехкратной концентрации аналита). После достижения максимальной скорости расщепления обработка субстрата остается стабильной в присутствии избыточной концентрации аналита, указывая на то, что все сайты связывания аналита насыщены. Кооперативная ферментативная система позволяет осуществлять связывание субстрата и высвобождение продукта (синяя линия). Напротив, после того, как BiDTh-3i (бинарный логический вентиль, требующий трехкратной концентрации аналита) достигает максимальной скорости расщепления, его активность начинает постепенно снижаться, что указывает на неспособность образовывать ферментативный комплекс (зеленая линия); Б) Разложение BiDTh-3i на фоне избыточной концентрации аналита, приводящее к снижению ферментативного расщепления субстрата; C) Прикрепленный к каркасу Th-DNM-3i образует стабильный ферментативный комплекс в условиях избыточной концентрации аналита, что приводит к успешному расщеплению РНК-мишени

В нашей работе мы также используем первоначальную идею подавления генов домашнего хозяйства как многообещающий подход к терапии рака. Супрессия таких генов может привести к гибели клетки и последующую элиминацию опухоли, что является принципиально новым подходом в развитии селективно действующей генной терапии [4]. Однако для того, чтобы это успешно происходило без токсичности для нормальных тканей, необходима точная технология с высокой селективностью к раковым клеткам. Разрабатываемые Th-DNM могут помочь в этом подходе, поскольку их активация модулируется концентрацией аналита. Тщательно подобранный аналит-активатор, такой как онкомаркер, может помочь нашей машине отличить раковую клетку от нормальной благодаря

уровню экспрессии и высокому содержанию онкомаркеров в раковой клетке по сравнению с нормальной тканью.

Чтобы следовать описанному выше подходу к подавлению гена домашнего хозяйства, мы работали с miR-17 в качестве онкомаркера и мРНК-46 DAD1 (Defender Against Cell Death) в качестве РНК-мишени. miR-17 представляет собой микроРНК кластера miR-17-92 (или «onco-miR-1») и обильно экспрессируется в различных тканях, регулируя их развитие. Он также обильно экспрессируется при различных видах рака, таких как нейробластома и лимфома [5]. Этот паттерн экспрессии делает miR-17 подходящим кандидатом для нашей концепции различения нормальных и злокачественных клеток на основе концентрации онкомаркера. С другой стороны, DAD1 является важным геном для отрицательной регуляции гибели клеток путем взаимодействия с антиапоптотическим белком Mcl1. РНК-46, которую мы выбрали для работы, является фрагментом кодирующей последовательности DAD1, что делает его законной мишенью для наших Th-DNM.

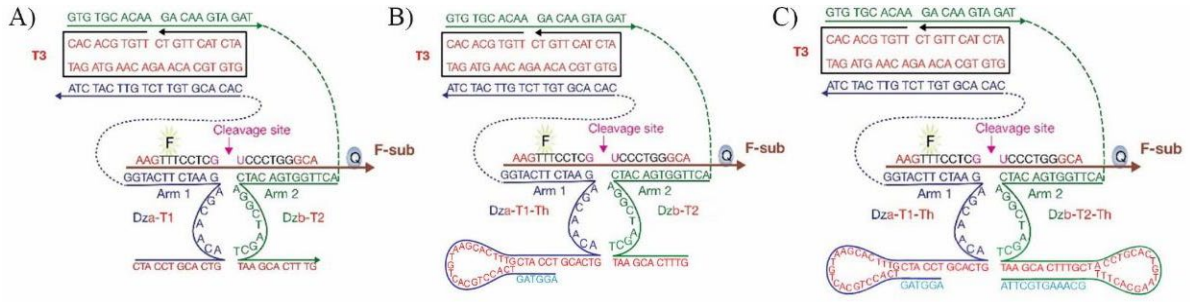


Рис. 2 – Схематическое представление ожидаемой конформации Th-DNM, нацеленной на субстрат F-sub: A) Th-DNM-yes; B) Th-DNM-2i; C) Th-DNM-3i. Пунктирные линии представляют спейсеры HEG. Аналогично, Th-DNM, нацеленные на РНК-46, заменяют F-sub на РНК-46

Для первоначальной проверки концепции применялась Th-DNM, нацеленная на молекулу, несущую флуорофор и тушитель (F-sub), в качестве модельной системы (рис.2). 200 нМ F-sub инкубировали при 37°C в течение 1 часа в присутствии 10 нМ Th-DNM и возрастающих концентраций miR-17 с последующей детекцией флуоресценции путем спектрофотометрии. Заменив miR-17 на miR-20, которая отличается от miR-17 только двумя нуклеотидами, в той же реакции мы провели анализ селективности для Th-DNM. Было показано, что прикрепленная к каркасу система предотвращает частичное разложение Th-DNM и значительно повышает скорость расщепления с высокой селективностью, поскольку в присутствии miR-20 не было показано ферментативной активности. Далее Th-DNM была нацелена на расщепление РНК-46, где 1000 нМ РНК-мишени инкубировали при 37°C в течение 24 часов в присутствии 100 нМ Th-DNM и возрастающих концентраций miR-17 с последующим денатурирующим гель-электрофорезом. Было доказано, что пороговая активация, зависимая от концентрации аналита, а также повышенная стабильность и активность снова сохраняются. Последним шагом было исследование поведения Th-DNM в минимальных концентрациях 3 нМ в попытке имитировать внутриклеточные условия. 1000 нМ РНК-46 инкубировали при 37°C в течение 24 часов в присутствии 3 нМ Th-DNM и возрастающих концентраций miR-17 с последующим денатурирующим гель-электрофорезом. Пороговая активация, а также повышенная стабильность и активность снова сохранялись.

Во второй части этого исследования мы перешли к разработке стабильного и нетоксичного биоконъюгированного наноносителя для решения проблемы внутриклеточной доставки ТНК. Биоконъюгаты находятся в центре внимания как потенциальные средства доставки клеток, неоднократно демонстрирующие различные функциональные возможности, включая эффективную доставку лекарств. Биомолекулы в виде конъюгатов с ТНК могут проявлять высокую стабильность и минимальную цитотоксичность, поскольку они обладают высокой биосовместимостью.

Новая идея этого исследования состояла в том, чтобы заключить ACO агент, в полустабильную ассоциацию с адаптерами Cho-конъюгированных олигонуклеотидов (Cho- холестерин) (рис.3). Температура плавления между ACO и адаптерами была намеренно спроектирована так, чтобы быть относительно низкой, поэтому диссоциация ACO для диффузии через клеточную мембрану будет иметь более высокую вероятность. При этом расположение холестериновых меток на адаптерах также важно, что может влиять на стабильность всей ассоциации и возможное высвобождение ACO, влияя на общую температуру плавления.

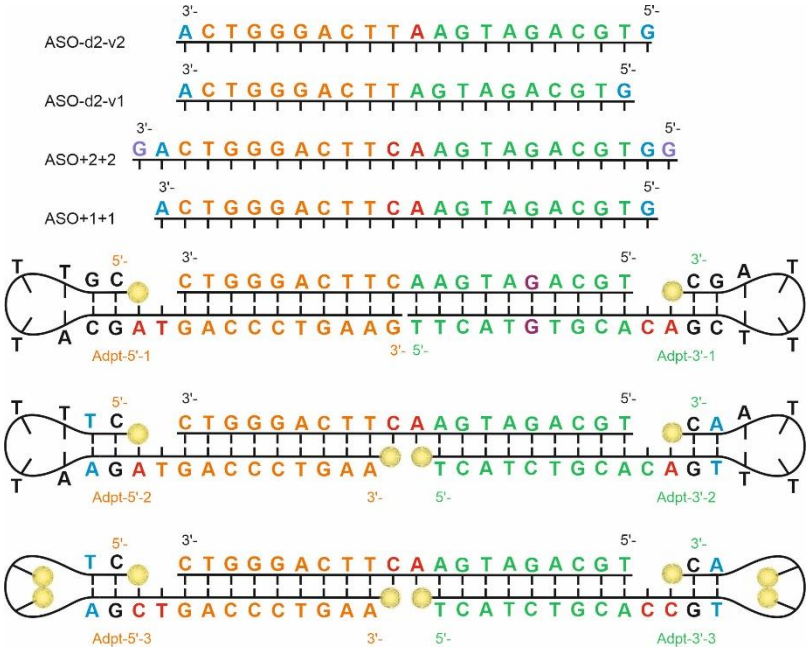


Рис. 3 – Схематическое изображение ожидаемой конформации наноносителей ChO/ASO. Вверху картинки мы видим разные ASO (ASO+1+1, ASO+2+2, ASO-d2v1, ASO-d2v2). Внизу мы видим три варианта адаптеров с разным количеством холестериновых меток (желтая сфера) в сборе с ASO

Мы решили использовать холестерин в качестве биоконъюгата для разработки стабильной и нетоксичной системы доставки (наноноситель ChO/ACO), поскольку ключом к внедрению отрицательно заряженной ДНК в липидные мембраны являются ковалентно связанные гидрофобные модификации, а холестерин безусловно, самый заметный среди широко используемых мембранных якорей, способный к самопроизвольному проникновению через липидные бислои. Однако у холестерина есть существенный недостаток: образование гидрофобных межхолестериновых взаимодействий в водных средах. Чтобы предотвратить это, была разработана уникальную наноструктура ChO/ACO в форме гантели. Ожидается, что наноструктура защитит липид от водной среды, скрывая его с помощью петель ДНК, и в то же время оставляя его достаточно доступным для развития взаимодействия с клеточной мембраной. Избегая образования гидрофобных мицелл большого размера, которые могут подвергаться эндоцитозу клетками, мы стремимся избежать стадии эндосомального побега, которая является тупиковой для большинства развивающихся систем доставки лекарств.

Для этого мы тщательно исследовали взаимодействие липидов и нуклеиновых кислот в ChO/ACO наноструктуре, чтобы выбрать оптимальное соотношение липидов и нуклеиновых кислот, которое могло бы привести к желаемому взаимодействию разрабатываемого наноносителя ChO/ACO с клеточной мембраной, избегая при этом образования мицелл. Для этого мы разработали три разных варианта наноструктур с разным количеством холестериновых конъюгаций, несущих ACO разной длины.

Все компоненты наноносителя ChO/ACO были собраны в буфере, содержащем среду для трансфекции OptiMEM и 10 мМ MgCl2. Сборка была проанализирована с помощью

электрофореза в 12% нативном полиакриламидном геле, где было показано, что образование мицелл действительно предотвращается в соответствии с положительным контролем мицеллы.

Собранные носители трансфицировали в линию раковых клеток человека K562 (лимфобласты, выделенные от пациента с хронической миелогенной лейкемией), трансформированную геном EGFP для получения зеленого флуоресцентного белка (GFP). Эта система визуализации с помощью GFP является широко используемой моделью для тестирования поведения клеток in vitro и in vivo. Эффективность разрабатываемых технологий для подавления генов, мы оцениваем путем нацеливания АСО на мРНК гена GFP, и легко тестируем подавление флуоресценции GFP белков после трансфекции АСО с помощью проточной цитометрии. Однако, на сегодня значимых результатов внутриклеточной доставки показано не было.

Основные выводы этого исследования можно резюмировать в следующем параграфе. Мы разработали ДНК-наномашины (Th-DNM), способные к последовательной активации и специфическому расщеплению РНК только в присутствии активатора miRNA выше пороговых значений, специфичных для каждого Th-DNM соответственно. Th-DNM, прикрепленные к каркасу, продемонстрировали себя как кооперативные ферментативные системы, демонстрирующие воспроизводимую пороговую активацию, высокую стабильность, селективность и повышенную скорость расщепления РНК до 80%. Эти особенности позволили нам использовать наши машины в минимальной концентрации 3 нМ и достичь скорости расщепления РНК 3%. Нами также разработаны и собраны комплексы антисмыслового олигонуклеотида (АСО) с олигонуклеотидами, конъюгированными с холестерином (ChO), которые действительно предотвращают мицеллообразование в водных растворах благодаря рациональному дизайну. К сожалению, успешной внутриклеточной доставки с помощью этого наноносителя ChO/ASO достичь не удалось. Планы на будущее включают оптимизацию наноструктур, в том числе дальнейшее исследование различных вариантов положения молекул холестерина, содержания нуклеотидов и конформации наноносителя.

Список использованных источников

1. World Health Organization, Cancer Fact Sheet, Updated March 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer (дата обращения: 10.04.2021).
2. Ma C.-C. et al. The approved gene therapy drugs worldwide: from 1998 to 2019 // Biotechnol. Adv. – 2020. – V.40. – Pp. 107502.
3. Gomes de Oliveira A.G. et al. RNA-Cleaving DNA Thresholder Controlled by Concentrations of miRNA Cancer Marker // ChemBioChem. – 2021. DOI: 10.1002/cbic.202000769.
4. Nedorezova D.D. et al. Towards DNA Nanomachines for Cancer Treatment: Achieving Selective and Efficient Cleavage of Folded RNA // Angew. Chem. - Int. Ed. 2019. – V.58. – №14. – Pp. 4654–4658.
5. Mogilyansky E., Rigoutsos I. The miR-17/92 cluster: a comprehensive update on its genomics, genetics, functions and increasingly important and numerous roles in health and disease: 12 // Cell Death Differ. Nature Publishing Group. – 2013. – V.20. – №12. – Pp. 1603–1614.

УДК 620;179

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Петров А.Б.[1]

Научный руководитель – Кинжагулов И.Ю.[1,2], кандидат технических наук, преподаватель факультета систем управления и робототехники

1 – Университет ИТМО

2 – ООО «НТЦ Эталон»

petrov_a_b97@mail.ru

Ключевые слова

Никель, напряженно-деформированное состояние (НДС), магнитоотрывное усилие, методика, контроль, ионно-плазменное покрытие, установка.

В настоящие время развитие технологии ракетных двигателей нацелено на увеличение цикла высокотемпературной работы двигателя, что позволяет повысить его удельные характеристики. Но при этом необходимо обеспечить технологичность и надежность конструкции жидкостного ракетного двигателя, а также уменьшить стоимость изготовления. Основной параметр жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) — это удельная мощность или тяга при высокой экономичности топлива. Для повышения ключевых характеристик ракетных двигателей применяют функциональные покрытия. Функциональное высоко технологичное покрытие способно обеспечить защиту узлов и деталей двигателя от высокотемпературного износа, высокого давления, пылевой эрозии, солевой эрозии и высокотемпературной газовой коррозии. Специфика ионно-плазменного напыления такова, что, если на поверхности изделия присутствуют малые концентраторы напряжений, которые в свою очередь также подвергаются напылению, это приводит к отсутствию адгезии между покрытием и основным материалом изделия, вследствие чего происходит срыв покрытия в процессе работы двигателя. В связи с этим становится актуальная задача разработки методики и систем контроля остаточных напряжений, которые позволят оперативно получать информацию.

На рисунке 1 представлена структурная схема проблематики ионно-плазменного напыления.

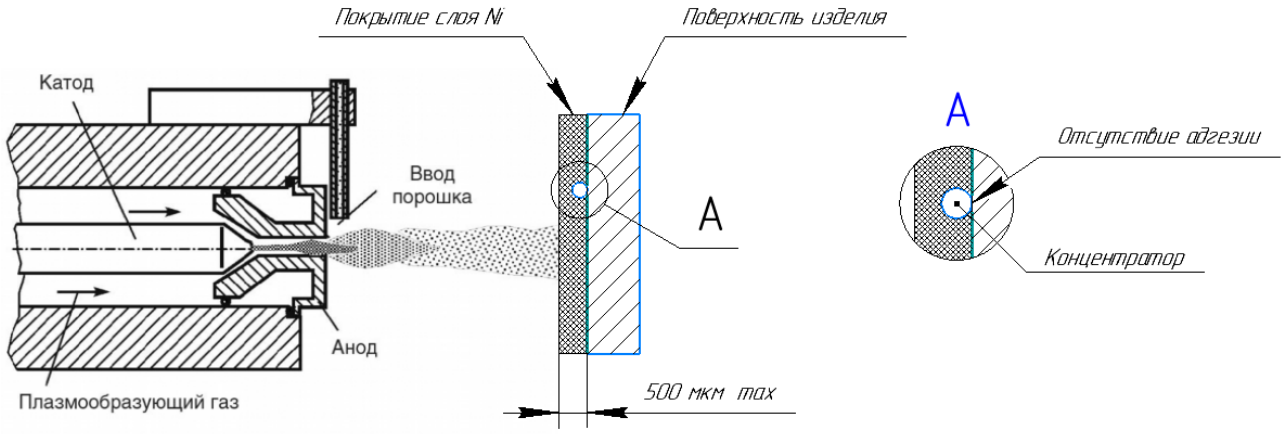


Рис. 1 – Структурная схема проблематики напыления ионно-плазменного покрытия

На рисунке 2 представлено повреждение никелевого покрытия в результате высокого уровня и неравномерного распределения внутренних напряжений.

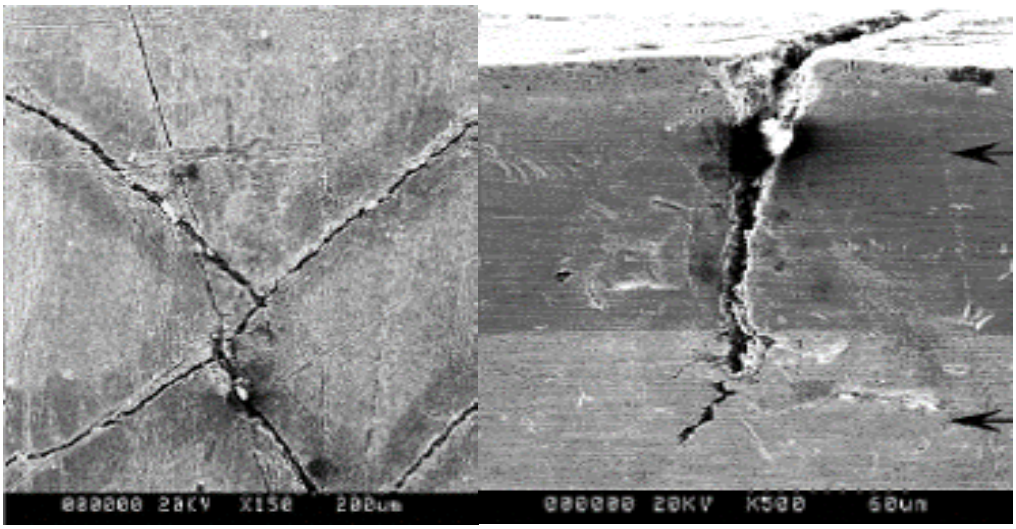


Рис. 2 – Растрескивание никелевого покрытия вследствие внутренних напряжений

На сегодняшний день существует ряд методов определения механических напряжений, такие как: рентгеновский, магнитный, ультразвуковой и другие. [1]. Однако, оборудование, которое их реализует, как правило, позволяет проводить контроль только на специальных образцах и не обладает достаточной локальностью измерений. Одним из методов, который может быть использован для целей оценки механических напряжений в покрытиях, является магнитный пондеромоторный метод [2]. Данный метод заключается в воздействии на объект полем постоянного магнита и регистрации усилия отрыва магнита от исследуемой поверхности. Величина данного усилия K_f несет информацию о толщине и магнитных характеристиках покрытия (магнитной проницаемости), на которые оказывают влияние механические напряжения [3].

Целью данной работы является повышение информативности контроля распределения напряженно-деформированного состояния в ионно-плазменном покрытии камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя.

Как уже было сказано выше, для контроля распределения остаточных напряжений целесообразней применять магнитный метод на основе контроля изменения магнитной проницаемости в зависимости от действующих напряжений (рис.3) [4]. На графике (рис.3) синей сплошной линией показана кривая нагружения от нуля до разрыва образца. Черными линиями показаны промежуточные разгрузки образца в ноль. Уровень микронапряжений определяет магнитоотрывное усилие датчика. Точка А полное нагружение. Точка D разгрузка, Точка С макронапряжения равны 0. Точка Б промежуточное состояние.

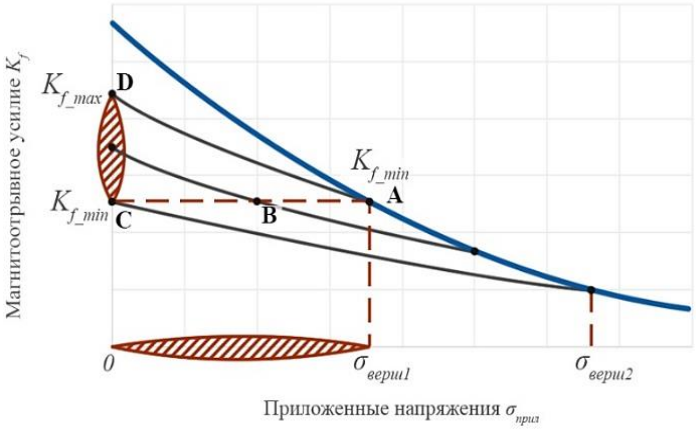


Рис. 3 – График изменения магнитоотрывного усилия (K_f) от приложенных напряжений ($\sigma_{прил}$) в зависимости от наличия остаточных напряжений ($\sigma_{ост}$)

Выражение (3) позволяет рассчитать $\sigma_{ост}$ по полученным в ходе экспериментов данным по магнитоотрывному усилию K_f и значениям $\sigma_{верш}$.

$$\sigma_{\text{ост}} = \frac{\sigma_{\text{верш}}\left(K_{f_min}K_{f_max}N - K_{f_max}c_1 h\right)}{5\left(K_{f_min}c_1 h - K_{f_max}c_1 h\right)}, \quad (1)$$

где $\sigma_{верш}$ – величина приложенных напряжений $\sigma_{прил}$ до которых нагружался образец;
K_{f_min} – величина отрывного усилия при нагружении, в условиях, когда на образец действуют приложенные напряжения $\sigma_{верш}$;
K_{f_max} – величина отрывного усилия при разгрузке, т.е. когда приложенные напряжения равны нулю, а остаточные напряжения $\sigma_{ост}$ сформированы при предварительном нагружением до $\sigma_{верш}$;
c_1 – размерный коэффициент (устанавливается численно на основании измерений K_f на образцах с известной магнитной восприимчивостью);
h – толщина материала;
N – размагничивающий фактор, в случае тонких покрытий равный 1.

На рисунке 4 представлена измерительная головка оборудования контроля. В основе датчика содержится метод и зависимость, описанная выше с учетом толщины покрытия. Контроль механических напряжений заключается в воздействии на объект полем постоянного магнита и регистрации усилия отрыва магнита от исследуемой поверхности. Величина данного усилия K_f несет информацию о толщине и магнитных характеристиках покрытия, на которые оказывают влияние механические напряжения. Прибор состоит из трех датчиков: 1 – вихретоковый; 2 – датчик измерения напряжений; 3 – датчик измерений толщины. В данной работе вихретоковый датчик не использовался. Датчик толщиномера измеряет магнитоотрывное усилие и несет информацию (магнитных характеристик, например: магнитной проницаемости) о толщине покрытия. Датчик измерения напряжений работает на эффекте Холла, сенсор Холла реагирует на магнитное поле от датчика и напряжение Холла переводится в значения напряжения.

Рис. 4 – Измерительная головка оборудования контроля

Для реализации метода, была разработана установка (рис.5), позволяющая сначала проводить контроль толщины и учесть его в контроле напряжений. Так как проводить измерения приборами очень долговременно и в ручном режиме проконтролировать напряжения очень трудно, из-за того, что человеческую руку сложно стабилизировать в одной точке узла ЖРД, который имеет сложную геометрическую форму. Оборудование состоит из 1 – корпус установки; 2 – стол поворотно-центрирующийся; 3 – платформы позиционирования; 4 – манипулятор головки измерительной; 5 – головка измерительная; 6 – панель оператора; 7 – блок управления; 8 – шкаф силовой; 9 – камера видео наблюдения; 10 – компьютер.

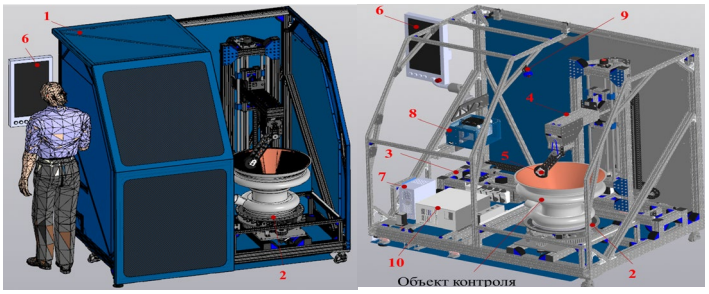


Рис. 5 – Оборудование автоматизированного контроля качества защитных покрытий

Объектом контроля (ОК) является деталь сборочной единицы камеры сгорания (рис.6). Красными стрелками обозначены направления сканирования по поясам, а желтыми по сечениям. В одном поясе содержится 4 точки и 4 сечения. Было выполнено 3 измерения.

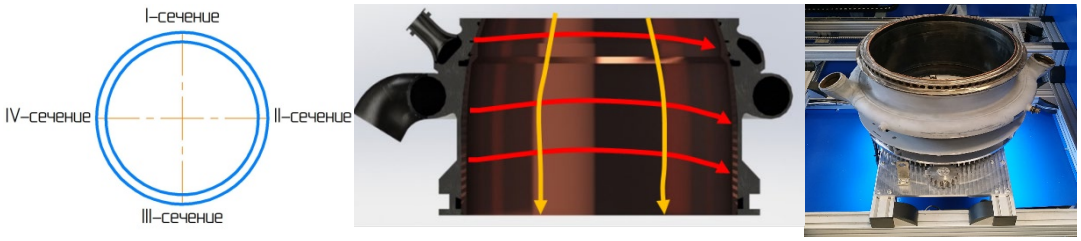


Рис. 6 – Объект контроля

На риунке 7 представлен разработанный алгоритм программного обеспечения (ПО) оборудования контроля, который лег в разработку методики. Данный алгоритм включает циклы от подготовки объекта контроля до анализа результатов сканирования.

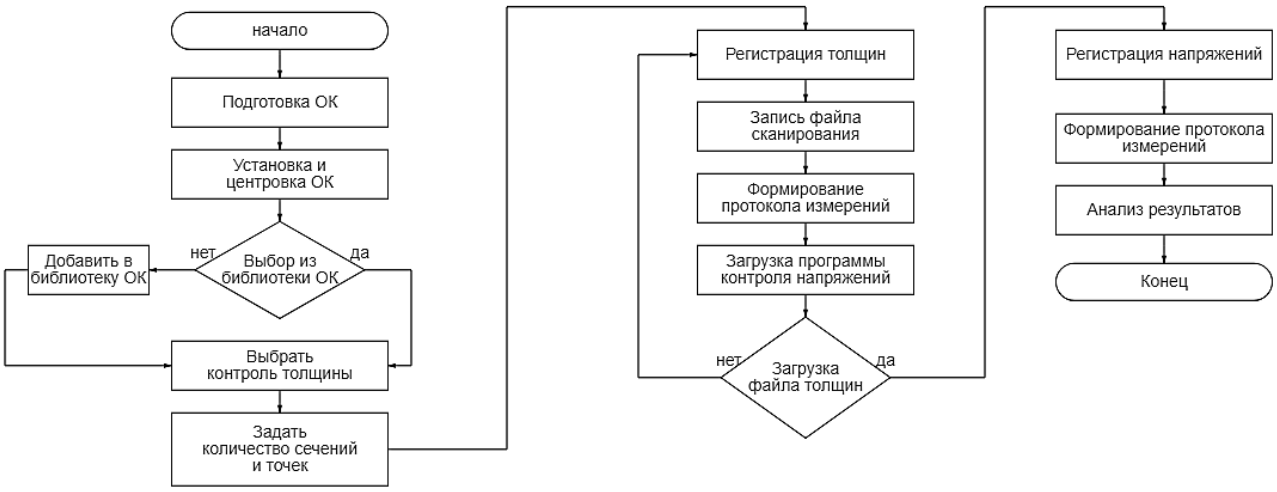


Рис. 7 – Алгоритм ПО оборудования контроля

Методика контроля функциональных покрытий на предприятии-изготовителе разделяется на 6 этапов:

- этап №1 – Подготовка ОК к проведению измерений: визуальный осмотр на наличие повреждений; протереть поверхность внутренней стенки ОК от загрязнений используя влажную ткань; установка ОК; задание граничных условий;
- этап №2 – Автоматизированный контроль толщины никелевого покрытия: контроль должен выполняться в технологическом цикле изготовления КС ЖРД после напыления никелевого покрытия; сканирование внутренней поверхности ОК; формирование протокола измерений;
- этап №3 – Автоматизированный контроль толщины хромового покрытия: контроль должен выполняться в технологическом цикле изготовления КС ЖРД после напыления

хромового покрытия на никелевый подслой; сканирование внутренней поверхности ОК; формирование протокола измерений;

- этап №4 – Автоматизированный контроль распределения напряжений в никелевом покрытии: сканирование внутренней поверхности ОК; формирование протокола измерений;
- этап №5 – Автоматизированный вихретоковый контроль (ВТК): сканирование внутренней поверхности ОК; формирование протокола измерений;
- этап №6 – Оформление результатов контроля: оформление заключения по результатам измерений; регистрация результатов в журнале лаборатории; архивирований копий заключений по результатам измерений.

В данной работе выполнялось исследование только никелевого покрытия (этапы №1, №2, №4).

Апробация методики проводилась в три этапа измерений. На рисунке 8 представлены графики измерения толщины никелевого покрытия для четырех сечений ОК. По оси абсцисс указаны 11 точек измерений, по оси ординат значения распределения толщин.

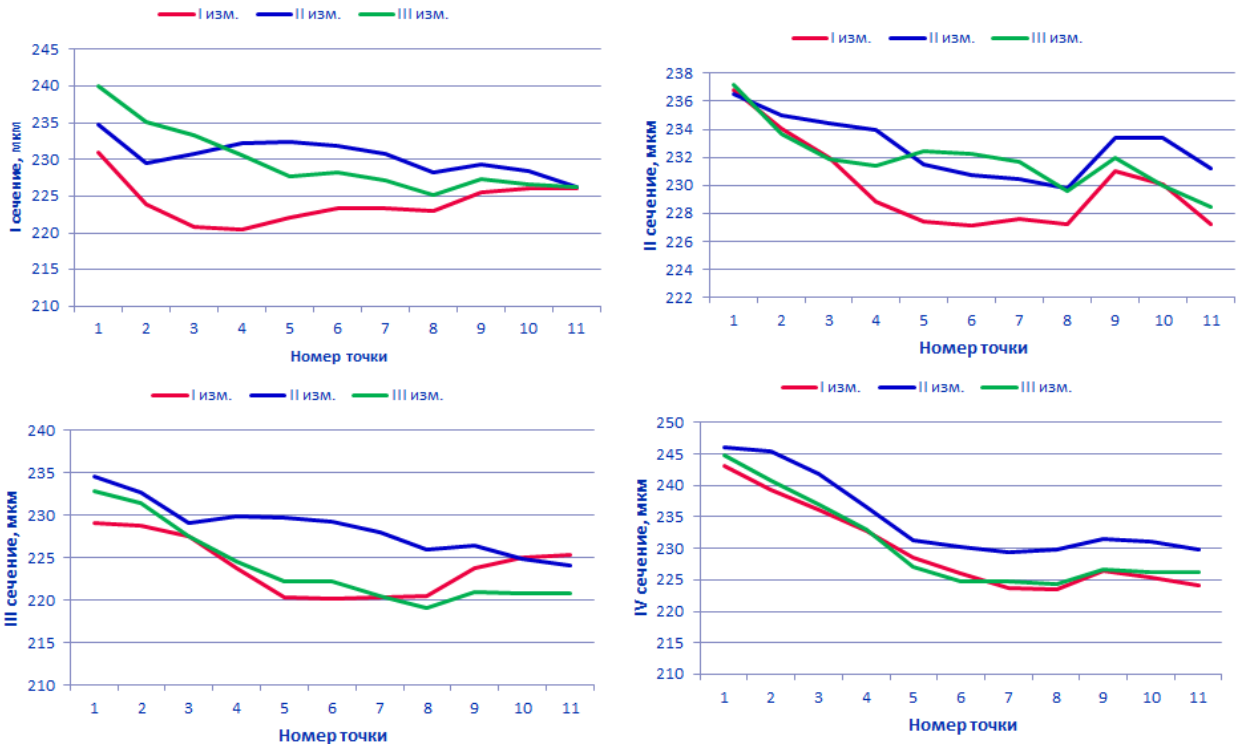


Рис. 8 – Графики измерения толщины никелевого покрытия для четырех сечений

Из графиков на рисунке 8 видно, что распределение толщин по сечениям сверху вниз неравномерно, это означает что в технологическом цикле на камеру напыляется разная толщина, а также стоит отметить, что объект контроля после огненных испытаний.

На рис. 9 представлены графики регистрации напряженно-деформированного состояния никелевого покрытия для четырех сечений ОК. По оси абсцисс указаны 11 точек измерений, по оси ординат значения распределения напряжений.

Как видно из графиков, представленных на рисунке 9, при каждом новом измерении напряжения в покрытии уменьшаются, это связано с тем, что покрытие намагничивается и перед каждым измерением, его нужно размагничивать.

В результате апробации методики выявлено, что намагниченность сильно влияет на контроль НДС покрытия, а на контроль толщины влияет слабо.

По результатам исследований был выполнен статистический анализ повторяемости измерений.

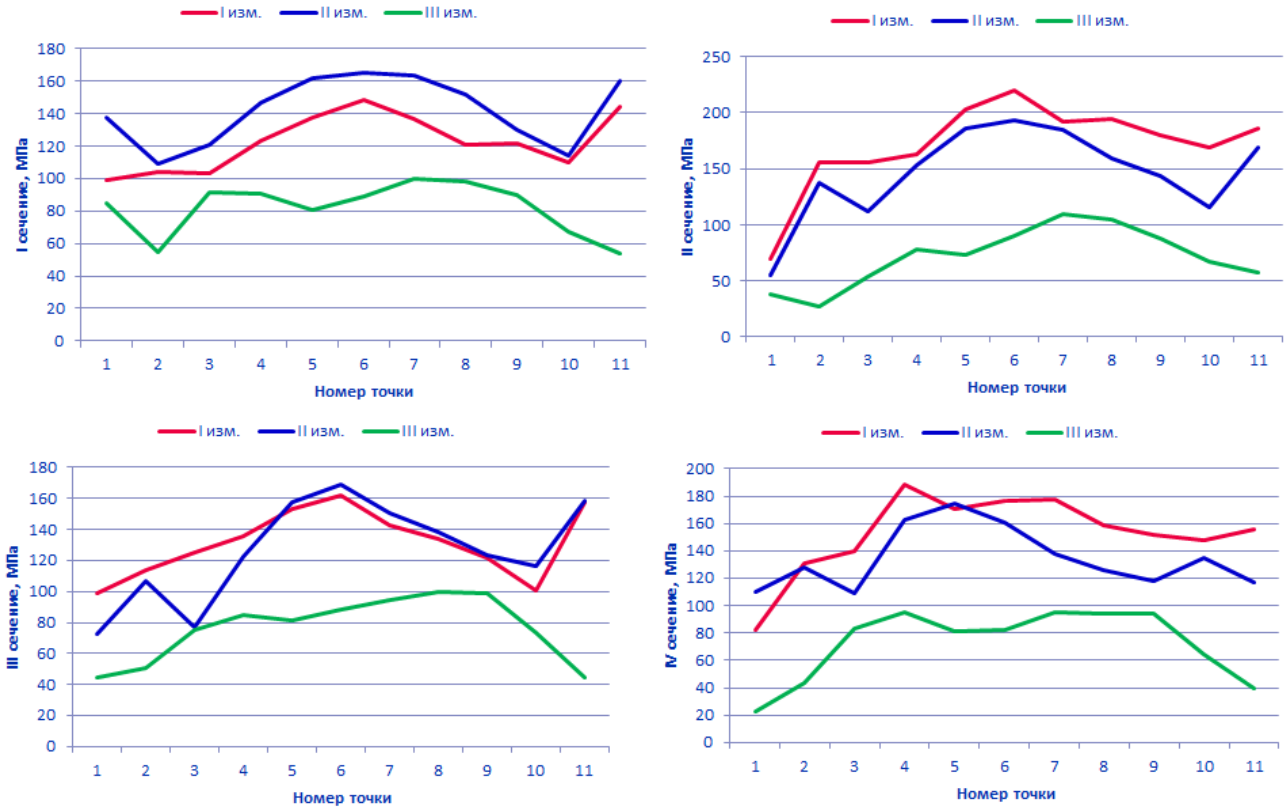


Рис. 9 – Графики измерения НДС никелевого покрытия для четырех сечений

По формуле (2) найдено среднеквадратичное отклонение повторяемости результатов измерений [5].

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где, $\overline{X}$ – среднее значение выборки, выборка составляет 11 точек; X_i – значение выборки; n – количество измерений, для данного случая равняется 3.

По формуле (3) рассчитана среднеквадратичная ошибка среднеарифметического. Ошибка $S_{\bar{x}}$ характеризует точность, с которой получено среднее значение измеренной величины $\bar{x}$. Это фундаментальный закон возрастания точности при росте числа измерений.

$$S_{\bar{x}} = \frac{SD}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

По формуле (4) рассчитана абсолютная ошибка данной доверительной вероятности.

$$\Delta x = S_{\bar{x}} \times t, \quad (4)$$

где, t – коэффициент Стьюдента для трех измерений.

По формуле (5) рассчитана относительная погрешность результатов измерений.

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{X}} \times 100\%. \quad (5)$$

Таким образом, по статистическому анализу было доказано, что измерение толщины никелевого покрытия вошло в требуемый диапазон относительной погрешности, который составляет 10%. Результаты измерений НДС не оценивались, так как их невозможно метрологически подтвердить.

В результате работы повышена информативность контроля деталей и сборочных единиц КС ЖРД, которая заключается в получении информации непосредственно с объекта контроля, а не с контрольного образца; увеличено количества точек контроля и возможность контроля распределения напряженно-деформированного состояния. Разработан алгоритм контроля,

который лег в основу разработки методики. Проведена практическая апробация методики. В дальнейшем планируется провести апробацию на реальных объектах и внедрить данную методику в производственный процесс.

Список использованных источников

1. Остаточные напряжения в металлопродукции: учебное пособие / С.П. Буркин, Г.В. Шимов, Е.А. Андрюкова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 248 с.
2. Гнутенко Е.В., Рудницкий В.А. Определение толщин составляющих двухслойного никель-хромового покрытия магнитным пондеромоторным методом при одностороннем доступе к контролируемой поверхности // Приборы и методы измерений. – 2017. – Т. 8. – №4. – С. 365-373.
3. Rasilo P., Aydin U., Martin F., Belahcen A., Kouhia R., Daniel L. Equivalent Strain and Stress Models for the Effect of Mechanical Loading on the Permeability of Ferromagnetic Materials // IEEE Trans. Magn. – 2019. – V.55. – №6. – Pp. 1-4.
4. Кутепов А.Ю., Крень А.П., Гнутенко Е.В. Оценка растягивающих напряжений в никелевых покрытиях магнитным пондеромоторным методом // Приборостроение-2018: материалы 11-й Международной научно-технической конференции, 14-16 ноября 2018 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 28-30.
5. Стандартное отклонение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://statistica.ru/glossary/general/standartnoe-otklonenie/ (дата обращения: 08.04.2022).

УДК 004.912:004.624:004.67

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ В СФЕРЕ РОЗНИЧНОЙ ОНЛАЙН ТОРГОВЛИ

Рубан А.О.

Научный руководитель – Максимова Т.Г., профессор, доктор экономических наук, профессор факультета инфокоммуникационных технологий, профессор факультета технологического менеджмента и инноваций

ruban_1998@hotmail.com

Ключевые слова

Веб-сервис, разработка, тестирование, агрегация данных, поартикулькая аналитика, финансовый анализ, бизнес-процессы, интернет-торговля, маркетплейсы.

По данным ассоциации компаний интернет-торговли (АКИТ), за январь-март 2022 г. россияне потратили на онлайн-покупки товаров 1,25 трлн рублей – на 59% больше, чем за тот же период 2021 г. [1]. Около 93% этих денег получили российские интернет-магазины. Во всём ритейле страны доля e-commerce достигла исторического рекорда – 11,2% от общего оборота. Мощнейшими драйверами такого роста являются маркетплейсы – онлайн платформы, забирающие на себя логистику до покупателя и предоставляющие витрину в интернете. Больше всего покупок, совершённых в интернете, приходится на маркетплейсы – по оценке компании Data Insight, по итогам 2021 г. они заняли 38% этого рынка по обороту и более 60% – по количеству заказов. Крупные маркетплейсы — Wildberries, Ozon, «Aliexpress Россия» и «Яндекс.Маркет». При этом, по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), в 2020 г. на онлайн-продажи пришлось только 3,9% оборота розничной торговли в РФ против 2% в 2019 г. [2], что свидетельствует о потенциале дальнейшего роста розничной интернет-торговли. Этому способствует и расширение категорий продаваемых товаров. Среди маркетплейсов по данным исследовательского агентства Data Insight по итогам 2021 г. [3] можно выявить явного лидера – Wildberries – 771 млн заказов, Ozon – 221 млн, «AliExpress Россия» – 48 млн. Однако предпринимателям выгодно иметь представительство на нескольких маркетплейсах, чтобы диверсифицировать риски, появляющиеся при работе с одной компанией и не терять клиентов, предпочитающих другой маркетплейс. В связи с этим возникает проблема агрегации данных о заказах с разных площадок для дальнейшей отгрузки, сбора статистики о результате проделанной работы над карточкой товара, контроля остатков, числящихся на определенной площадке и анализа финансовых показателей по отдельной площадке, по отдельному товару, и по компании в целом.

Обычно это проблема решается расширением штата сотрудников из-за отличия логики работы и нюансов при работе с каждым отдельным маркетплейсом. Что является проблематичным решением для малого бизнеса, который не может себе этого позволить и финансово неэффективным для среднего и крупного, если не стоит задача быстрого выхода на рынок. Была поставлена гипотеза о необходимости разработки сервиса, который создавал единое окно для управления товаром на разных площадках и агрегации финансовых данных.

В ходе работы был проведен анализ конкурентов, исследовано API маркетплейсов, исследованы технологии разработки frontend, backend приложений и системы баз данных, разработан минимальный жизнеспособный продукт и проведено тестирование приложений.

Анализ конкурентов и общение с партнерами маркетплейсов показал, что:

5. Существует рынок веб-сервисов для решения проблемы продажи одного товара на нескольких площадках и работы с несколькими площадками. Что доказывает готовность пользователей платить за решение данной задачи.
6. Нет специализированного решения, не требующего дорогостоящей дополнительной настройки.

Была разработана следующая архитектура системы (рис.1). Для backend части рассматривались два фреймворка Flask и Django. В сравнении двух фреймворков, качественной характеристикой является производительность системы. Выбранные фреймворки используют вычислительную мощность на полную (работая многопоточно), с помощью WSGI задачи выполняются на всех потоках доступных логических ядрах процессора. Для frontend части рассматривались 3 фреймворка Vue.js, React и Angular. В сравнении фреймворков был выбран Vue.js. В качестве СУБД были рассмотрены MySQL, MongoDB и PostgreSQL. MongoDB была отклонена из-за сложности интеграции с Django. И была выбрана PostgreSQL за большую производительность относительно MySQL.

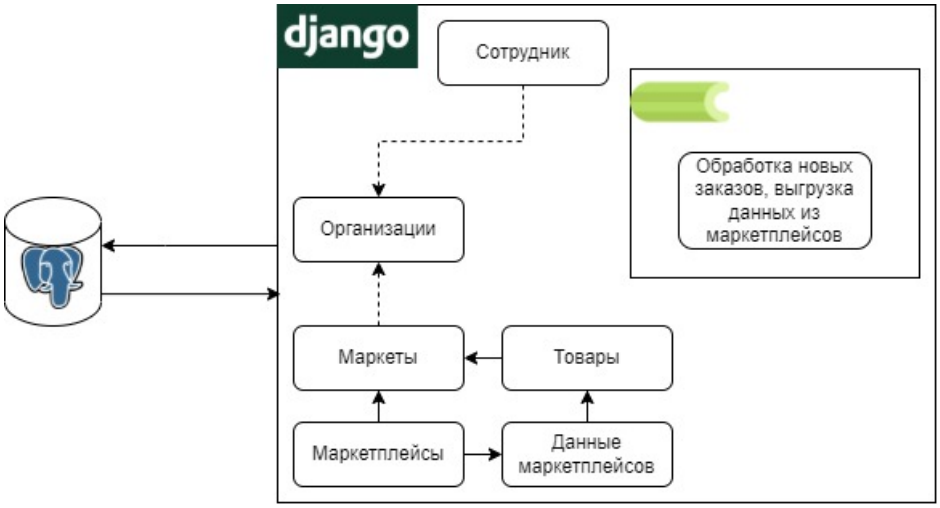


Рис. 1 – Архитектура системы

Для работы веб-сервис использует API маркетплейсов. Доступы к ним необходимо получить от пользователя в личных кабинетах продавцов. У Ozon для аутентификации внешних запросов используется два параметра в заголовках запроса «client-id» и «api-key». У Wildberries актуальны две версии API (старое и новое). Для старого API используется аутентификация по параметру запроса. Для нового API – параметр в заголовках запроса. Из доступного функционала по API используются такие запросы как: список товаров магазина; список транзакций за определённую дату; создание и просмотр поставок. Данные по транзакциям проходят через разработанный обработчик и на выходе получаются данные о каждом товаре в отдельности.

Основной сущностью системы является организация. У каждой организации предусмотрен свой набор ролей в организации (должности). Название и права доступа определяются руководителем организации. Работники организации имеют установленную должность и срок предоставления обязанностей, по истечению которых действия от имени организации и данные будут недоступны.

Тестирование backend части происходило автоматизировано, с помощью инструментария Postman и Unit-тестирования. Для приближения тестирования к более реальным условиям в Postman даты были объявлены как переменные и генерировались по определенному правилу (рис.2).

Результаты тестирования показали, что на любой промежуток дат сервер не падает в ошибки и 99% всех ответов были даны за 2 секунды с начала запроса. В качестве сервиса логирования используется Sentry.io. Сервис позволяет мониторить ошибки и производить отладку удаленно.

На данный момент веб-сервисом пользуются 3 клиента на постоянной основе.

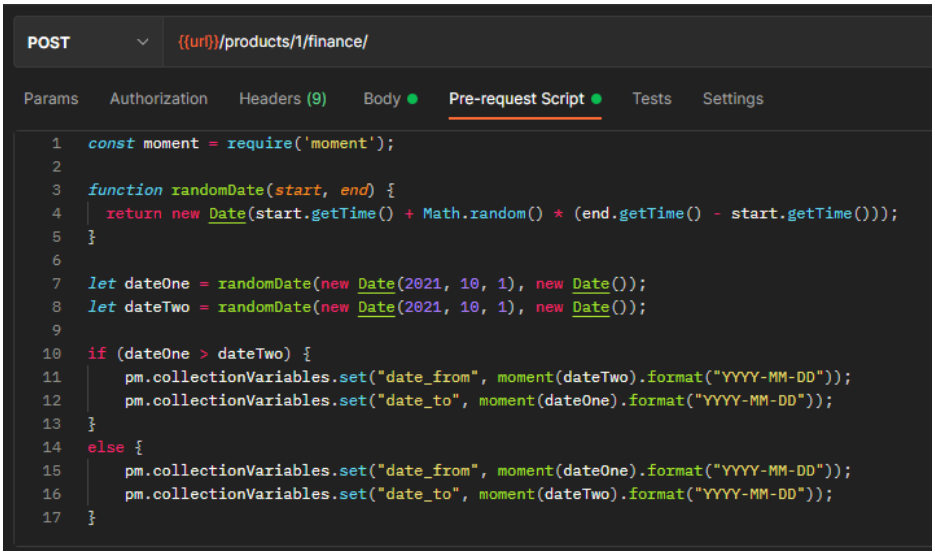


Рис. 2 – Код генерации тела запроса

В результате работы было получено представление о рынке сервисов агрегации данных с разных маркетплейсов, разработана архитектура и минимальный жизнеспособный продукт, проведено тестирование приложения. Для демонстрации работы аналитики была сделана страница с частичным функционалом [4].

В дальнейшие планы развития входят расширение пользовательской базы, расширение функционала по работе с товарами (аналитика SEO, прогноз остатков, маржинальность и ROI).

Список используемых источников

1. Будущее уже не то: у Wildberries, Ozon и других больше нет планов, но есть наши деньги. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vc.ru/trade/424409-budushchee-uzhe-ne-to-u-wildberries-ozon-i-drugih-bolshe-net-planov-no-est-nashi-dengi (дата обращения: 27.05.2022).
2. Розничная торговля, туризм. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/folder/23457 (дата обращения: 27.05.2022).
3. Рейтинг российских интернет-магазинов Топ-100 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://datainsight.ru/winners-top100-2022 (дата обращения: 27.05.2022).
4. Демо финансовой аналитики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dashboard.strite.ru/demo (дата обращения: 25.06.2022).

УДК 004.9:004.21:65.011.56:658.512:681.2:621

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рыбников В.Р.

Научный руководитель – Помпеев К.П., доцент, кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники

Rybnikov.VR@yandex.ru

Ключевые слова

Формализация процесса, базирование, технологические базы, САПР ТП, размерно-точностный анализ, алгоритмы, характеристики плоскостных элементов, математические модели, правила базирования.

Автоматизированное проектирование маршрутных технологических процессов изготовления деталей типа тел вращения с использованием САПР ТП, реализующей метод синтеза, рассматривается как многоуровневый, итерационный процесс [1,2,3].

Одной из важных задач, решаемых на уровне проектирования маршрутного технологического процесса, является определение технологических баз заготовки. Применительно к ТП изготовления деталей типа тел вращения в качестве технологических баз заготовки на механообрабатывающих операциях выступают плоскостные элементы и элементы вращения. Для решения данной задачи в автоматизированном режиме необходимо формализовать этот процесс, то есть разработать ряд формализованных правил, позволяющих снизить влияние субъективного фактора на него, тем самым повысить качество проектирования маршрутных ТП [3,4].

В настоящее время такие правила разработаны применительно к элементам вращения при условии, что для плоскостных элементов технологические базы уже назначены вручную технологом, что зависит от его опыта и квалификации. Поэтому задача разработки формальных правил определения технологических баз для плоскостных элементов является актуальной [4].

В развитых странах данную проблему обходят путем концентрации (укрупнения) операций механообработки и выполнений их на многокоординатных станках с ЧПУ. Для России, где на предприятиях существует большой парк универсальных станков, в том числе трехкоординатных станков с ЧПУ, и имеются сложности с приобретением иностранных многокоординатных станков с ЧПУ, формализация выбора технологических баз и дальнейшее развитие при решении указанной выше задачи до автоматизированного проектирования технологического процесса, позволит приблизится к экономической эффективности передовых промышленных стран [3,4].

Проведенные исследования действующих заводских ТП изготовления различных деталей типа тел вращения совместно с чертежами этих деталей показали, что назначение технологических баз для плоскостных элементов зависит от следующих параметров: состояния элемента после операции (предварительное или окончательное); вида операции (механическая или не механическая); наличия конструкторских связей рассматриваемого плоскостной элемента (РПЭ) с элементами, находящимися с той же стороны детали по отношению к РПЭ; наличия одной или более конструкторской связи РПЭ с элементами, находящимися с противоположной стороны детали по отношению к нему.

С учетом вышесказанного, ведены соответствующие обозначения этих параметров:

$РПЭ_{yhq}$ – рассматриваемый плоскостной элемент номера y ($1 = y \leq z$), получающий состояние h ($0 = h \leq f$) на рассматриваемой операции q ($1 = q \leq k$);

Oq – рассматриваемая операция ТП (не механическая или механическая) номера q, Oq = {НЕМЕХ, МЕХ};

$НСП_{ОСД}$ – наличие плоскостных элементов (ПЭ), связанных конструкторскими размерами с рассматриваемым элементом и расположенные с той же стороны детали по отношению РПЭ ($НСП_{ОСД} \geq 0$).

$КСП_{ПСД}$ – количество ПЭ, связанных конструкторскими размерами с рассматриваемым элементом и расположенные с противоположной стороны детали по отношению РПЭ ($КСП_{ПСД} \geq 1$).

С учетом этого, были введены соответствующие обозначения этих параметров, целесообразное сочетание которых позволило выделить семь конструктивно-технологических характеристик обрабатываемых плоскостных элементов (ХПЭ1…ХПЭ7), влияющих на определение их технологических баз, описание и математические модели которых представлены в [5].

Для использования выявленных характеристик в условиях САПР ТП был разработан алгоритм их определения для обрабатываемых плоскостных элементов на операциях ТП механообработки заготовок. На рисунке 1 представлен алгоритм определения характеристик обрабатываемых плоскостных элементов на операции ТП в общем виде.

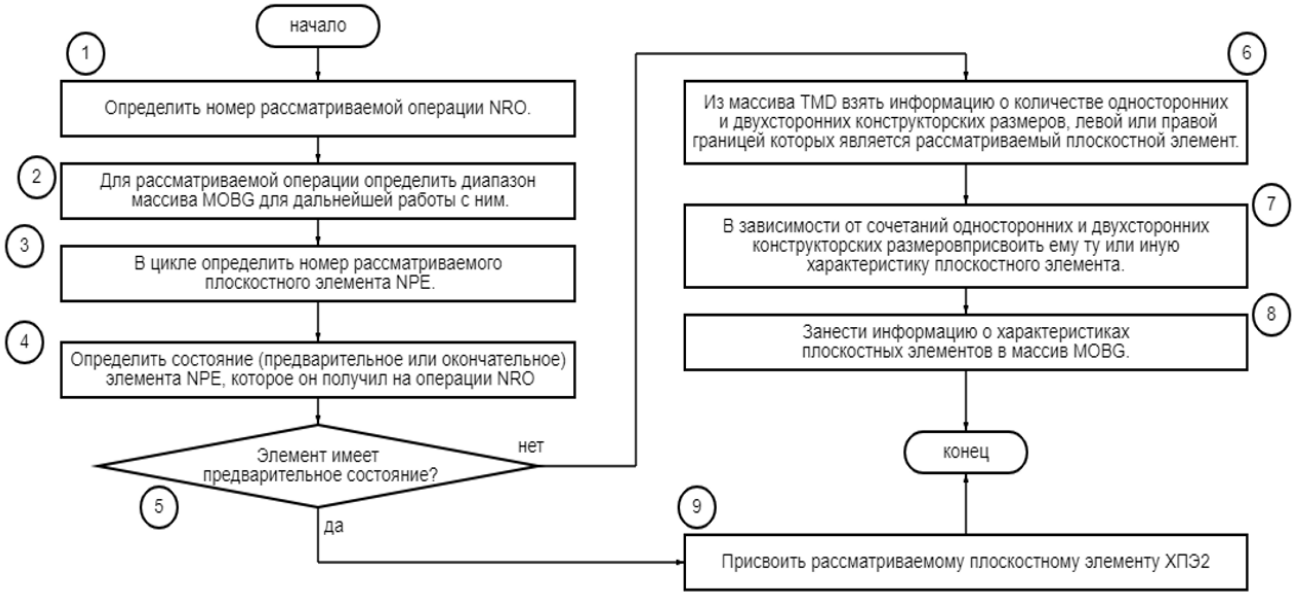


Рис. 1 – Алгоритм определения характеристик обрабатываемых плоскостных элементов на операции ТП в общем виде

Суть алгоритма в том, что определяется какое состояние имеет рассматриваемый плоскостной элемент и сколько у него конструкторских связей с другими плоскостными элементами той или иной стороны детали (заготовки), и в зависимости от полученных результатов ему присваивается та или иная характеристика. Указанная последовательность действий более подробно оформлена в виде блок-схемы, которая представлена в [5].

Приведем пример работы одной из характеристик. На рисунке 2 показано графическое представление действующего технологического процесса и табличное представление его последней операции. Справа на рис.2 представлен фрагмент массив MTG. В общем случае в этот массив заносится информация об операциях, то есть для каждой операции ТП указывается код группы станка, технологическая база операции, номер операции, точность обработки, характер базы и какие плоскостные элементы обрабатываются на операции.

Рассмотрим плоскостной элемент 300, обрабатываемый на последней операции ТП. Данный элемент имеет характеристику ХПЭ6, которая сформулирована следующим образом.

ХПЭ6 – рассматриваемый элемент получает окончательное состояние на операции механической обработки, имеет конструкторские связи с ПЭ, расположенными с той же стороны детали по отношению к РПЭ, имеет 1 конструкторскую связь с ПЭ, расположенным с противоположной стороны детали. Математическую модель характеристики ХПЭ6 можно представить следующим символьным выражением

$$\text{ХПЭ6} = (\text{РПЭ}_{yhq} = \text{РПЭ}_{yfq}) \cap (O_q = \text{МЕХ}) \cap (\text{НСП}_{\text{ОСД}} \geq 1) \cap (\text{КСП}_{\text{ПСД}} = 1).$$

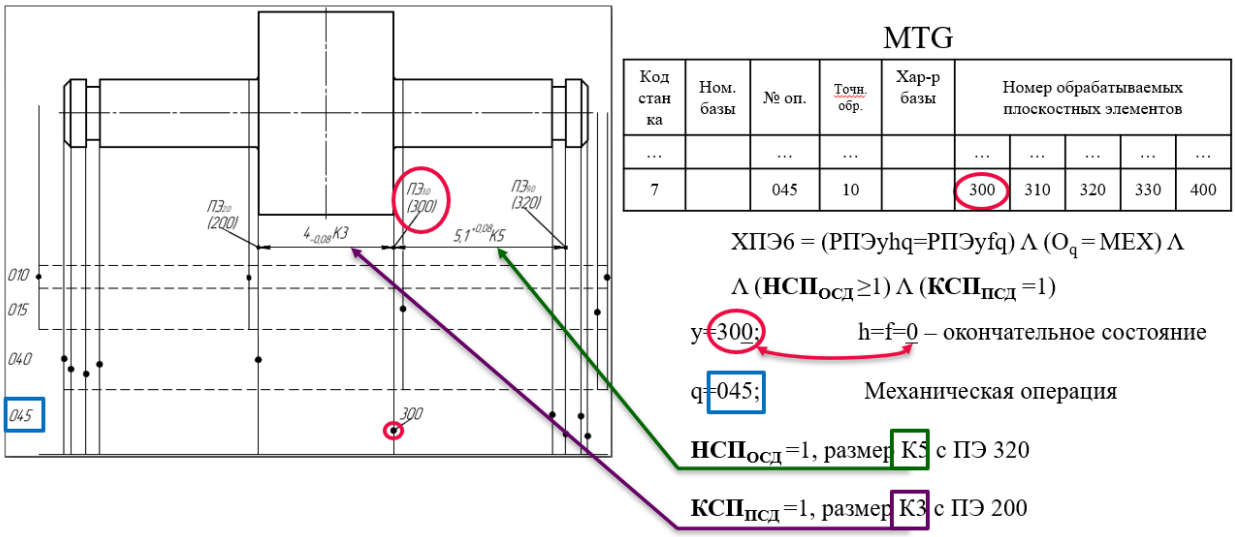


Рис. 2 – Пояснение работы 6 характеристики плоскостного элемента

Элемент 300 имеет окончательное состояние, которое видно из его нумерации. Последнее число его номера, показывает какое состояние имеет плоскостной элемент. Это состояние элемент получает на механической операции, в данном случае на 045 операций, которая является механической. Также данная характеристика говорит о том, что плоскостной элемент имеет одну конструкторскую связь с плоскостным элементом, расположенный с противоположной стороны заготовки по отношению к рассматриваемому плоскостному элементу. Также у плоскостного элемента присутствуют конструкторские связи с плоскостными элементами, расположенными с той же стороны заготовки, что и рассматриваемый плоскостной элемент. В данном случае рассматриваемый плоскостной элемент 300 имеет по одной конструкторской связи каждого типа.

Проведенные исследования действующих технологий на основе использования разработанных конструктивно-технологических характеристик плоскостных элементов позволили разработать 11 правил назначения технологических баз для этих элементов.

Также на примере плоскостного элемента 300 покажем работу одного из правил, а именно правила ПБПЭ1.

При этом кроме указанных ранее обозначений в формальных выражениях, описывающих рассматриваемое правило, будем использовать также следующие обозначения:

ПБПЭ – правило базирования плоскостного элемента;

$\text{ТБ}_{\text{РПЭyhq}}$ – технологическая база рассматриваемого плоскостного элемента;

ПЭ_{wfi} – плоскостной элемент номера w (1= w ≤ z), получающий окончательное состояние f (h = f), на операции i;

{ПЭПС} – множество плоскостных элементов противоположной стороны заготовки относительно рассматриваемого ПЭ;

$\text{КС}_{\text{РПЭ}}$ – конструкторская связь с рассматриваемым плоскостным элементом;

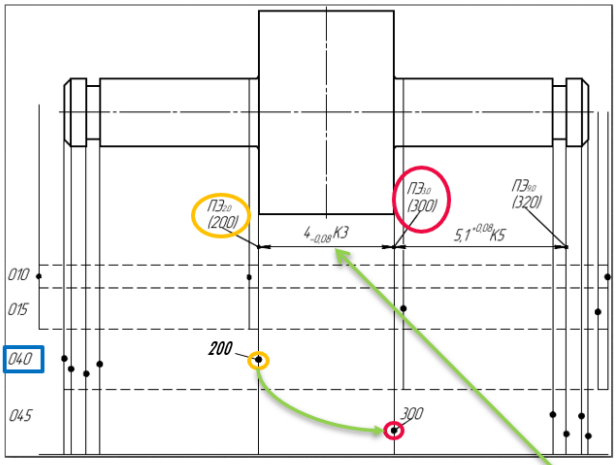
Тв – техническая возможность принятия элемента ПЭ_{whi} в качестве базы.

Остальные обозначения, используемые в формальных описаниях других правил, представлены в [5].

Рисунок 3 иллюстрирует работу рассматриваемого правила ПБПЭ1. На этом рисунке показан массив MOBG, в который заносится информация о номерах обрабатываемых плоскостных элементов, обозначениях их характеристик, номере операции, на которой элементы получают свое состояние, для каждого плоскостного элемента указывается обозначение правила базирования, которое было применено к нему, и номер базирующего элемента для него. Правило ПБПЭ1 было сформулировано следующим образом.

ПБПЭ1 – Технологической базой рассматриваемого плоскостного элемента следует принять плоскостной элемент в окончательном состоянии, получивший его ранее и находящийся с противоположной стороны заготовки по отношению к рассматриваемому плоскостному элементу и имеющий конструкторскую связь с рассматриваемым плоскостным элементом, с учетом технической возможности реализации этого базирования. Математическую модель данного правила можно представить следующим символьным выражением

$$\text{ТБ}_{\text{РПЭ}yhq} \leftrightarrow \text{ПЭ}_{wfi}\left[(\text{ПЭ}_{wfi}\epsilon\{\text{ПЭПС}\}, i < q) \cap (\text{КС}_{\text{РПЭ}} = 1) \cap (\text{Т}_{\text{В}} = 1)\right].$$



MOBG

№ обрабатываемого элемента	Характеристика элемента	№ операции	Правило базирования	Базирующий элемент
300	ХПЭ6	045	ПБПЭ1	200
310	ХПЭ3		–	–
320	ХПЭ3		–	–
330	ХПЭ3		–	–
400	ХПЭ6		ПБПЭ1	100

$\text{ТБ}_{\text{РПЭ}yhq} \Leftrightarrow \text{ПЭ}_{wfi}$ [(ПЭ_{wfi} ϵ{ПЭПС}, i < q) ∧ ∧ ($\text{КС}_{\text{РПЭ}}$=1) ∧ (ТВ=1)]

w=200; f=0 – окончательное состояние

i=040;

$\text{КС}_{\text{РПЭ}}$=1, размер К3 с ПЭ 200

Рис. 3 – Пояснение работы 1 первого правила базирования плоскостного элемента

В данном случае для рассматриваемого плоскостного элемента 300 примем в плоскостной элемент 200 качестве базирующего элемента, который находится с противоположной стороны заготовки по отношению к рассматриваемому, получил свое окончательное состояние ранее на предыдущей операции по отношению к рассматриваемой, то есть на операции 040, и данный плоскостной элемент имеет конструкторскую связь с рассматриваемым плоскостным элементом.

Также для каждого правила базирования плоскостных элементов были разработаны алгоритмы их применения. На рисунке 4 в качестве примера представлен алгоритм определения технологических баз для обрабатываемых плоскостных элементов, реализующий правило ПБПЭ1. Остальные алгоритмы, реализующие правила ПБПЭ2 – ПБПЭ11, представлены в [5].

Суть алгоритма в том, что выявляется плоскостной элемент, имеющий конструкторскую связь с рассматриваемым плоскостным элементом, далее проверяется то, что этот плоскостной элемент получил свое окончательное состояние ранее и технически возможно его использовать в качестве технологической базы. Указанная последовательность действий более подробно оформлена в виде блок-схемы, которая представлена в [5].

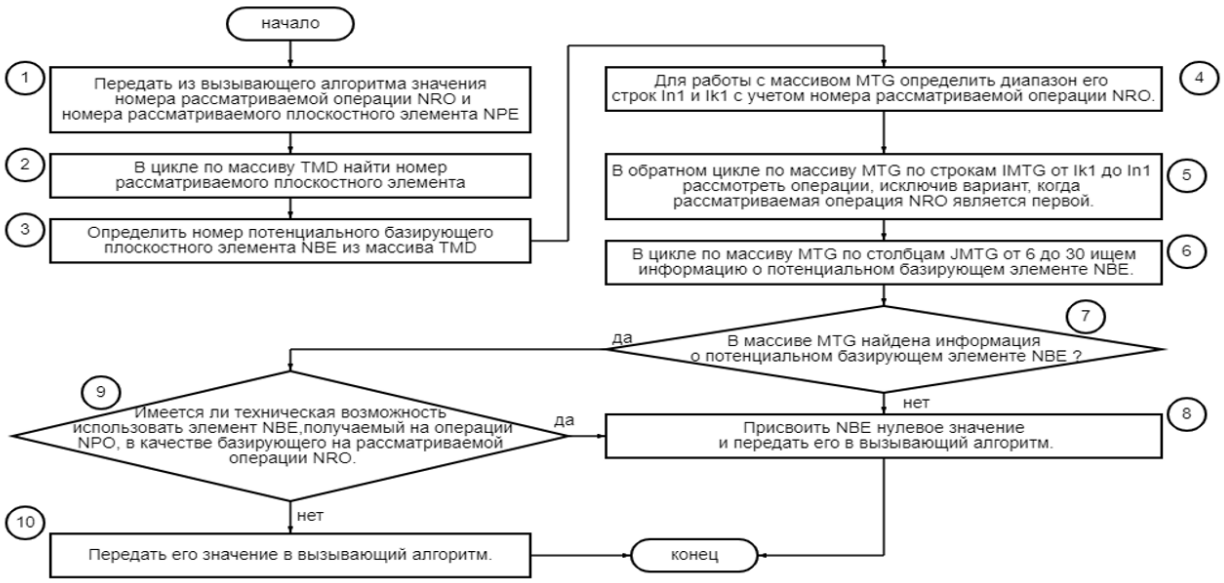
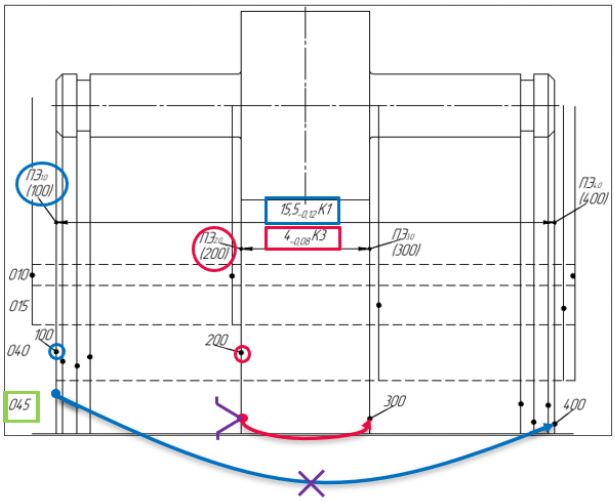


Рис. 4 – Алгоритм в общем виде, реализующий правило ПБПЭ1

После определения технологических баз, обрабатываемых на операции плоскостных элементов, возможна альтернатива выбора технологической базы заготовки. В рассматриваемом примере, представленном на рисунке 5, выбор происходит между плоскостными элементами 200 и 100, указанными в массиве MBG.



MBG

№ операции	Варианты базирующих элементов				Принятый базирующий элемент
	1	2	3	4	
045	200	100	–	–	**200**

В качестве базы заготовки выбираем ПЭ 200, имеющий с ПЭ 300 более точную связь К3 ($IT_{К3}$=0,08 мм < $IT_{К1}$=0,12 мм)

MTG

Код станка	Ном. базы	№ оп.	Точн. обр.	Хар-р базы	Номер обрабатываемых плоскостных элементов				
…		…	…		…	…	…	…	…
7	**200**	045	10	**1**	300	310	320	330	400

Рис. 5 – Определение технологической базы заготовки

Для окончательного определения технологической базы заготовки, необходимо определить величины допусков на конструкторские связи. В данном случае выходит, что для связи $К_1$ допуск составляет 0,12 мм, а для связи $К_3$ – 0,08 мм.

В качестве технологической базы применяем тот плоскостной элемент, который имеет конструкторскую связь с наименьшим допуском из рассматриваемых, то есть плоскостной элемент 200. Данная последовательность действий позволяет определять технологическую базу заготовки.

Внедрение разработанных формальных правил определения технологических баз плоскостных элементов и алгоритмы их реализации, корректность которых была проверена на действующих технологических процессах изготовления деталей типа тел вращения, в САПР ТП, реализующих метод синтеза, позволит: ускорить процесс принятия решений; повысить

качество проектирования; заметно снизить влияние субъективного фактора на качество принимаемых решений.

Список использованных источников

1. Кутилова О.И., Магницкая С.Ф., Фролова И.Н. Способ построения схемы обработки детали на основе размерного синтеза технологического процесса // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. – №10. – С. 28–33.
2. Сысоев Ю.С., Федотов А.Г., Томилин С.А. Повышение точности формы детали путем распределения припуска посредством базирования // СТИН. – 2003. – №9. – С. 28-32.
3. Рыбников В.Р., Киприянов К.В. (науч. рук. Помпеев К.П.) Формализация процесса определения технологических баз для плоскостных элементов в условиях САПР ТП// Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kmu.itmo.ru/digests/article/7471 (дата обращения: 25.06.2022).
4. Помпеев К.П., Бородянский В.И. Технологические основы формализации процесса базирования деталей класса тел вращения // Машиностроение и автоматизация производства. – 1996. – Вып. 1. – С. 1-20.
5. Рыбников В.Р. Исследование и разработка моделей и алгоритмов выбора технологических баз при автоматизированном проектировании технологических процессов: автореф. дис. на соиск. магистерской. степени – СПб.: НИУ ИТМО, 2022. – 196 с.

УДК 664.959: 330.34

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ГИДРОБИОНТОВ НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Савельев А.И.

Научный руководитель – Орипова А.А., кандидат технических наук, доцент факультета экотехнологий

a.i.savelev@itmo.ru

Ключевые слова

Экономика замкнутого цикла, гидробионты, вторичное сырье, глубокая переработка, рыба, беспозвоночные.

В настоящее время Россия занимает четвертое место по добыче рыбного сырья в мире. За период с 2012 по 2021 гг. отмечается увеличение объемов добычи и переработки гидробионтов на 15,5% [1]. Вместе с этим идет увеличение объемов отходов, которые могут достигать 70%, которые включают головы, кожу, чешую, внутренности, хрящевой и костный скелет, панцири и створки [2]. В настоящее время наблюдается интерес к отходам от гидробионтов как к источнику ценных продуктов. Отходы находят применение в качестве кормов для животных и аквакультуры, получении биодизеля и биогаза, натуральных красителей, косметических компонентов, в упаковках, получении ферментов и биологически активных добавок [3]. Однако существующие технологии сосредоточены в большинстве на получении конкретного биологически ценного компонента: коллагена, желатина, пептидов, белков, рыбьего жира, минералов и не учитывают переработку всех вторичных ресурсов, получаемых при переработке гидробионтов. Данные технологии являются недостаточно комплексными, то есть не позволяющие достаточно полно извлекать полезные компоненты. Исходя из этого цель работы была разработка модели глубокой переработки гидробионтов на основе экономики замкнутого цикла.

При разработке модели было решено сконцентрироваться на технологиях получения белкового гидролизата, рыбьего жира и солей кальция. Была разработана модель глубокой переработки гидробионтов (рис.1), состоящая из двух схем: первая по переработке отходов рыбы, вторая по переработке отходов беспозвоночных. Эти схемы объединяются вместе с получением минерального преципитата, направляющегося в технологию переработки беспозвоночных для получения цитрата кальция, который возвращается в рыбный продукт.

Схема глубокой переработки вторичного сырья рыбы состоит из двух процессов:

1. Процесс получения ферментного препарата – внутренности рыб измельчаются, смешиваются с католитом, получившуюся смесь фильтруют с получением ферментного препарата.
2. Процесс переработки костей, кожи и плавников – отходы измельчают, смешивают с раннее приготовленным ферментный раствором, гидролизуют и экстрагируют католитом, затем фильтруют и сепарируют с получением белкового гидролизата и рыбьего жира, которые отправляются на обогащение рыбного продукта и получение минерального преципитата, отправляющегося в технологию переработки беспозвоночных.

Разработанная схема глубокой переработки вторичного сырья беспозвоночных позволяет получить цитрат кальция без и с этапом очистки ионов стронция. Схема получения цитрата кальция без этапа очистки от стронция состоит из следующих этапов: сырье гидробионтов промывают водой, сушат и измельчают. Гидролизуют раствором лимонной кислотой. Затем отделяют центрифугированием и полученный осадок сушат.

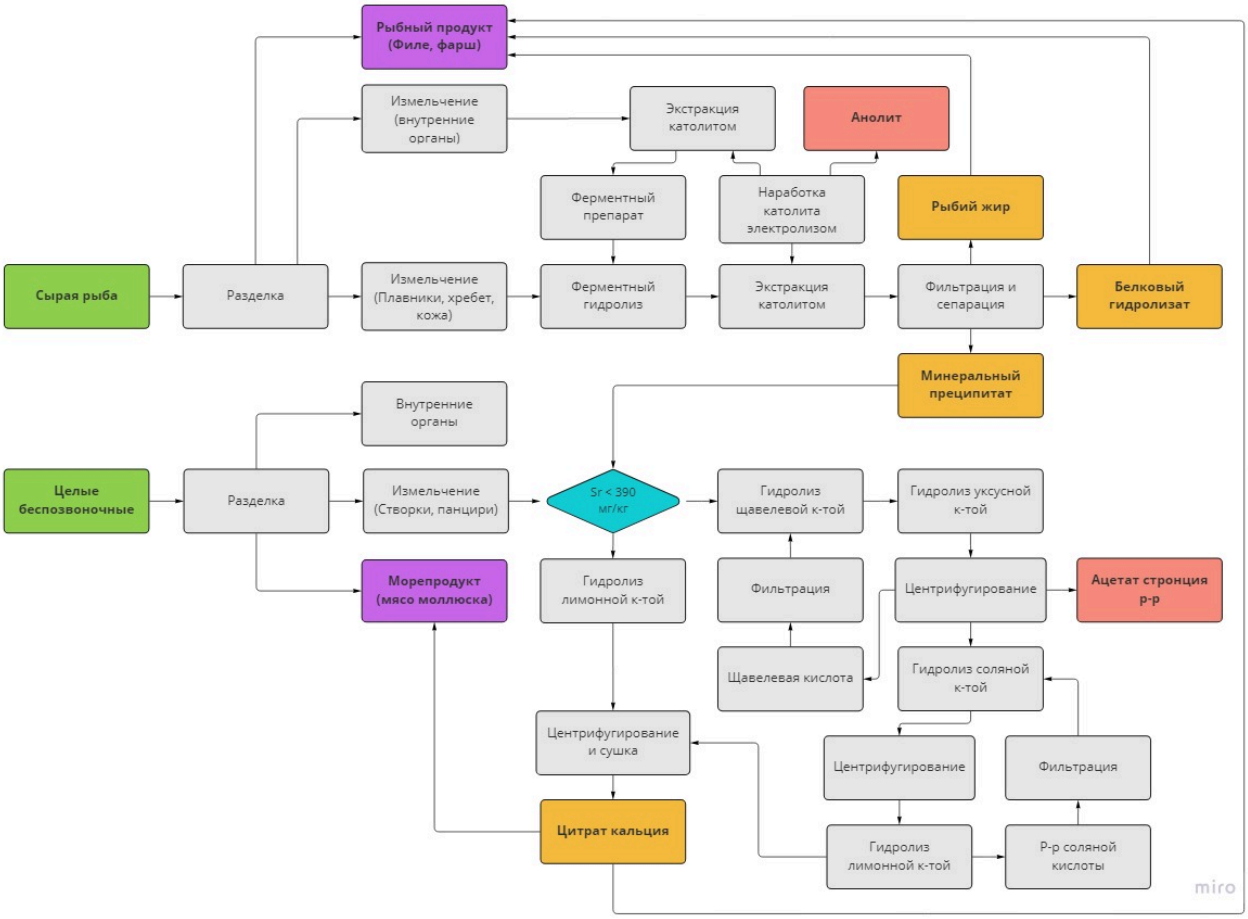


Рис. 1 – Схема модели глубокой переработки гидробионтов

Схема получения цитрата кальция с этапом очистки от ионов стронция заключается в последовательном гидролизе щавелевой и уксусной кислоты, при реакции образуется растворимый ацетат стронция, а оксалат кальция не реагирует с уксусной кислотой. Осадок оксалата кальция отделают и гидролизуют соляной и лимонной кислотой с получением цитрата кальция.

Переход от линейной к циркулярной экономике в настоящее время является незаменимым аспектом экологически эффективного управления ресурсами, поэтому для оценки экономики замкнутого цикла был проведен расчет показателя циркулярности материала (MCI) для этого использовалась методология циркулярной экономики, разработанная Фондом Эллен Макартур [4].

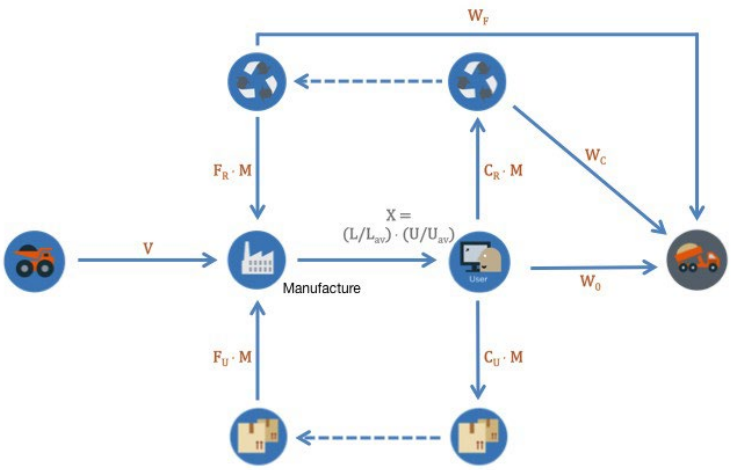


Рис. 2 – Схема материальных потоков

На основе схемы материальных потоков, представленной в методологии расчета показателя циркулярности материалов (рис.2), была составлена собственная схема материальных потоков (рис.3), объединяющая два материальных потока: поток переработки рыбы и поток переработки беспозвоночных. Также составлена таблица результатов расчета количества готового продукта и образующихся отходов согласно модели глубокой переработки гидробионтов (табл.1).

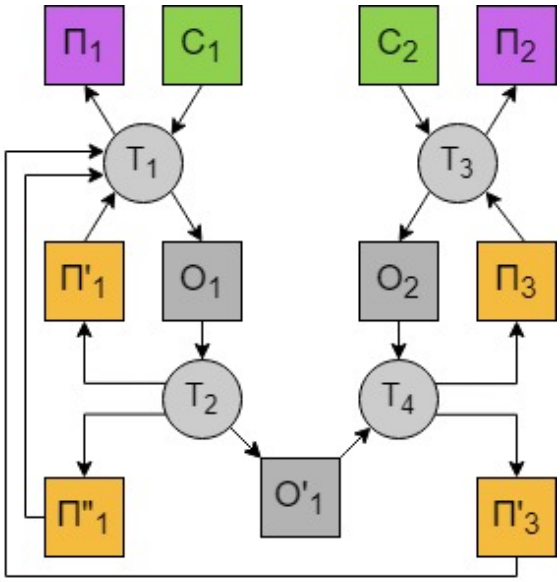


Рис. 3 – Расчетная схема материальных потоков сырья и продуктов

Таблица 1

Результаты расчета количества готового продукта и образующихся отходов

Показатель	Расшифровка	Кол-во, кг
С1	Рыба целая	1000
П1	Филе рыбы	350
	Фарш рыбный	243
О1	Отходы разделки	378
О’1	Минеральный преципитат (МП)	38,59
П’1	Белковый гидролизат	60,48
П”1	Липиды	76,34
П’3(бэо)	Цитрат кальция без этапа очистки из МП	62,4
П’3(сэо)	Цитрат кальция без этапа очистки из МП	54,76
С2	Беспозвоночные целые	1000
П2	Мясо беспозвоночных	260
О2	Створки, раковины	600
П3(бэо)	Цитрат кальция без этапа очистки.	976,08
П3(сэо)	Цитрат кальция, с этапом очистки	856,56

Далее был произведен расчет индекса линейного потока (1). Так как технология предполагает переработку минерального преципитата и твёрдых отходов беспозвоночных, с и без очистки от ионов стронция, мы рассчитываем показатель циркулярности для четырех случаев получения цитрата кальция:

- из отходов рыбы без и с этапом очистки от ионов стронция;
- из отходов беспозвоночных без и с этапом очистки от ионов стронция.

$$LFI = \frac{V+W_0+W_C+W_F}{2M+W_C+W_F}. \quad (1)$$

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета индекса линейного потока

Обозначение	Расшифровка	Рыба(бэо)	Рыба(сэо)	Беспозвоночные(бэо)	Беспозвоночные(сэо)
V	масса первичного материала	616,16	615,37	29,66	159,66
W_0	масса отходов, отправляемых на свалку	40	39,6	173,05	156,32
W_C	масса отходов, образующихся в процессе переработки отходов	348,58	345,11	21,26	134,43
W_F	масса отходов от переработки вторичного сырья	3,39	23,46	–	–
M	масса готового продукта	769,24	761,6	1236,08	1116,56
LFI	индекса линейного потока	0,53	0,54	0,09	0,19

Далее был произведён расчет полезности разработанной модели (2). Полезность состоит из двух компонентов: один учитывает продолжительность использования продукта, а другой — интенсивность использования (функциональные единицы). Компонент продолжительности не рассчитывался, так как разработанная модель не увеличивает срок службы продукта.

В качестве функциональных единиц компонента интенсивности использования была рассчитана сумма масс всех получаемых продуктов, включая технологию глубокой переработки. В качестве среднеотраслевых функциональных единиц рассчитана сумма всех продуктов из гидробионтов без учета глубокой переработки вторичного сырья.

$$X = \left(\frac{L}{L_{av}}\right) * \left(\frac{U}{U_{av}}\right). \quad (2)$$

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета коэффициента полезности

Обозначение	Расшифровка	Рыба(бэо)	Рыба(сэо)	Беспозвоночные(бэо)	Беспозвоночные(сэо)
U	количество функциональных единиц продукта	769,24	761,6	1236,08	1116,56
U_{av}	среднее количество функциональных единиц среднеотраслевого продукта аналогичного типа	570	570	260	260
X	полезность	1,35	1,34	4,75	4,3

После этого рассчитывалась функция полезности разработанной модели F(X) (3) и непосредственно показатель циркулярности материала (4).

$$F(X) = \frac{0,9}{X}, \quad (3)$$

$$MCI = 1 - LFI \cdot F(X). \quad (4)$$

Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчета показателя циркулярности

Обозначение	Расшифровка	Рыба(бэо)	Рыба(сэо)	Беспозвоночные(бэо)	Беспозвоночные(сэо)
LFI	индекс линейного потока	0,533	0,541	0,09	0,19
X	полезность	1,35	1,34	4,75	4,3
F(X)	функция от полезности	0,667	0,671	0,19	0,21
MCI	показатель циркулярности материала	0,645	0,637	0,983	0,96

Показатель циркулярности материала принимает значения от 0 – для полностью линейного продукта и до 1 – для полностью циклического продукта. По полученным результатам можно сделать вывод о том, что схема глубокой переработки вторичного сырья рыбы приближена больше к «циклической», чем к линейной схеме. А схему глубокой переработки вторичного сырья беспозвоночных можно уже называть «циклической» схемой.

Полученные результаты расчетов показателя циркулярности показывают, что разработанная модель глубокой переработки вторичного сырья гидробионтов обладает конкурентными преимуществами по сравнению с линейной переработкой рыбного сырья. Элементы разработанной модели глубокой переработки вторичного сырья гидробионтов могут быть использованы на предприятиях по переработке гидробионтов в комплексе или раздельно, и встраиваться в существующие предприятия по переработке гидробионтов.

Список использованных источников

1. Общие объемы добычи(вылова) водных биоресурсов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/ (дата обращения: 20.06.2022).
2. Единые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов (утв. Госкомрыболовством РФ 29.04.2002) (вместе с «Инструкцией о порядке применения единых технологических норм отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов»). – Москва, 2002. – 105 с.
3. Arvanitoyannis I.S., Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses // Int. J. food Sci. Technol. Wiley Online Library. – 2008. – V.43(4). – Pp. 726–745.
4. Ellen MacArthur Foundation. Circularity Indicatorsd An Approach to Measure Circularity. Methodology. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://emf.thirdlight.com/link/3jtevhlkbukz-9of4s4/@/preview/1?o (дата обращения: 14.05.2022).

УДК 658.5.012.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АУДИТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Савельева В.А.

Научный руководитель – Мишура Л.Г., доцент, кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

viktoryasavelyeva@gmail.com

Ключевые слова

Аудит качества, предприятия общественного питания, критерии оценки качества, чек-лист, обслуживание, услуги общественного питания, качество продукции.

Предприятия общественного питания на сегодняшний день для своих потребителей предлагает огромное количество разнообразных услуг и товаров. Даже для самого нетребовательного потребителя ценность имеет больше не количество, а качество предлагаемых продуктов питания и предоставляемых услуг в заведениях, которые они так любят посещать. И для этого руководителю предприятия необходимо на постоянной основе отслеживать работу своего обслуживающего персонала, контролировать работу сотрудников, которые непосредственно осуществляют приготовления блюд, следить за соблюдением всех сотрудников норм, стандартов и, конечно же, очень важно создавать и поддерживать благоприятную атмосферу в заведение [1].

Для управления системой обслуживания на предприятиях общественного питания необходимо измерять качество обслуживания потребителей. С этой цель определяются критерии качества и строится управление данными критериями таким образом, чтобы было возможно свести к минимуму расхождения между ожидаемым и фактическим уровнем всех критериев. На сегодняшний день используются различные методы оценки качества [2]. Для измерения качества услуг предприятия общественного питания можно выделить следующие основные показатели качества обслуживания, которые, в конечном итоге, складываются в комплексную оценку обслуживания предприятий общественного питания, они представлены в таблице 1 с критериями оценки [3].

Таблица 1

Показатели качества обслуживания на предприятии общественного питания

	Показатель	Сущность показателя
Комплексность обслуживания	Качество продукции	Характеризующие органолептическую и пищевую ценность продукции и её ассортимента
	Качество труда обслуживающего персонала	Характеризующие время ожидания начала обслуживания потребителей, технику работы персонала, культуру его поведения, соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил
	Эксплуатационные качества торговых помещений	Характеризующие соответствие торговых помещений функциональному их назначению, эстетическим, санитарно-гигиеническим требованиям, их оснащенностью

Показатели являются легко измеримыми, стандартизированными, могут подходить для различных классов услуг и ситуаций, которые не требуют значительных трудозатрат в процессе оценки качества [4]. Все показатели должны учитываться при расчете комплексного показателя обслуживания, которые характеризуются степенью удовлетворенности населения в организации процесса потребления продуктов питания и организации досуга и отдыха.

В ходе исследования системы аудита качества на предприятиях общественного питания были составлены чек-листы с критериями оценки качества обслуживания предприятий общественного питания по 3 формам обслуживания: за прилавком, официантами, самообслуживание. Для каждой из выбранных форм было составлено по три чек-листа.

Особую роль в планировании аудита качества играет организационная структура. Каждое предприятие общественного питания имеет свои специфические особенности деятельности, их также необходимо учитывать. За основу была взята самая распространённая организационно-управленческая структура для предприятий общественного питания, которая представлена на рисунке 1.

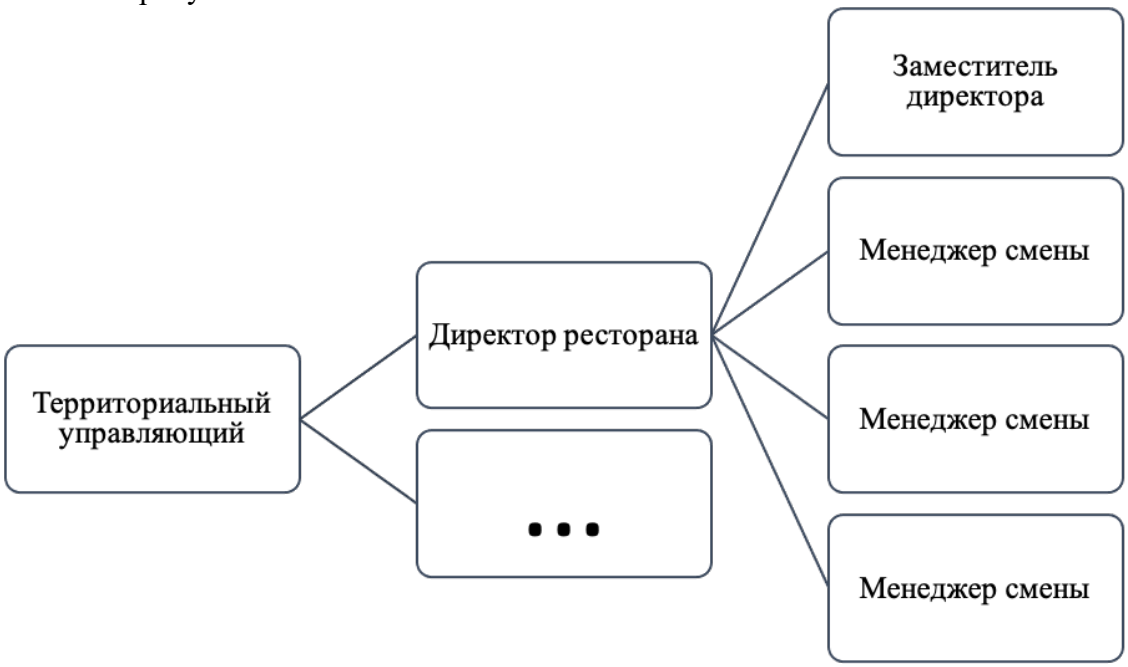


Рис. 1 – Организационно-управленческая структура предприятия общественного питания

Для осуществления контроля за качеством обслуживания и продукции на каждом уровне управления, с учетом должностных обязанностей, необходимо проводить внутренние аудиты качества. Для эффективного контроля аудиты необходимо проводить как территориальному управляющему и директору, так и каждому менеджеру [5]. Каждый чек-лист аудита имеет свои особенности, основные критерии оценки опираются на показатели качества обслуживания, которые представлены в таблице 1. Для примера в таблице 2 представлен чек-лист для менеджера смены на предприятии общественного питания по типу обслуживания за прилавком.

На каждом предприятии общественного питания главную роль играют аудиты качества менеджера смены, так как одна из основных задач его работы – отслеживание качества продукции и предоставляемых услуг. Для менеджера важно чек-лист, сделать его удобным. Чек-лист менеджера заполняется каждый день 1–2 раза. Менеджер акцентирует свое внимание на проверке качества продукции, труда обслуживающего персонала, также оценивает и чистоту рабочих мест, зала приема и обслуживания гостей. Нами были составлены 3 чек-листа для менеджера смены для предприятий общественного питания с формой обслуживания за прилавком, с формой обслуживания официантами и для предприятий с формой самообслуживания.

Так как директор несет ответственность за работу ресторана в целом, то вопросам эксплуатации уделяет большое внимание, а именно работоспособности важного оборудования, а также его чистоте. Также директор контролирует работу своих рядовых сотрудников и качество изготовляемой продукции. Директору необходимо проводить внутренние аудиты качества, чтобы отслеживать всю ситуацию на предприятии, вовремя исправить возникающие вопросы по качеству. Отличие критериев оценки директора от критериев менеджера заключается в том, что директор к вопросам эксплуатации подходит более ответственнее, качество продукции оценивается почти также, как у менеджера, ему важно понимать, что его менеджер осуществляет эффективный контроль за качеством продукции, поэтому осуществляет обход по тем же пунктам. Частота таких проверок – 1–2 раза в неделю.

Таблица 2

Чек-лист внутреннего аудита качества менеджера для предприятия общественного питания по типу обслуживания за прилавком

Качество продукции	**Работа обслуживающего персонала**	**Эксплуатация и чистота**
Соблюдаются все процедуры по предотвращению перекрёстного загрязнения при работе с продукцией (**К1**)	Сотрудники соблюдают установленные стандарты внешнего вида (**Р1**)	*Зал для гостей*
		Полы, плинтуса, стены, окна в зале чистые, не имеют загрязнений (**Э1**)
Соблюдаются условия хранения и сроки годности готовой продукции (**К2**)	Сотрудники контролируют чистоту рабочих мест (**Р2**)	Столы, стулья в хорошем состоянии и чистые (**Э2**)
Соблюдаются условия хранения и сроки годности сырья (**К3**)	Сотрудники соблюдают правила гигиены и моют руки, когда необходимо (**Р3**)	Мусорные баки наполнены меньше, чем на 1/3 (**Э3**)
Блюда при раздаче имеют соответствующую температуру (**К4**)	Сотрудники кухни соблюдают технологию приготовления блюд (**Р4**)	Туалет для гостей чистый (**Э4**)
Соблюдается товарное соседство и ротация всех хранящихся продуктов (**К5**)	Сотрудники выдачи поддерживают окружающую обстановку и атмосферу в ресторане на основе потребностей гостей (**Р5**)	*Служебная зона и помещения*
		Полы чистые, не имеют сколов и трещин (**Э5**)
Отсутствуют продукты с истекшим сроком хранения (**К6**)	Поведение сотрудников соответствует принятым стандартам (сотрудник приветлив, готов ответить на любые вопросы) (**Р6**)	Стены и потолки чистые, не имеют видимых загрязнений (**Э6**)
Вся продукция имеет маркировку срока годности (**К7**)	Сотрудники постоянно находится в зоне видимости гостей (**Р7**)	Туалет для персонала чистый (**Э7**)
Систематически проводится проверка внутренних температур готовых блюд (**К8**)	Время обслуживания соответствует стандартам (**Р8**)	Отсутствуют угрозы падения или скольжения (**Э8**)
Журналы температур оборудования, сырой и готовой продукции заполнены (**К9**)	Сотрудники проявляют дополнительное внимание к гостям, знакомят со всеми проводимыми акциями (**Р9**)	Поверхности прилавка чистые (**Э9**)
Все технологические карты находятся в открытом доступе для всех (**К10**)		

Территориальный управляющий тоже играет немало важную роль в управлении качеством на предприятиях общественного питания, то для него мы также составили чек-листы с критериями. Отличие чек-листов территориального управляющего заключается в том, что он оценивает работу ресторана по качеству обслуживания, но не внутри самого предприятия, там, где, например, хранится продукция и она же готовиться, а производит свою оценку со стороны посетителя предприятия (потребителя). Он совершает заказ, оценивает качество блюд, работу сотрудников, как они осуществляют обслуживание гостей, смотрит на чистоту зала и туалета гостей. Такие визиты для каждого предприятия должны носить неожиданный характер и осуществляться 1–2 раза в месяц или в зависимости от проходного или непроходного результата и от выявленных недочетов.

Критерии по каждому их показателей качества в чек-листе оценивается на основании альтернативных значений в пересчете на баллы. Каждому критерию из категорий «Работа

персонала» и «Эксплуатация и чистота» за ответ «да» – присваивается 1 балл, за ответ «нет» – 0 баллов. В категории «Качество продукции» ответ «да» оценивается в 2 балла, ответ «нет» – в 1 балл [5].

Информация, собранная в чек-листах, заносится в специальную программу, которая автоматически рассчитывает комплексную оценку. Если доля положительных ответов по всем чек-листам составляет более 85%, то можно сделать вывод о том, что предприятие осуществляет успешную деятельность по комплексному оказанию качества обслуживания, если же предприятие набирает меньше 85%, можно говорить о том, что необходимо внедрять мероприятия для улучшения качества продукции и обслуживания.

Рекомендации по проведению внутренних аудитов качества на основе существующих тенденций развития аудита качества на современном отечественном рынке, а также разработанные критерии оценки качества и чек-листы способны обеспечить надежность и независимость оценивания, а также получить возможность увидеть и оценить предприятие абсолютно с разных сторон, учесть потребности потребителей. Эффективная и хорошая организация оценки качества должна обеспечить не только удобство для управляющего персонала предприятия общественного питания, но и повысить компетентность обслуживания.

Список использованных источников

1. Димитриев А.Д., Михеева Е.А. Вопросы качества питания населения и региональные проблемы их решения // Вестник Российского университета кооперации – 2014. – №1. – С. 128-132.
2. Пасько О.В., Федорчукова С.Г. Внутренний аудит как фактор эффективности системы менеджмента безопасности пищевой продукции // Инновации и инвестиции – 2019. – №11. – С. 249-252.
3. Сфиев Ш.А. Формирование системы управления качество услуг на предприятиях общественного питания: автореф. диссертации на соискание ученой степени к.э.н. 08.00.05 / Сфиев Шихмет Агабубаевич. - Махачкала 2010 г. – 17 с.
4. Недбайлюк Б.Е. Аудит качества. Учебник для ВУЗов. – КноРус, 2019. – С. 180-185.
5. Савельева В.А., Мишура Л.Г. Критерии оценки показателей качества при проведении внутреннего аудита качества на предприятиях общественного питания // Russian Economic Bulletin – 2022. – Т. 5. – №2. – С. 276-281.

УДК 004.8

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ V2X В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНУЮ ТРАНСПОРТНУЮ СИСТЕМУ МЕГАПОЛИСА

Свиридова Ю.Л.

Научный руководитель – Будрина Е.В., профессор, доктор экономических наук, профессор факультета технологического менеджмента и инноваций

sviridovajl@gnail.com

Ключевые слова

Дорожно-транспортные сервисы, интеллектуальная транспортная система, телематическая технология, технология Vehicle-to-Everything (V2X), улично-дорожная сеть.

Транспортная система некоторой территории (страны, региона, города) – это одна из ключевых составляющих ее конкурентоспособного развития [1]. Однако проблема качественного развития транспортных систем постепенно становится все более насущной и затруднительной. В частности, общемировой рост численности населения и активный научно-технический прогресс предопределили появление тенденций урбанизации и автомобилизации. Согласно оценкам ООН, к 2050 году порядка 70% мирового населения будет проживать в городах. Кроме того, на сегодняшний день уровень автомобилизации в некоторых странах достигает более 1000 транспортных средств (ТС) на 1000 населения. Параллельно наиболее технологически подготовленные страны стремятся к развитию беспилотного транспорта. Однако при текущем уровне развития «среднестатистических» городских транспортных систем данные явления могут приводить к негативным последствиям: критическому уровню загруженности улично-дорожной сети (УДС); обострению проблемы смертности населения в связи с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП); усилению экологического (атмосферного, шумового) загрязнения, – которые совместно обусловливают снижение общего качества жизни населения и прямые потери ВВП. Нивелирование указанных проблем призваны обеспечить интеллектуальные транспортные системы (ИТС) и, в частности, технология Vehicle-to-Everything (V2X).

В общем виде ИТС представляет собой транспортную систему, основанную на активном применении информационных и телематических технологий и построенную на принципах эффективности, безопасности, комфорта ее пользователей (в первую очередь – непосредственных участников дорожного движения (ДД)) [2]. Ключевым компонентом, обеспечивающим ее интеллектуальность, является адаптивное реагирование и оперативный обмен данными между участниками ДД. Инновационной технологией, которая обеспечивает подобные коммуникации, выступает технология V2X.

Согласно наиболее общему определению, V2X – это система обмена данными по радиоканалу (беспроводной связи) между автомобилем(-ми) и другими объектами транспортной инфраструктуры [3]. При этом посредством коммуникации типа V2X реализуется некогда прорывная концепция «умного», или подключенного транспортного средства (от англ. connected), и кооперативных ИТС (англ. Cooperative Intelligent Transportation Systems, или C-ITS) (рис.1).

Помимо повышения качества действующих дорожно-транспортных сервисов (информирование участников ДД о ситуации на УДС: экстренное приближение к другому участнику дорожного движения (автомобилю, пешеходу), приближение к дорожному затору, участку проведения ремонтных работ, въезд в зону особого скоростного режима; вспомогательные сервисы: помощь в выборе скоростного режима движения (для предотвращения проезда на красный сигнал, безостановочного проезда на зеленый сигнал («зеленая волна») и т.д.), массовое внедрение технологии V2X также формирует условия для развития и массового беспилотного (высокоавтоматизированного) транспорта.

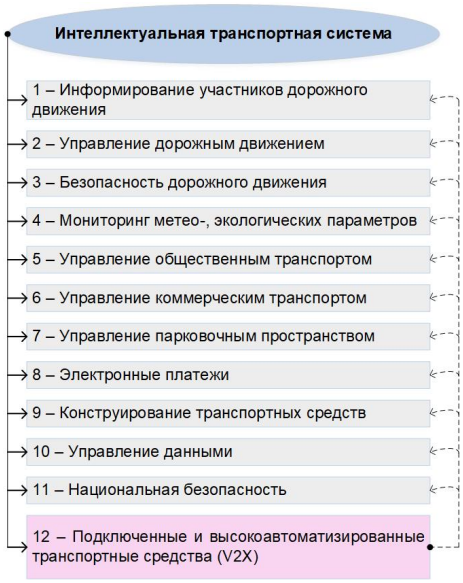


Рис. 1 – Современный подход к определению подсистем (сервисных доменов) ИТС

Технология V2X может быть рассмотрена с точки зрения трех ее «составляющих»: типов V2X-взаимодействия; телематического V2X-оборудования; технологий обмена данными (связи).

С точки зрения типов обслуживаемых коммуникаций, V2X представляет собой зонтичный комплекс технологий, к которым относятся частные технологии V2V (транспортное средство – транспортное средство), V2I (ТС – дорожная инфраструктура), V2P (ТС – пешеход) – они могут быть названы основными, а также технологии V2D (ТС – электронное устройство), V2N (ТС – глобальная сеть).

Технически реализация технологии V2X обеспечивается за счет телематических устройств OBU (от англ. On-Board Unit) + HMI (от англ. Human-Machine Interface) и RSU (от англ. Road-Side Unit). Аппаратный комплекс OBU+HMI, устанавливаемый внутри ТС, обеспечивает прием и визуализацию данных о дорожно-транспортной ситуации и значимых событиях на УДС для водителя. Второй аппаратный комплекс – RSU – устанавливается в качестве дополнительного объекта дорожной инфраструктуры и передачи данных между внешней «умной» средой УДС и OBU.

Обмен данными в таком случае возможен посредством технологий двух типов. Первая технология связи – DSRC (от англ. Dedicated Short-Range Communications) – представляет собой связь ближнего радиуса действия, разработанную специально для применения в условиях ИТС. Несмотря на ряд недостатков – ограничение по дальности действия и вариативности реализуемых дорожно-транспортных V2X-сервисов, она обладает значительными преимуществами в виде относительно низкой стоимости, коротких сроках реализации, четко выделенного частотного диапазона. Данный тип связи позволяет реализовать технологии V2V, V2I, V2P.

Альтернативой выступает беспроводная технология связи дальнего действия C-V2X (от англ. Cellular V2X), которая реализуется посредством возможностей 4G, 5G. К ограничениям, которые затрудняют ее применение в целях массового развертывания технологии V2X, относят: функционирование в относительно узких частотных диапазонах, подверженность внешним воздействиям (как с точки зрения «естественных барьеров» в виде зданий, тоннелей и т.д., так и с точки зрения кибер-атак), высокий уровень требований к каналам связи и инфраструктурному обеспечению. Данный тип связи позволяет реализовать технологии V2V, V2I, V2P, V2D, V2N.

На данный момент в мире отсутствует единый общепризнанный стандарт связи, что обусловливает как некоторую свободу при реализации конкретных проектов на базе данной технологии, так и препятствия при построении глобальной ИТС на базе V2X. В России

наиболее перспективным (и ожидаемым) представляется применение V2X-оборудования, поддерживающего одновременно обе технологии передачи данных.

В целом, внедрение данной инновационной технологии постепенно приобретает массовый характер. Среди «V2.X-лидеров» можно выделить США, некоторые страны ЕС, Сингапур, Китай и другие. В частности, интерес представляет опыт Китая, где уже находят применение технологии V2I, V2V, V2P для обеспечения информационных дорожно-транспортных сервисов и сервисов безопасности движения (рис. 2).

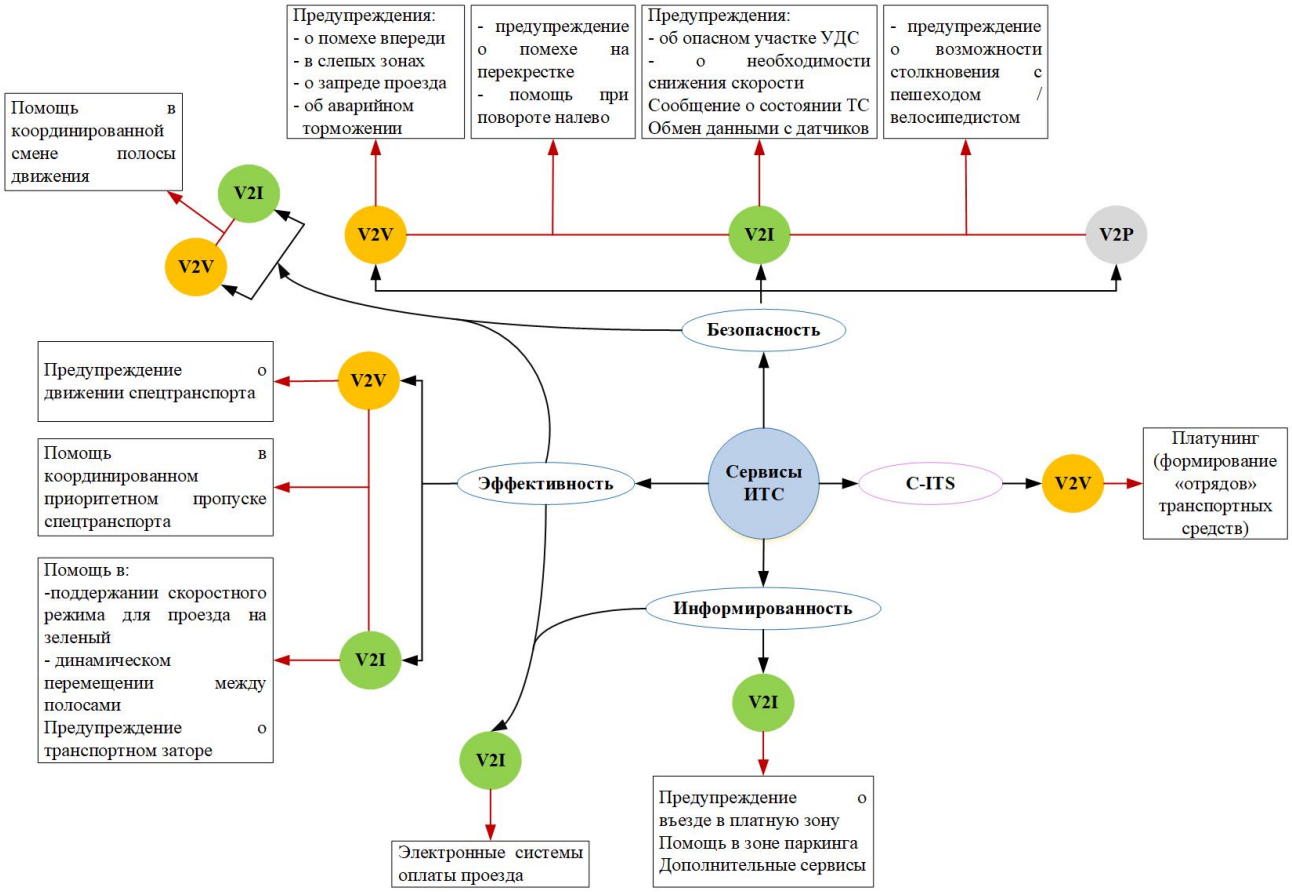


Рис. 2 – Группы дорожно-транспортных сервисов, реализуемых на базе технологии V2X в Китае

В России общий уровень развития ИТС в мегаполисах по сравнению с вышеназванными регионами является значительно более низким, в первую очередь, в связи с: административными барьерами, недостаточным уровнем концептуального развития ИТС, отсутствием типового («коробочного») решения и единой технической политики, отсутствием единого заказчика подобных проектов, низким уровнем взаимодействия стейкхолдеров и т.д. Тем не менее, постепенно происходит преодоление инертного развития городских транспортных систем РФ с переходом к применению инновационных решений и технологий, в том числе осуществляются пилотные внедрения дорожно-транспортных сервисов на базе V2X (см. направления рынка «Автонет», проект «Умная дорога») [4].

В рамках исследования было определено, что, исходя из ресурсных возможностей заинтересованных участников, объективных условий и открывающегося функционала массовое внедрение зонтичного технологического комплекса V2X должно происходить поэтапно: 1) V2I, 2) V2V, 3) V2P. В частности, по результатам анализа среднерыночной стоимости оборудования, а также с учетом инертности поведения участников ДД было выдвинуто предположение, что технология V2V не сможет выступить первой технологией в ИТС мегаполиса на пути массового развертывания технологии V2X, поскольку ее реализация требует установки дорогостоящего оборудования в ТС. Соответственно, технология V2P,

основанная на «коммуникации» автомобилей и пешеходов также не может быть реализована в первую очередь, поскольку для получения видимых положительных эффектов данной технологии также требуется, чтобы значительная часть ТС и пешеходов была обеспечена необходимым оборудованием.

Помимо того, сформулированы основные требования к массовому развертыванию технологии V2X, к которым отнесены: 1) наличие и надежное функционирование такой подсистемы ИТС как автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД), 2) наличие соответствующего телематического V2X-оборудования (OBU+HMI) не менее чем у 10% ТС, передвигающихся по улично-дорожной сети города.

Иными словами, для инициирования и стимулирования внедрения технологии V2X в ИТС мегаполиса требуется активное участие органов государственной и муниципальной власти (с точки зрения подготовки нормативно-правовой и нормативно-технической базы, финансовых ресурсов, инфраструктурного обеспечения улично-дорожной сети и т.д.) и мотивация самих пользователей (или управляющее воздействие на них). Исходя из обозначенных условий, наиболее обоснованным представляется начать массовое развертывание технологии V2X в городской транспортной системе с технологии V2I, реализованной на базе наземного городского пассажирского транспорта общего пользования (НГПТ ОП) [5]. Первым видом общественного транспорта (ОТ), для которого будет реализована технология, был выбран трамвай.

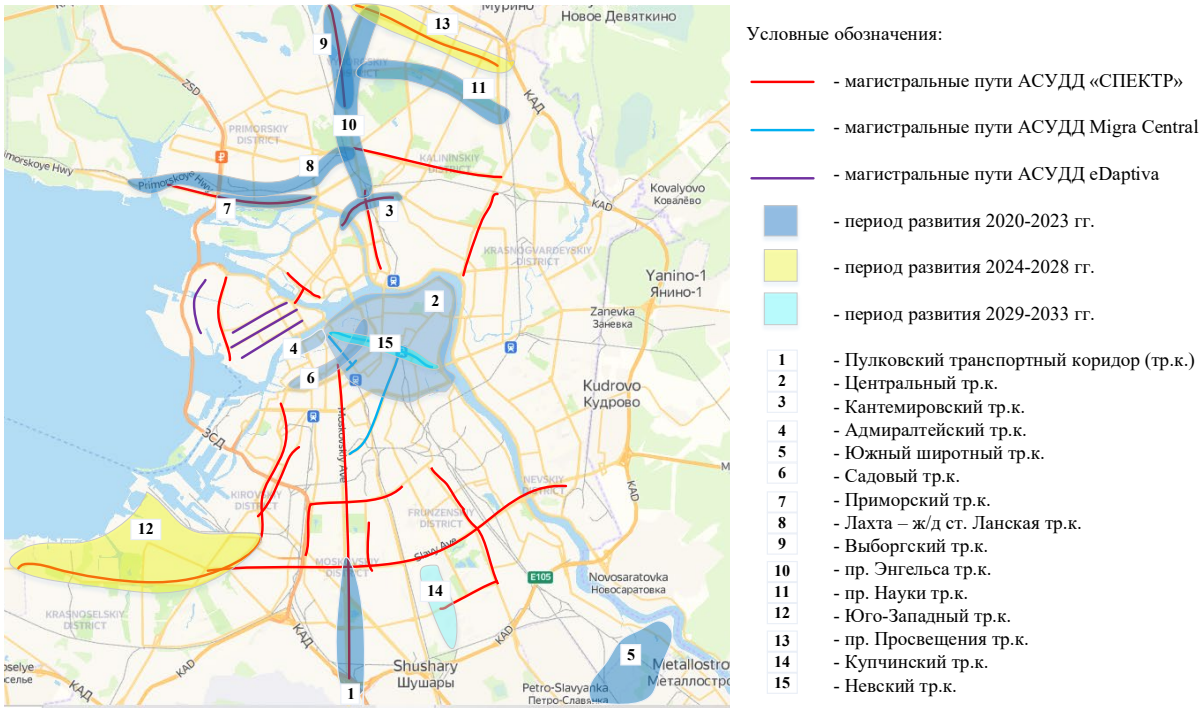


Рис. 3 – План развития системы НГПТ ОП г. Санкт-Петербурга на период до 2033 г.

Исследование возможности и ожидаемых эффектов внедрения технологии V2X (в частности – V2I на общественном транспорте) в ИТС мегаполиса было проведено на примере г. Санкт-Петербурга, в связи с тем, что:

a) данный город является одним из крупнейших мегаполисов России;
b) в городе имеется необходимая техническая и технологическая база в виде АСУДД;
c) согласно принятой стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года развитие системы ОТ выступает одним из ключевых направлений.

На основе приоритетных (согласно Стратегии) с точки зрения реорганизации области УДС и наличия (плана развития на 2022 г.) АСУДД на участках, было определено, что необходимо оснастить V2X-оборудованием следующие транспортные коридоры (рис.3):

– Приморский;

– Лахта – ж/д станция Ланская;

– Выборгский;

– пр. Энгельса;

– Юго-Западный;

– пр. Просвещения.

В соответствии с выбранными участками, были определены трамвайные маршруты, транспортные средства на которых должны быть оснащены оборудованием OBU+HMI: №№9, 19, 20, 21, 36, 48, 55, 58, 60, 61, 100, обслуживаемые ГУП «Горэлектротранс».

Согласно проведенным расчетам, на данном этапе внедрения потребуется 95 единиц оборудования RSU общей стоимостью 15.000 руб. и 166 единиц OBU общей стоимостью 16.268 руб. Также получены данные об ожидаемой экономии времени движения по маршрутам и потребности в транспортных средствах (табл.1).

Таблица 1

Ожидаемые эффекты экономии времени и высвобождения трамвайных вагонов

Номер маршрута	Средняя длительность всего маршрута в одну сторону, мин	Количество СО на участке маршрута, ед.	Экономия времени на маршрут, мин	Экономия времени на маршрут, %	Доступные для изъятия с маршрута трамвайные вагоны, ед.
9	50	16	8,3	16,6	4
19	10	5	2,5	25,0	6
20	50	20	10,3	20,6	5
21	50	36	18,6	37,2	5
36	60	14	7,2	12,0	3
48	30	13	6,7	22,3	5
55	60	6	3,1	5,2	2
58	40	5	2,6	6,5	2
60	40	14	7,2	18	4
61	40	10	5,2	13	3
100	40	19	9,8	24,5	6

Кроме того, ожидается значительная экономия вследствии высвобождения трудовых ресурсов (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные значения высвободившихся трудовых ресурсов в рамках проекта внедрения технологии V2I в г. Санкт-Петербурге

Номер маршрута	Количество высвободившихся водительских смен в сутки, ед.	Количество высвободившихся водительских смен в месяц, ед.	Экономия на высвобождении водителей за месяц, руб.
9	10	300	120 000
19	15	450	180 000
20	12,5	375	150 000
21	12,5	375	150 000
36	7,5	225	90 000
48	12,5	375	150 000
55	5	150	60 000
58	5	150	60 000
60	10	300	120 000
61	7,5	225	90 000
100	15	450	180 000

Расчетный срок окупаемости проекта составляет 1,9 лет, однако при подтверждении указанных эффектов внедрение технологии V2I может быть проведено и на других видах ОТ города, что:

a) поспособствует более скорой окупаемости инновационного проекта за счет экономии на капитальных затратах (эффект масштаба);
b) обеспечит транспортные и социально-экономические эффекты по мере «подключения» новых ТС (сетевой эффект).

Таким образом, внедрение V2X в ИТС города могло бы способствовать:

1) увеличению скорости и пунктуальности движения ОТ города;
2) сокращению среднего времени поездки (в совокупности с предыдущим эффектом обеспечивает рост привлекательности ОТ среди пассажиров);
3) высвобождению части рабочей силы (способствует росту бюджетной эффективности);
4) росту информированности водителей и государственных служб о ситуации на УДС.

Рассмотренный проект поэтапного внедрения технологии V2X в ИТС мегаполиса также может быть перенесен на иную городскую агломерацию (с учетом ее специфических условий) для получения указанных благоприятных социально-экономических эффектов.

Список использованных источников

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mintrans.gov.ru/documents/3/1009 (дата обращения: 28.06.2022).
2. Евстигнеев И.А. Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 294 с.
3. V2X в мире и в России: отраслевая дискуссия об особенностях и прогнозах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ict.moscow/news/v2x-discussion/ (дата обращения: 19.06.2022).
4. Рынок Автонет в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: nti2035.ru (дата обращения: 21.06.2022).
5. De Keyser O., Hillewaere M., Audenaert P., Maenhout B. Optimizing the public transport priority at road intersections. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/iet-its.2018.5133 (дата обращения: 21.06.2022).

УДК 004.855.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРОТКИХ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ КАК ОБРАЗОВ

Семенов А.К.

Научный руководитель – Кузнецов А.Ю., кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий

andrey.semenov1998@gmail.com

Ключевые слова

Виброакустика, нейронная сеть, DCASE, спектрограмма, аномалии.

В мире используется огромное количество электронных систем, в состав которых входит множество различных элементов. У всех элементов есть свой срок службы, однако из-за различных дефектов и условий эксплуатации они могут выходить из строя преждевременно, неся за собой не только большие финансовые убытки для компании, но и человеческие жизни. Звук, излучаемый целевой машиной, может быть нормальным или аномальным. Автоматическое обнаружение механического отказа является важной технологией в четвертой промышленной революции, которая включает в себя автоматизацию производства на основе искусственного интеллекта. В настоящий момент чаще всего для обнаружения аномалий в работе оборудования используются системы мониторинга и стетоскопы. Система мониторинга во многом основывается на данных с датчиков, заложенных производителем при разработке устройства и определяет аномалии по косвенным признакам (изменения температуры, скорости вращения, времени работы и т.д.), также она имеет высокую стоимость установки и эксплуатации. Использование стетоскопов в различных вариациях требует высококвалифицированного специалиста в области обнаружения аномалий. Нейронные сети относительно недавно стали применяться в области определения аномалий. Различные исследования показывают хороший результат их применения, однако это для систем, разработанных для одного конкретного типа оборудования. Снизить стоимость разработки и расширить сферу использования можно за счет создания универсальных моделей.

Распознавание образов это раздел, который при помощи различных статистических методов развивает способы классификации и идентификации объектов., которые характеризуются конечным набором свойств и признаков. Эти свойства можно превращать в набор признаков уникальный для каждого виброакустического события и использовать их в технологии глубокого машинного обучения. Для обучения нейронной сети нужны данные о работе прибора. Эти данные собирает датчик, установленный на устройство, и они представляют из себя осциллограммы работы оборудования. Использование самой осциллограммы в качестве признаков для обучения нейронной сети некорректно, потому что она содержит в себе слишком большое количество информации и отражает информацию о событии только во временной области не затрагивая частотную. Разбивая виброакустическое событие на окна как на рисунке 1 (в рамках этого исследования длина окна равнялась 32 мс) и вычисляя быстрое преобразование фурье (БПФ) на этих отрезках, можно получить спектрограмму виброакустического события, которая содержит в себе и временную и частотную информацию [1]. На базе данного преобразования в акустике и виброакустике основными являются следующие способы выделения признаков: спектрограмма, мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC), лог-мел спектрограмма. Среди этих способов выделяется лог-мел спектрограмма за счет того, что несет в себе значительно больше информации чем MFCC коэффициенты, а в отличие от обычной спектрограммы у лог-мел присутствует возможность выделить более подробно низкие частоты, а механизмы зачастую работают именно на этих частотах.

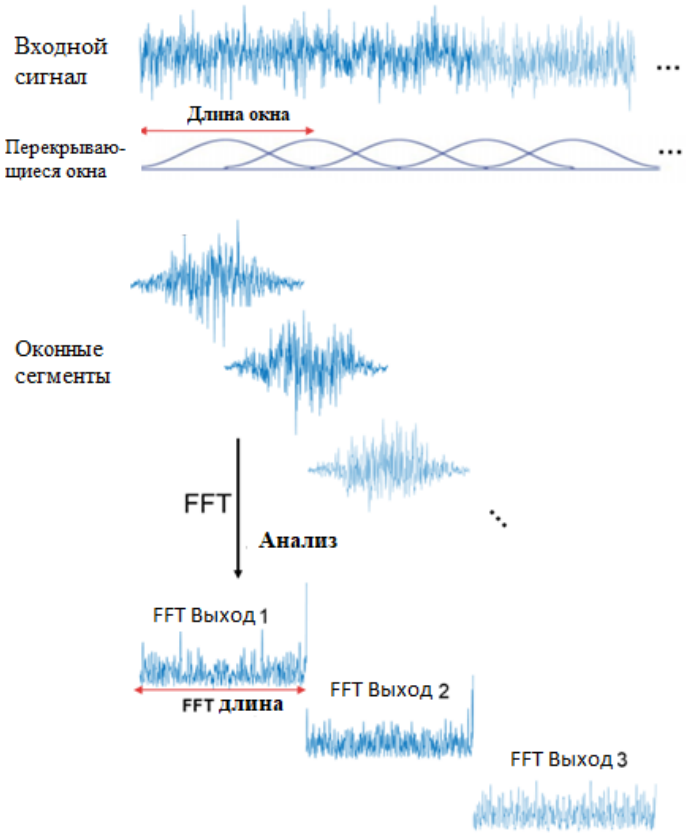
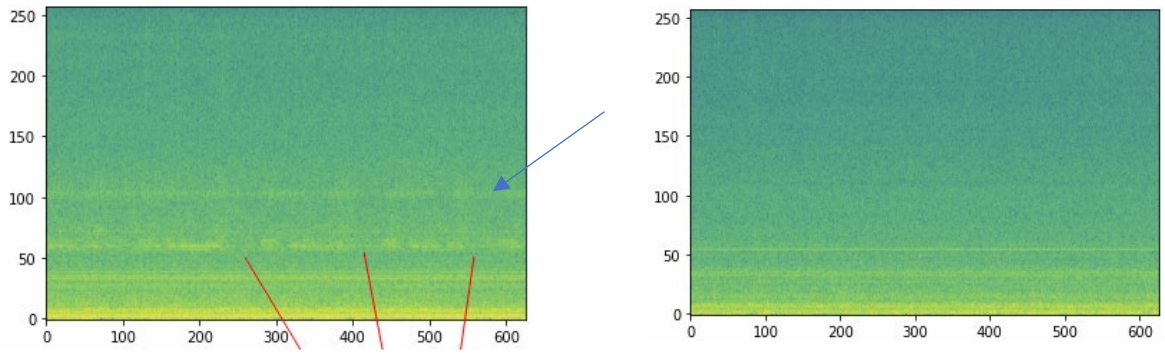


Рис. 1 – Процесс формирования спектрограммы виброакустического события

Анализ банка данных

В качестве данных для обучения и тестирования модели взят банк данных, предоставляемый в рамках ежегодной олимпиады DCASE по направлению связанному с определением аномалий [2,3]. В этом банке данных представлено 7 классов, 3 из которых содержат в себе короткие виброакустические события. Это классы игрушечный поезд, слайдер и клапан. В результате анализа банка данных можно сделать вывод, что аномальные события содержат в себе дополнительные звуки вибрации, скрежета, ударов и т.д. На слух или визуально за счет дополнительного фонового шума различить аномалии в работе механизмов очень сложно и местами невозможно. Однако на спектрограмме виброакустического события из рисунке 2,а отчетливо видны разрывы на одной из частот (красные линии), видна дополнительная частота у аномального события (синяя стрелка) и сами частоты размазаны и не так ярко выражены в отличии от спектрограммы нормального события из рисунке 2,б. Подобные изменения и должна фиксировать нейронная сеть.



а б

Рис. 2 – Спектрограммы класса Слайдер: а) спектрограмма аномального события; б) спектрограмма нормального события

Описание алгоритма по детектированию аномальных событий

Спектрограмма виброакустического события несет в себе большое количество информации и представляет из себя изображение, поэтому при ее интегрировании в систему обязательно встанет вопрос производительности. Оптимальным решением этой проблемы является выбор сверточной нейронной сети MobileNetV2 для которой есть готовая реализация в библиотеке Pytorch.

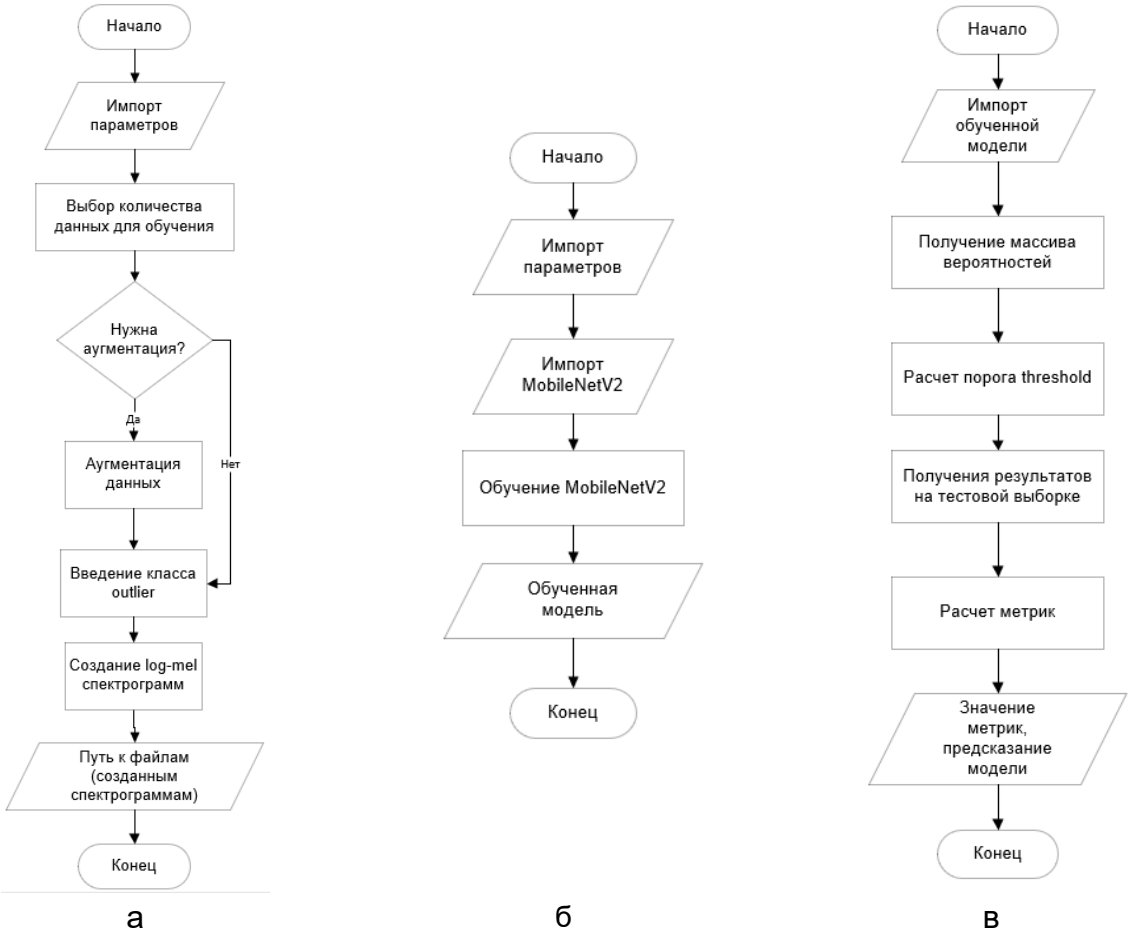


Рис. 3 – Блоки алгоритма по детектированию аномалий: а) предобработка данных; б) обучение модели; в) тестирование модели

Алгоритм по определению аномалий содержит в себе 3 независимых друг от друга блока. В первом блоке производится предобработка данных (рис. 3а). На данном этапе случайным образом извлекались 500 нормальных виброакустических событий для определённого класса и проводилась их аугментация путем изменения частоты и растяжением события во времени с последующим обрезанием до 10 секунд. Таким образом, формировалось дополнительно еще 1000 виброакустических событий. Для улучшения классификации модели в качестве аномальных событий берем 1500 виброакустических событий из другого класса (на рис. 3а - outlier). Для каждого события создаем лог-мел спектрограмму и сохраняем в отдельную папку. На втором блоке производится обучение нейронной сети mobilenetv2 (рис. 3б). В данном блоке импортируется путь к файлам для обучения и параметры самой модели, а на выходе сохраняется обученная нейронная сеть. В третьем блоке проводиться тестирование модели (рис. 3в). Импортируется обученная нейронная сеть. При подаче в нейронную сеть виброакустического события на выходе из модели будет вероятность отнесения этого события к нормальном классу лежащая в диапазоне от 0 до 1. Для определения, начиная с какой вероятности событие принадлежит к нормальному классу, производиться расчет порога (на рисунке threshold) по формуле (1).

$$Threshold = (1 - \alpha) * \frac{\sum_{i=0}^{L} MobileMetV2(sample_i)}{L}. \quad (1)$$

Эксперименты показали, что уверенность модели на нормальных записях выше, чем аномальных. Расчет порога вероятности, начиная с которого событие будет отнесено к нормальному классу, рассчитывается на основе обучающей выборки, а затем убывает на константу α, где $0 \leq \alpha \leq 0.1$. В результате экспериментов оптимальный порог выбран при α = 0:04. Необходимость введения обусловлена спецификой проблемы. Модель предполагается обучать исключительно на одном классе нормальных событий и, если условия записи изменяются (например, в случае серьезной поломки одного из устройств), высока вероятность снижения доверия, в том числе и для «нормальных» образцов. На финальном этапе проводиться тестирование модели и расчет метрик.

Тестирование алгоритма

Тестирования обученных моделей проводилось на 600-ах виброакустических событиях для каждого класса. Качество работы модели оценивается с помощью AUC и pAUC. Метрика pAUC — это AUC, рассчитанный по части ROC-кривой в предварительно заданном интересующем диапазоне. В метрике pAUC рассчитывается как AUC в диапазоне низкой частоты ложноположительных результатов (FPR) [0, p]. Причина дополнительного использования pAUC основана на практических требованиях. Если система часто дает ложные срабатывания, то доверие к ней сильно снижается. Поэтому важно увеличить процент истинно положительных результатов в условиях низкого FPR. В этой задаче мы будем использовать p = 0,1. Значение метрик и класс outlier, используемый как аномальный при обучении, указан в таблице.

Таблица

Результат тестирования алгоритма по выявлению аномалий

Целевой класс	Outlier класс	AUC в %	pAUC в %
Игрушечный поезд	Слайдер	56	55.5
Слайдер	Клапан	62	55.4
Клапан	Слайдер	58	56

В результате можно сделать вывод, что обучение на данных, почти не отличимых между собой (аномальные и нормальные события), а также использование относительно небольшой обучающей выборки дают слабо эффективную модель для детектирования аномалий. MovileNetV2 обученный на спектрограммах превосходит случайный классификатор в среднем на 5.5%, что является слабым результатом. Для получения более точной информации по классификации алгоритма можно создать качественный банк данных виброакустических событий, увеличить количество данных для обучения (т.к. в рамках данной работы отбиралось всего 500 виброакустических событий в связи с ограниченными вычислительными ресурсами), создать новые способы аугментации и предобработки данных.

Список использованных источников

1. dsp.STFT. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mathworks.com/help/dsp/ref/dsp.stft.html свободный (дата обращения: 23.06.2022).
2. Dohi K., Imoto K., Harada N., Niizumi D., Koizumi Y., Nishida T., Purohit H., Endo T., Yamamoto M., Kawaguchi Y. Description and discussion on DCASE 2022 challenge task 2: unsupervised anomalous sound detection for machine condition monitoring applying domain generalization techniques. – 2022. arXiv:2206.05876 [cs.SD].
3. Dohi K., Nishida T., Purohit H., Tanabe R., Endo T., Yamamoto M., Nikaido Y., Kawaguchi Y. MIMII DG: sound dataset for malfunctioning industrial machine investigation and inspection for domain generalization task. – 2022. arXiv:2205.13879 [cs.SD].

УДК 538.941

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРА СВЕРХТЕКУЧЕГО ГЕЛИЯ В ГЕЛИЕВОМ ОЖИЖИТЕЛЕ L280

Сиротин А.В.[1,2]

Научный руководитель – Зайцев А.В.[1], доцент, кандидат технических наук, доцент образовательного центра "Энергоэффективные инженерные системы"

Консультант – Лямкин В.А.[2], кандидат физико-математических наук

1 – Университет ИТМО

2 – Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" – Петербургский институт ядерной физики

yaver.mbizi@gmail.com

Ключевые слова

Источник ультрахолодных нейтронов, фильтр сверхтекучего гелия, гелиевый ожижитель, изотопно-чистый гелий-4, конденсация гелия.

В настоящее время на базе Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" – Петербургский институт ядерной физики под руководством А.П. Сереброва проводится разработка и подготовка к запуску источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на реакторе ПИК. Этот источник станет одним из наилучших в мире по способности накапливать большие плотности УХН (планируется, что, при установке источника на реакторе ПИК, плотность УХН в источнике ориентировочно превысит более чем в сто (а в присоединённом ЭДМ спектрометре – в 35) раз существующий мировой рекорд [1]), и позволит проводить уникальные научные исследования, такие как поиски электрического дипольного момента нейтрона. Значение таких исследований для фундаментальной науки крайней высоко, и их проведение может служить дополнительным доказательством или привести к пересмотру одной из важнейших физических моделей: стандартной модели физики элементарных частиц. Перед запуском установки должны быть проведены принципиальные испытания всех её элементов, в том числе относящихся к криогенной технике. Одним из таких элементов является фильтр сверхтекучести, пропускающий сквозь себя только сверхтекучую жидкость. Испытания этого фильтра проходили с 14 по 15 декабря 2021 года на базе НИЦ «КИ»-ПИЯФ под руководством В.А. Лямкина, и их результаты и анализ полученных данных подробно представлены в моей выпускной квалификационной работе.

Целью эксперимента было проверить работоспособность фильтра сверхтекучего гелия, а также получить количественную оценку массового потока изотопно-чистого гелия сквозь фильтр в рабочем режиме. Моя ВКР служит достижению второй из этих целей, а также проводит общий анализ данных, полученных в ходе эксперимента, для лучшего понимания наблюдавшихся физических процессов и предложения возможных улучшений.

Значительную часть всего оборудования, относящегося к источнику УХН, являет собой криогенное оборудование. Вся низкотемпературная система источника использует в качестве рабочего тела гелий.

Для минимизации рассеяния УХН на атомах гелия нужно опустить температуру гелия как можно ниже, чтобы максимально увеличить относительное содержание сверхтекучей фазы. Это побуждает к применению в установке мощных насосов вакуумной откачки для вакуумирования пространства над гелием и его, таким образом, охлаждения.

Гелий в цикле ожижителя непосредственно обеспечивает работу источника. Его циркулирующая в цикле ожижения и откачки паров часть обеспечивает криостатирование ванны с изотопно-чистым гелием-4 на температурном уровне около 1 К. Та, в свою очередь, напрямую служит средой для накопления УХН. Изотопно-чистый гелий-4 можно было бы рекуперативно охлаждать гелием-3, как в работе [2], что несколько облегчило бы процесс

вакуумирования этой охлаждающей гелиевой ванны, однако это требует дополнительных затрат. В рамках нашего проекта было принято решение использовать в качестве циркулирующего в цикле ожижителя гелия изотопно-«грязный» гелий, т.е. природную гелиевую смесь.

Рис. 1 – Основное криогенное оборудование, использовавшееся в эксперименте

Гелий-3 имеет большое сечение захвата нейтронов атомами (более 5000 барн), в то время как гелий-4 имеет сечение захвата практически равное нулю. Уменьшения содержания примесного изотопа гелия-3, ухудшающего параметры источника, можно достичь используя разницу в температурах перехода в сверхтекучее состояние, используя аппарат, называемый «фильтр сверхтекучести» или «superleak». Такой фильтр пропускает сквозь себя только сверхтекучий гелий. Соответственно, его применение на температурном уровне порядка полутора кельвин позволяет добиваться высокого уровня изотопной чистоты гелия-4 – содержания атомов гелия-3 порядка $10^{-10 \div}10^{-12}$ (для сравнения, природное содержание гелия-3 в гелии-4 имеет порядок 10^{-6}).

Эксперимент был начат 14 декабря 2021 года. В 13:00 15 декабря система достигла нужного температурного уровня и начался процесс накопления гелия во внешней ёмкости. Процесс накопления гелия наблюдался до 15:15, когда подача гелия была остановлена, т.к. желаемый уровень был наработан.

Оценка уровня гелия во внешнем объёме криостата производилась двумя способами: расчётным путём, исходя из разностей давлений по времени во внешнем ресивере, откуда гелий поступает в компрессор; и измерением, с помощью погружного гелиевого уровнемера.

Как мы видим, графики достаточно близки по форме и значениям, однако измеренные значения несколько ниже расчётных. Причиной несоответствия может быть допущение объёма для расчётного значения – заметим, что расчётные данные не учитывают объём коммуникаций, подходящих к ресиверу. Этот объём может не только изменить количество газа, отходящее на ожижение, но и создавать буферность, сглаживающую график. Показания уровнемера определённо показывают интервал понижения уровня в криостате, ориентировочно с 14:30 до 14:45, что свидетельствует и о наличии в криостате определённых теплопритоков, вызывающих испарение гелия. Эти и другие возможные помехи к получению точных значений были допущены, т.к. суть эксперимента была в качественной, не количественной оценке.

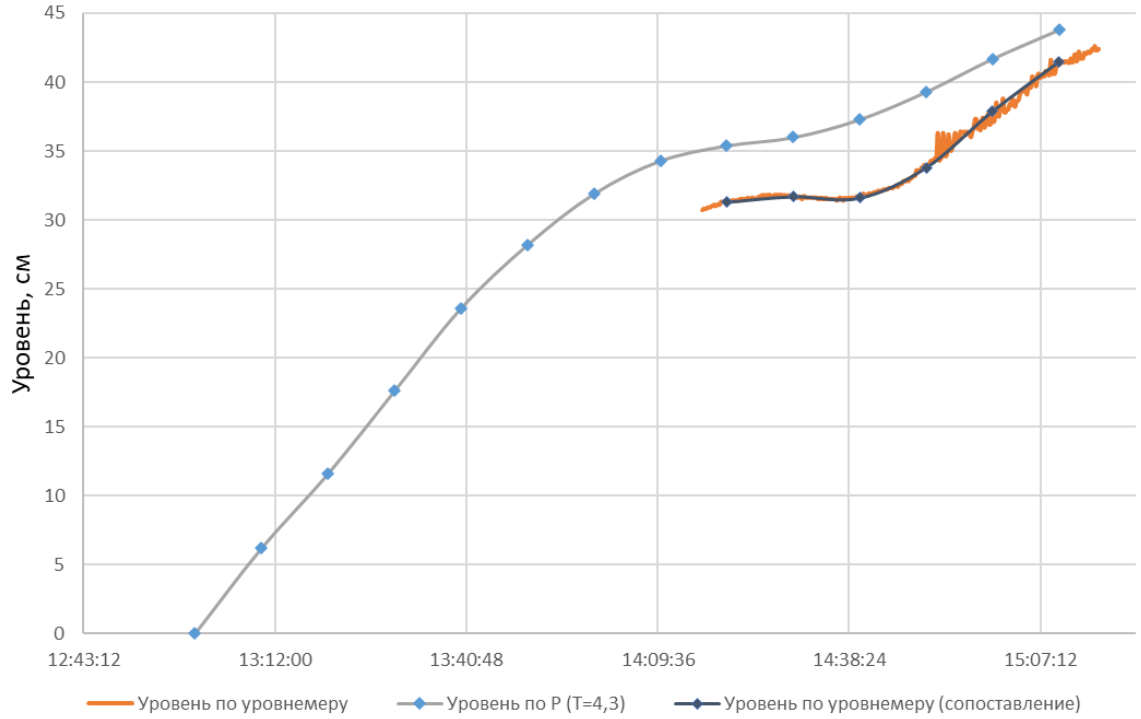


Рис. 2 – Значения уровня гелия во внутреннем сосуде по уровнемеру и согласно расчёту

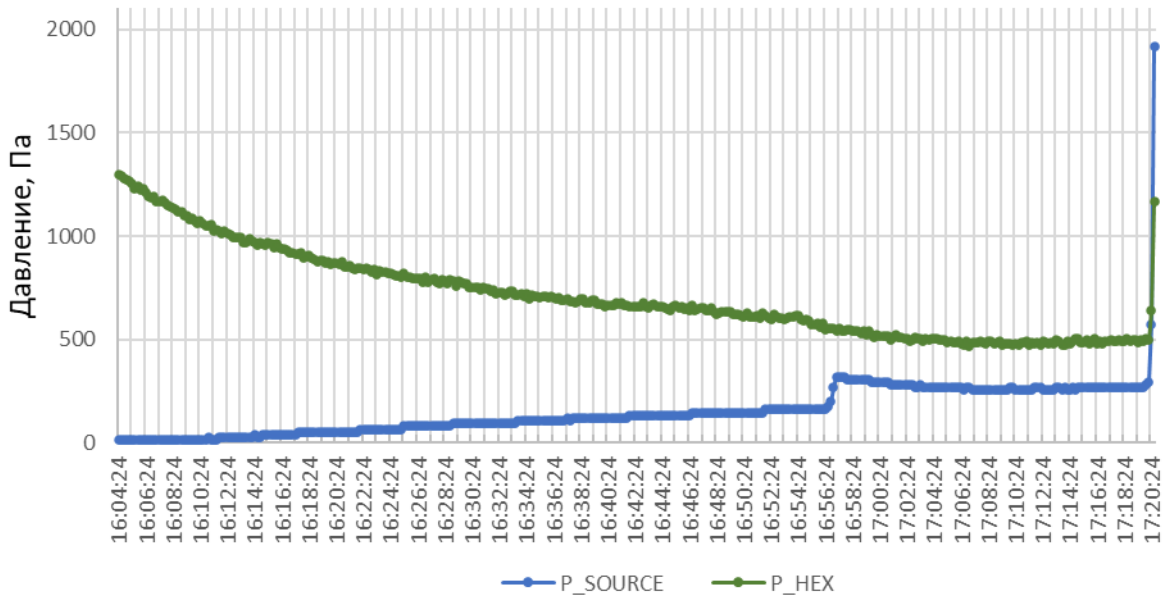


Рис. 3 – График давлений, содержащий исчерпывающий временной интервал, в течение которого вакуумметр Barocel 600 (здесь – график «P_HEX») давал показания

Вакуумметр Barocel 600 из внешнего сосуда давал показания в ходе эксперимента лишь в течение очень ограниченного времени, исчерпывающе представленного на рисунке 3 – во всё остальное время давления были выше его измерительного диапазона. Вакуумметр-манометр MKS 902B из внутреннего сосуда же наоборот давал показания на протяжении всего эксперимента. До момента 16:11:00 все эти показания отражали нижний предел его шкалы, 0,1 торр, т.к. внутренний сосуд был перед началом эксперимента вакуумирован и герметично закрыт, однако после этого момента показания MKS 902B начали нарастать. Это отражает появление газообразного гелия, скорее всего вызванное открытием вентиля между сосудами, произведённым, когда давления во внутреннем и внешнем сосуде стали близки по мере откачки внешнего. В таком случае это небольшое количество гелия пришло из большего

внешнего сосуда против откачки. Если бы в цели данного эксперимента входило получение изотопно-чистого гелия, эта ситуация привела бы к неудачному исходу, ведь пришедший из внешнего сосуда гелий вероятно не просто содержит, а даже обогащён гелием-3 вследствие более легкой откачиваемости паров последнего по сравнению с гелием-4. Согласно рекомендации этой работы, в будущем, при существовании цели наработки изотопно-чистого гелия, всегда будет обеспечено недопущение сообщения сосудов, что предотвратит такого рода загрязнения, хоть и увеличит время до достаточного захолаживания внутреннего сосуда и фильтра сверхтекучести для выхода на режим.

Следующее изменение характера графика давления во внутреннем сосуде происходит в 16:56:36, когда давление резко возрастает почти в два раза, после чего в дальнейшем остаётся на примерно этом же уровне и после фиксации появления сверхтекучего гелия во внутреннем сосуде до момента пика давления, обсуждения которого будет представлено в следующем разделе. Предположительно, 16:56:36 – это первый момент просачивания сверхтекучего гелия сквозь фильтр сверхтекучести, за чем следует начало его испарения от теплопритоков и в целом – пока что - большей температуры во внутреннем сосуде, а также из-за откачки. Уровнемер зарегистрирует появление гелия во внутреннем сосуде только через 8 минут, на отметке в 2 мм.

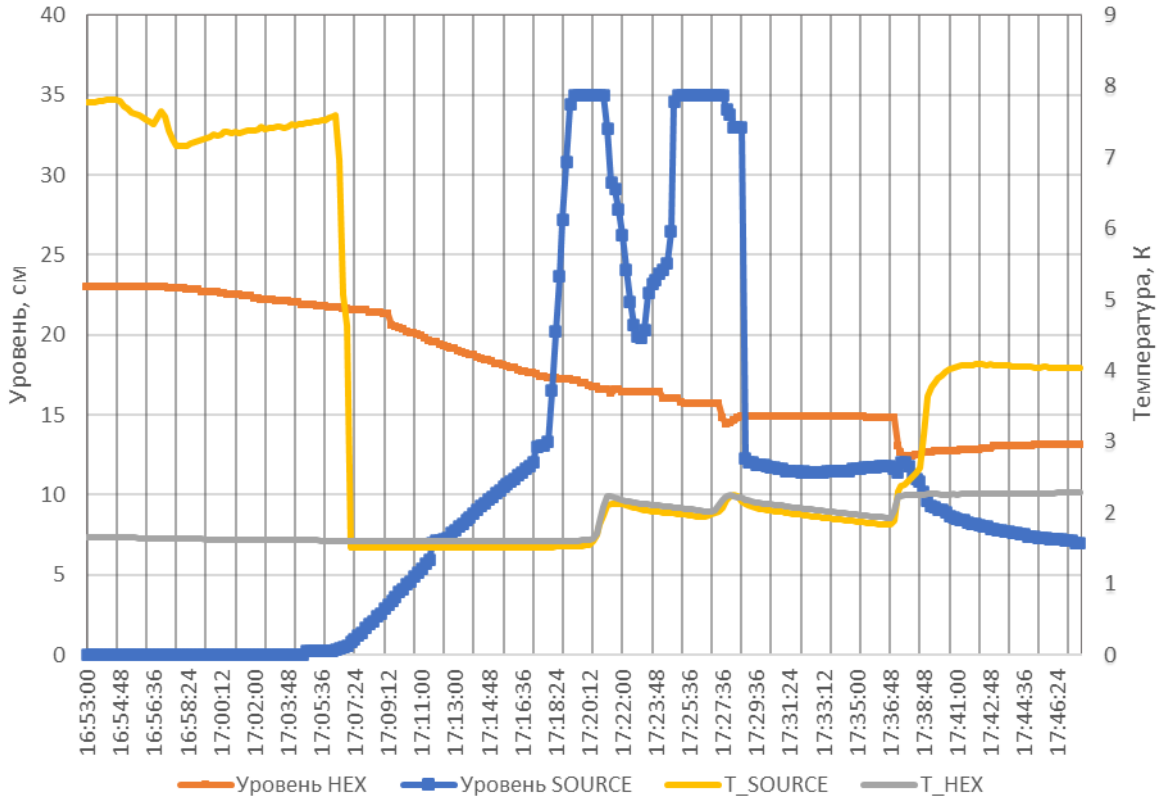


Рис. 4 – Показания уровнемеров и термодатчиков в сосудах криостата в процессе работы фильтра сверхтекучести

В 17:05 сверхтекучий гелий начал прибывать во внутренний объём. Около 17:18 он достиг области узкого горлышка (рис.4). Это можно понять из изменения характера роста уровня сверхтекучей жидкости. Гелий очень быстро заполнил узкое горлышко, т.к. объём, необходимый для этого, весьма мал, преодолел максимальное значение уровнемера в 35 см и менее чем через минуту дошёл до отметки в трубе откачки, где теплопритоки излучением и по тепломосту привели его в состояние кипения, повышая давление постоянно откачиваемых паров над жидкостью.

Температура и давление поднимались по мере того, как распространяющийся рост температуры испарял гелий всё глубже в криостате; давление выросло выше точки росы и

привело к конденсации гелия во внешнем сосуде (точка 17:21:24 – момент начала конденсации), а также, возможно, и во внутреннем, где этот эффект слишком мал, чтобы увеличить уровень, но может замедлить падение уровня. В районе 17:22 рост уровня гелия во внутреннем сосуде возобновился, и процесс повторился снова. Во внешнем сосуде затем произошёл очень значительный объём конденсации, которому предшествует заметный обвал уровня. После этого пика уровень гелия во внутреннем сосуде больше не шёл в рост. Предположительно, разница уровней во внутреннем и внешнем сосуде стала слишком мала, чтобы создать нужный напор сквозь фильтр. В 17:35 откачка выключилась, и открылся вентиль в атмосферу. Произошла небольшая, ожидаемая и плавная конденсация гелия во внешнем сосуде.

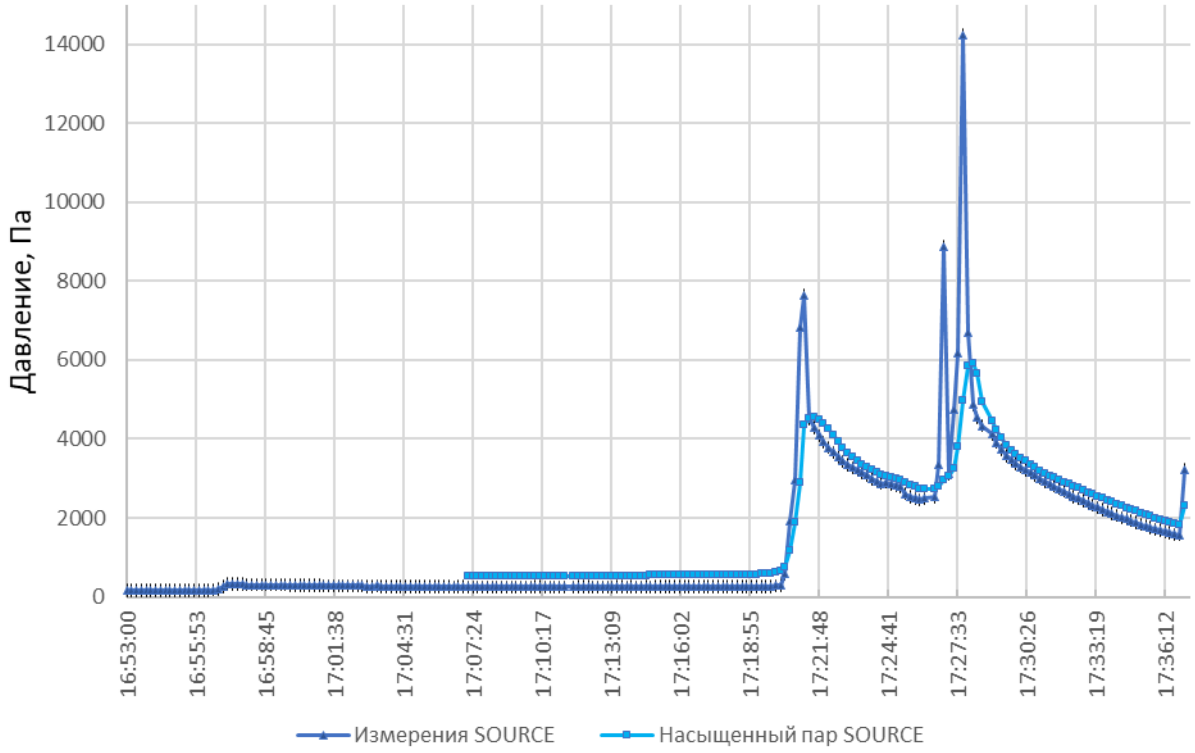


Рис. 5 – Измеренные значения давления во внутреннем сосуде криостата в процессе работы фильтра, и рассчитанные из справочных [3] значения давления насыщенных паров

Массовая производительность, выраженная из имеющихся у нас расчётных значений объёма сверхтекучего гелия в литрах, равна

$$\dot{m} = \frac{3600}{600} \cdot 10^{-3} \cdot [V_{17:17:00} - V_{17:07:00}] \cdot \rho_{(T_{SOURCE})} \approx 6 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}92 \cdot \rho_{(T_{SOURCE})} \approx$$
$$\approx 11{,}52 \cdot 10^{-3} \cdot 145{,}14 \approx 1{,}673 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \approx 0{,}465 \text{ г/с}.$$

Исходя из этого, и помня диаметр фильтра (8 мм), можно рассчитать массовый поток сверхтекучего гелия сквозь фильтр. Это будет отношением массовой производительности к его площади.

$$\frac{\dot{m}}{F} = \frac{\dot{m}}{(\pi\frac{d^2}{4})} \approx \frac{0{,}465}{0{,}503} \approx 0{,}925 \frac{\text{г}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}.$$

Это сообразно данным, полученным при использовании аналогичного фильтра Институтом Лауэ-Ланжевена (г. Гренобль) для источника SuperSUN, где фильтр выдал поток порядка 1,1 $\frac{\text{г}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}$ [4].

В моей ВКР был проведен анализ данных эксперимента с фильтром сверхтекучести и продемонстрирован ход эксперимента. Эксперимент полностью подтвердил возможность

использовать фильтр для наработки изотопно-чистого гелия-4. Был найден массовый расход сквозь фильтр и проведён анализ данных, объяснивший происходившие в ходе эксперимента физические процессы. В дальнейшем фильтр сверхтекучести будет играть большую роль в работе источника УХН.

Список использованных источников

1. Лямкин В.А. Высокоинтенсивный источник ультрахолодных нейтронов на основе сверхтекучего гелия: дис. … канд. физ.-мат. наук: 1.3.2 / В.А. Лямкин. Гатчина, 2021 г. – 189 с.
2. Kawasaki S., Okamura T. et al. Development of a Helium-3 Cryostat for a Ultra-Cold Neutron Source // Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – IOP Publishing, 2012 – V.775. DOI:10.1088/1757-899X/755/1/012140.
3. Van Sciver, Helium S.W. Cryogenics / S.W. Sciver. - 2nd Edition – New York: Springer Science+Business Media LLC, 2012. – 489 p. – (International cryogenics monograph series).
4. Лямкин В.А. Оперативный журнал по запуску технологического комплекса от 14.12.2021: отчет о НИР. / В.А. Лямкин. – Гатчина, 2021. – 10 с.

УДК 577.218

DEVELOPMENT OF DNA NANOSTRUCTURES FOR INPUT-DEPENDENT CLEAVAGE OF TARGETED RNA

Smirnov V.V.[1]
Scientific co-supervisor – Ph.D. in Chemistry, professor, Kolpashchikov D.M.[2]
Scientific supervisor – Sc.D. in Chemistry, associate professor, Vinogradov V.V.[1]
1 –SCAMT institute, ITMO university Saint Petersburg, Russia
2 – Chemistry Department, University of Central Florida, Orlando, Florida, U.S.

v_smirnov@scamt-itmo.ru

Keywords
Nanostructures, DNA logic gates, DNAzyme, marker-dependent, DNA computation.

The nucleic acids are attractive materials for nanoengineering. It has a unique structural property that is needed for engineering nanoscale structures. Using specific designs of the sequence of its nitrogenous bases, nucleic acids can be programmed to self-assemble into complex structures capable of performing specific functions. It allows us to establish a DNA computation.

Development of DNA computation is motivated by the two factors limiting electronic computers: (i) the size of electronic devices is limited by photolithographic techniques (a few tens of nanometers in pattern size); (ii) they cannot work in specific type of environments (i.e., within a cell or within a synthetic molecular structure or material). DNA computation has features to overcome these limitations due to its organic nature, flexible design, and nanoscale size.

Several approaches are applied for realization DNA computation [1]. In general, there are two ways: enzyme-free and enzyme reactions. The first way based on ability of DNA hybridization. The method is strand displacement reaction (SDRN). The second one using enzymes (proteins or DNAzymes).

Research groups, which study DNA computing using SDRN noted a convenience and high predictive power, since the reaction follows a simple model of association and dissociation (CRN). In particular, the method has limits, including a slow processing speed of big network and a DNA structure performs only one action (another words, it has only single shot). After processing a DNA structure isn't active. Thus, the question of its disposal arises, which is still unresolved.

We believe that these problems can be avoided by using enzyme reaction. Enzymes provide high efficiency to their reactions. Protein enzymes are regulated by kinases or phosphatases via phosphorylation-dephosphorylation reaction. Protein phosphorylation alters protein conformation, which can lead to an increase or decrease in activity.

The major problem is a complexity of working with proteins because we do not have the ability to predict the structure of proteins accurately and simply to modify for regulation their activity. So, we used 10-23 DNAzyme which has the most important properties, including small size, all-DNA composition, target sequence versatility, and high catalytic efficiency [2]. These properties allow us to simplify changing structure of 10-23 DNAzyme. However, there is a serious obstacle of difficulty in predicting the optimal structure. Since there is no basic research on the secondary structure stability of small hairpin, small interactions between nucleic acids, well-developed software, or a mathematical model for predicting multicomponent nucleic acid systems. To overcome this challenge, we used two programs: NUPACK and MFOLD which helps in design and analysis of sequences at the base level, to weed out wrong designs.

Main part

In this study we demonstrated ability to use DNA nanotechnology for creating controlled DNAzyme. We described they behavior via Boolean logic because they are regulated by miRNAs as input signal and perform catalysis transesterification reaction of phosphodiester bonds in RNA as output signal. The system is called DNA logic gates.

In 2013 Kahan-Hanum M. et al. [3] created nine types of DNA logic gates based on 10-23 DNAzyme (YES, AND, NOT, OR, NAND, ANDNOT, XOR, NOR and 3-input-AND gate) which are performing output signal (i.e., cleavage RNA substrate) as responses on input strand(-s). These logic gates demonstrate cleavage above than 80%, except for XOR (~70%), NOR (~60%) and 3-input-AND gate (~40%). Authors mentioned that to utilize the system for clinical diagnosis, its sensitivity should be increased. In addition, it should be further optimized to reduce false-positive detection and signal leakage, especially in the cellular environment. There is prospect to use these logic gates for creating systems as inhibitory agents in a variety of diseases.

Kahan-Hanum M. et al. used the ratio of substrate to DNA logic gate as 1 to 20 and they didn't compare catalytic activity with initial 10-23 DNAzyme. We believe that the system for clinical diagnosis or as inhibitory agent should has high sensitivity, specificity, and efficiency. We selected the ratio as 2:1 and evaluated activity of our DNA logic gates with initial 10-23 DNAzyme. In addition, we suggested to use thermodynamic parameters in designing for achieving specificity of DNA logic gate (exclude false positive output signal).

Activity of DNA logic gates are regulated by input signal (input oligonucleotides). Sequences of hsa-miR-21-5p (1st miRNA) and hsa-miR-15a-5p (2nd miRNA) were taken as positive, and hsa-let-7d-3p (3rd miRNA) was taken as negative inputs. First two are found to be upregulated in breast cancer cells, while the last one is downregulated in this kind of cell comparison with normal tissue [4].

The catalytic activity of DNAzyme or DNA logic gates were evaluated through increasing fluorescence intensity by fluorescent reader as result of cleavage RNA substrate (F_sub) that has fluorescein amidite (FAM) and Black Hole Quencher1 (BHQ-1) modification at the substrate ends.

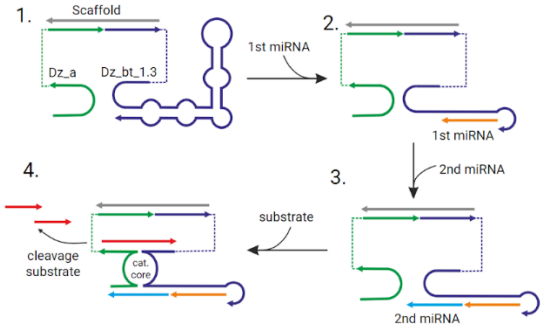
Watson–Crick and Wobble base pairs (G=U) used for making complimentary double strands which hold the modules close to each other and folding function region for decreasing background. Using a Wobble base pair allows to reduce stability of the double helix without length reduction and adding mismatches of sequences. We developed two DNA logic gates (AND gate and INHIBIT gate).

AND gate. The rule for the AND gate is that substrate cleavage (output=1) can only occur in the presence of 1st miRNA and 2nd miRNA in solution (input=11). Otherwise, the substrate remains intact (output=0). Where "1" is presence of miRNA or catalysis of reaction. "0" is absence of miRNA or catalysis (Fig.1,A).

The behavior AND gate (Figure 1B). At the beginning, the AND gate has two strands (Dz_a and Dz_bt_1.3) in folded form (1). 1st miRNA unwinds the blue strand (2) and 2nd miRNA is capable of forming the catalytic core (3). As a result, the substrate cleaves (4)

Input		Output
1st miRNA	2nd miRNA	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A



B

Fig. 1 – A) The rule of behavior AND gate (truth table of AND gate), B) Scheme of behavior AND gate

In Figure 2A the value 67.0% of substrate cleavage was achieved for input=11 in comparison to the DNAzyme, and the value 19.5% for input=10. The operation of this design is consistent with the rule of AND gate (Figure 1A). For confirmation that AND gate in major cases binding with 1st miRNA, then with 2nd miRNA for following cleavage of a substrate, we conducted an experiment about interactions of AND gate with all combinations of inputs by means of gel electrophoresis (Fig.2,B).

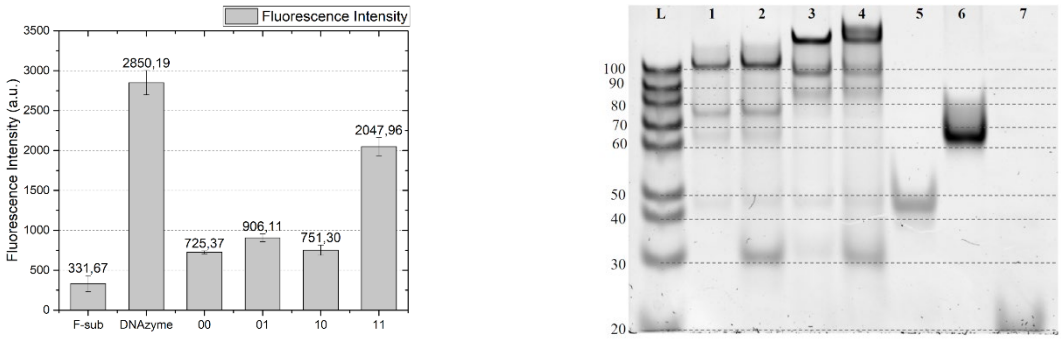


Fig. 2 – A) Intensity of measured output signals with all combinations after incubation one hour; B) PAGE analysis of the interaction of AND gate with inputs. L — Ladder 20-100 (single stranded DNA); 1 – AND gate; 2 – AND gate with 2nd miRNA; 3 – AND gate with 1st miRNA; 4 – AND gate with 1st miRNA and 2d miRNA; 5 – Dz_a; 6 – Dz_bt_1.3; 7 – scaffold

Lane 1-4 have assembled AND gate above the level of 100 nt. In lane 3 with additional 1st miRNA there are upper bands. Apparently, 1st miRNA binds with AND gate. Also, in lane 4 there is a light upper band, 2nd miRNA binds with the complex AND gate. The complex of AND gate with both inputs is not stable for the PAGE analysis. Probably, associating the complex with both inputs is a dynamic process in solution. Bands in lanes 5-7 are parts of AND gate.

The activation of AND gate occurs via hybridization both miRNAs. Moreover, the attachment of the 1st miRNA always precedes the 2nd miRNA.

We determined three separately complexes for analysis. 1st complex is self-folded Dz_bt_1.3 which characterized by $\Delta G1 = -5.2$ kcal/mol, $\Delta H1 = -112.9$ kcal/mol. 2nd complex is Dz_bt_1.3 bind with 1st miRNA has $\Delta G2 = -23.5$ kcal/mol $\Delta H2 = -167.9$ kcal/mol. 3rd complex is Dz_bt_1.3 bind with 2nd miRNA has $\Delta G3 = -11.3$ kcal/mol, $\Delta H3 = -72.3$ kcal/mol. The following ratio $\Delta H3 > \Delta H1 > \Delta H2$ is observed. 3rd complex has low amount of hydrogen bonds for comparison 1st complex, we see it in ration of ΔH. As result, 1st complex is preferable than 3rd complex. However, 2nd complex has more bonds and lower $\Delta H2$, so the complex is preferable for the system.

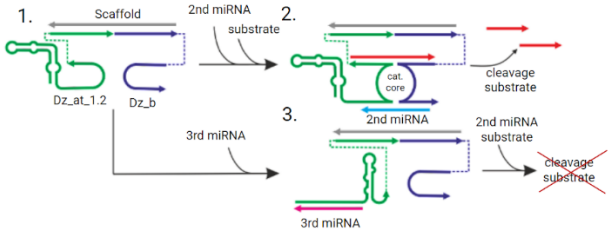
In summary, according to both experience results and thermodynamic analysis the AND gate operates according to the truth table (Fig.1,A)

INHIBIT gate. The rule for the INHIBIT gate is that substrate cleavage (output=1) can only occur in the presence of 2nd miRNA in solution (input=10). The substrate remains intact (output=0) in the presence of 3rd miRNA (input=11, 10). This rule is written in the form of the truth table (Fig.3,A).

The behavior INHIBIT gate with Dz_a_1.2 (Fig.3,B). There are two pathways. 2nd miRNA forms the catalytic core (2). If the 3rd miRNA binds to the green strand, this strand refolds (3). As a result, the catalytic core cannot be formed, and the substrate isn't cleaved.

Input		Output
2nd miRNA	3rd miRNA	
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

A

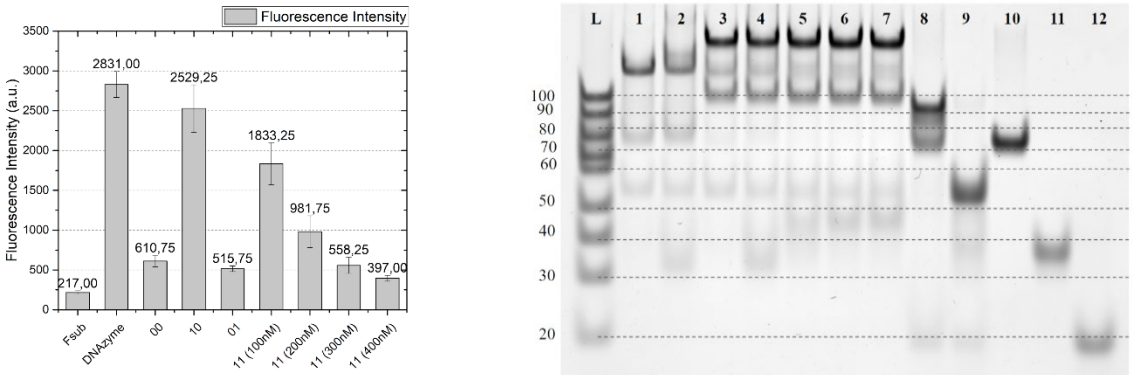


B

Fig. 3 – A) Truth table of INHIBIT gate, B) Scheme of behavior INHIBIT gate

In Figure 4A the value 88.2% of substrate cleavage for input=10 in comparison to the DNAzyme. It is a high fluorescence intensity, which corresponds to the case of the presence of 2nd miRNA and the absence of 3rd miRNA (output = 1). However, the value 61.9% for input=11 is also

high as a false positive signal. Increasing concentration of 3rd miRNA allows to decrease the false positive signal. Adding 3rd miRNA at three times more than 2nd miRNA leads to inhibition of the false positive signal to a background level (input = 00).



A B

Fig. 4 – A) Intensity of measured output signals with all combinations after incubation one hour; B) PAGE analysis of the interaction of INHIBIT gate with inputs. L – Ladder 20-100 (single stranded DNA); 1 – Inhibit gate; 2 – Inhibit gate with 2nd miRNA; 3 – Inhibit gate with 3rd miRNA; 4-7 – Inhibit gate with 2nd miRNA and 3rd miRNA of concentration 100-400 nM; 8 – Dz_at_1.2 with scaffold; 9 – Dz_b with scaffold; 10 – Dz_at_1.2; 11 – Dz_b; 12 – scaffold

In Figure 4B the lane 1-2 has assembled INHIBIT gate above the level of 100 nt. In lane 2 the complex of INHIBIT gate with 2nd miRNA looks like slightly band. It is not stable for the PAGE analysis. In lane 3 the highest band is the complex of INHIBIT gate with 3rd miRNA. In lanes 3-7 the band of INHIBIT gate is absent, meaning that a major amount of INHIBIT gate binds with 3rd miRNA. It's observed in the result (Fig.4,A). In lanes 5-7 there is a band between 40-50 nt. level, it's an excessive amount of 3rd miRNA. Lanes 8-12 are parts of INHIBIT gate.

We determined four separately complexes for analysis. 1st complex is Dz_at_1.2 in folded shape (Fig.3,B in 1 step) has $\Delta G1 = -7.6$ kcal/mol, $\Delta H1 = -98.6$ kcal/mol. 2nd complex is Dz_at_1.2 in switched shape (Fig.3,B in 3 step) has $\Delta G2 = -2.6$ kcal/mol, $\Delta H2 = -93.8$ kcal/mol. 3rd complex is Dz_at_1.2 bind to 2nd miRNA has $\Delta G3 = -10.9$ kcal/mol, $\Delta H3 = -78.4$ kcal/mol. 4th complex is Dz_at_1.2 bind to 3rd miRNA has $\Delta G4 = -26.3$ kcal/mol, $\Delta H4 = -172.5$ kcal/mol. The ratio $\Delta G2 > \Delta G1$ shows that 1st complex presence in major cases than 2nd complex. It is preferable for our system since there will be many complexes capable of perform way for cleavage substrate (Fig.3,B).

In summary, according to both experience results and thermodynamic analysis the INHIBIT gate operates according to the truth table (Fig.3,A) with adding 3rd miRNA at three times more than 2nd miRNA.

The current study demonstrates that we can use nucleic acids for nanostructures development which have specific functions. These functions determine by type of nucleic acids. They can protein binding (aptamers), lipids binding, regulate a gene expression and catalyze a chemical reaction. In this study we used a sequence of 10-23 DNAzyme, which has a catalytic activity, for developing DNA logic gates which can recognize oligonucleotide inputs and produce RNA cleaving activity as an output. In another words, we created DNAzymes which are regulated by miRNAs via hybridization reaction. miRNAs bind to DNAzymes and alter they conformation, which lead to an increase or decrease in activity.

We developed DNA logic gates which operate correctly to their logic functions. AND and INHIBIT gate able to recognize two inputs miRNAs than to cleave substrate as output signal. Their catalytic activity is 66 – 88% of initial 10-23 DNAzyme. AND gate performs (65.6 ± 6.1)% of catalytic activity in presence of two input miRNAs. There is less than (9.6 ± 2.8)% of activity in absence or presence of input strand. INHIBIT gate performs (88.2 ± 8.8)% of activity in presence of positive input miRNA, and there is less than (15.1 ± 2.4)% of activity with adding a threefold negative input miRNA.

There is obstacle in designing, because there is no well approach which can predict with high probability the behavior of DNA structures. In this study we analyzed DNA structures as thermodynamic systems using the parameters (ΔG, ΔH). However, the well approach for designing relied on thermodynamic parameters is needed for developing DNA engineering.

The obtained results can be used for (i) creating more complex DNA construction, which contain combinations of DNA logic gates. These DNA devices based on our DNA logic gates can detect the oligonucleotides in solution. This technology can be used to facilitate complex diagnostic procedures where identifying the type of disease requires multiple tests for different miRNAs; (ii) Development of nucleic acid-based structures that exhibit specific functions (in this study catalytic activity) only in the presence of marker oligonucleotides. This approach will allow these structures to operate towards specific targets within cells (i.e., knock-down of target RNA in presence of marker RNAs).

We believe that development of DNA computation has prospects not only in the development of fundamental alternative computation, but also for the purposes of diagnostics and therapeutics, since the use of nucleic acids are closely related to genetic diseases.

Reference

1. Bui H. et al. DNA computing, chapter in computing handbook, volume i: Computer science and software engineering, section 3: Architecture and organization, edited by teofilo f. gonzalez. – 2013.
2. Santoro S.W., Joyce G.F. Mechanism and utility of an RNA-cleaving DNA enzyme // Biochemistry. – 1998. – Т. 37. – №38. – С. 13330-13342.
3. Kahan-Hanum M. et al. A library of programmable DNAzymes that operate in a cellular environment // Scientific reports. – 2013. – Т. 3. – №1. – С. 1-6.
4. Yang Z. et al. dbDEMC 2.0: updated database of differentially expressed miRNAs in human cancers // Nucleic acids research. – 2017. – Т. 45. – №D1. – С. D812-D818.

УДК 338.31:663.2

РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-ПЛАНА "ITMO SOMMELIER": ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ВИНОДЕЛИЯ ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО ВИНА НА МИРОВОМ РЫНКЕ

Сончик Р.С.

Научный руководитель – Орлова О.Ю., кандидат технических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций, доцент научно-образовательного центра инфохимии, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных технологий в инфохимии

rssonchik@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №619404 «Обеспечение коммерциализации и капитализации проектов в области Life Science в ситуации цифровой трансформации инновационных социально-экономических систем».

Ключевые слова

Виноделие, виноградные вина, бизнес-план, рынок вина, виноделие в России, перспективы, импорт, экспорт, контрафакт, фальсифицированный алкоголь.

Несмотря на то, что производство вина имеет такие древние корни в каждой стране, более того в каждом регионе, и в винодельне были свои особенности и секреты производства, что делало вина особенными, редкими и коллекционными. Но, как и любой другой ценный и редкий товар, его пытались подделать и выдать за более дорогой продукт. Поэтому эта старая проблема, как и в более ранние времена вредила и наносила ущерб для производителей вин, так в наше время является одной из основных проблем для всей сферы виноделия.

Мошенничество с вином — это серьезная проблема для мировой винодельческой промышленности. Ежегодный экономический ущерб по всему миру оценивается в миллиарды долларов [1]. Кроме того, из-за этого местные региональные бренды вообще теряют возможность продавать свою продукцию. Фальсификация вина приводит к большим потерям для ключевых игроков, поскольку на рынке вина существует большое количество контрафакта.

Расширение ассортимента алкогольной продукции, включая вино, не приводит к повышению качества. По данным контролирующих организаций в настоящее время до 50% проверяемой алкогольной продукции бракуется из-за ее несоответствия нормативным требованиям [2]. Имеются многочисленные случаи продажи и потребления фальсифицированной продукции, нанесшие вред здоровью потребителя. Однако этих проблем можно избежать, если внедрить быстрый и простой способ определения подлинности вина. Аутентификация поможет избежать неопределенности в отношении маркировки продукции в зависимости от их происхождения, сорта или урожая.

Фальсификация вина приводит к большим потерям для ключевых игроков, поскольку на рынке вина существует большое количество контрафакта. В Китае было обнаружено, что примерно 50 % иностранных вин являются поддельными [3].

Если говорить про российский рынок, то большинство экспертов оценивают долю теневого рынка алкогольной продукции в 30 – 40 % [2]. Согласно статистике, в среднем по России в год умирает более 50 тыс. человек от причин, связанных с алкоголем, что составляет 2,4 % от общей смертности. При таких цифрах в среднем около 1 % смертей происходит из-за отравлений контрафактной и фальсифицированной продукцией [2]. Минимальными угрозами от подобного рода продукции является то, что подделка известных брендов часто бросает тень на имидж бренда и лояльность к нему.

В условиях растущей распространенности экономически мотивированной фальсификации и постоянно расширяющихся торговых путей крайне важно, чтобы подлинность и чистота вина могли быть проверены на протяжении всего пути от розлива до потребителя. Это дает уверенность в продукте как заинтересованным сторонам, так и потребителю. Однако обычных методов уже недостаточно для борьбы с изощренными способами фальсификации.

Поэтому в НОЦ Инфохимии для решения подобной проблемы был предложен проект "ITMO sommelier". В ходе работы над проектом был разработан бизнес-план для реализации данной идеи. Объект разработки проекта "ITMO sommelier" – хемометрическая методика анализа, состоящая из:

1. Комплекса датчиков и приборов.
2. Базы данных по характерным откликам для вин российского происхождения.
3. Набора математических методов обработки данных для распознавания:
   - региона происхождения;
   - сорта винограда;
   - винодельческого хозяйства;
   - года урожая;
   - партии продукции.

На рисунке 1 указан принцип действия системы.

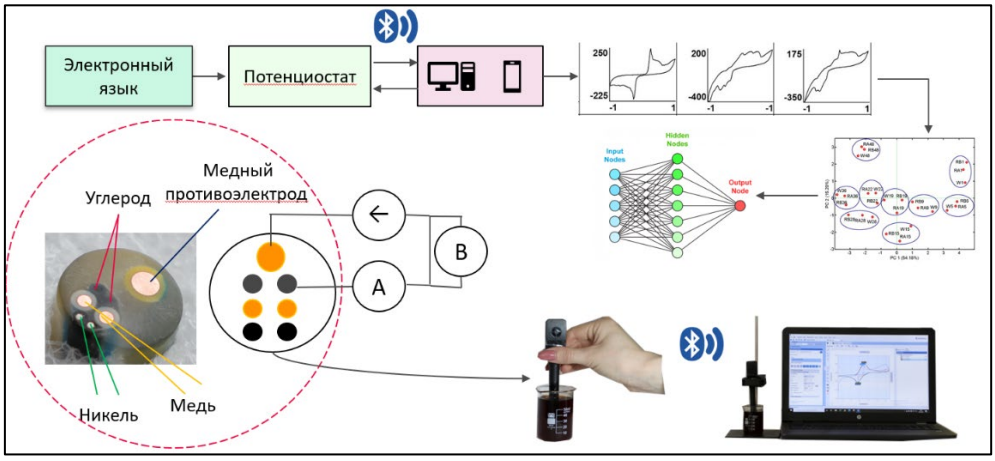


Рис. 1 – Принцип работы потенциостата ITMO sommelier

Говоря о рынке виноградных вин, то по прогнозам экспертов, в течение периода 2021–2026 годов на рынке вина CAGR составит 4,28 % (рис.2) [1]. Внезапный рост объясняется спросом, который возвращается к уровню, предшествовавшему пандемии. Данная динамика рынка позволяет понять, что рынок находится в постоянном развитии, и существуют перспективы для роста в отрасли виноделия.

Рис. 2 – Динамика глобального рынка вин 2016–2028 г, в млрд долларов

Основными движущими факторами отрасли являются:

1. Повышение уровня социализации алкоголя содействует росту рынка.
2. Появление платформ электронной коммерции для получения более высоких доходов.

Также в ходе работы были выявлены и проанализированы конкуренты проекта, в таблице 1 были выделены следующие прямые конкуренты для разработки проекта "ITMO sommelier".

Таблица 1

Прямые конкуренты проекта

	Метод анализа	Количество метрик	Особенности	Цена
Bruker WD	ЯМР + хроматография	57	Сложность; Стационарность	≈ 500 000 $
CDR WineLab	Фотометрия + титрование	25	Дорогие расходные материалы	≈ 15 000 $
IBM Electronic tongue	Потенциометрия	-	В стадии разработки	-
ITMO sommelier	Потенциометрия	4	Портативность; База данных российских вин	≈ 1000 $

Основные конкуренты в основном в своей работе базируются на традиционных методах анализа: газовая хроматография, жидкостная хроматография, масс-спектрометрия высокого разрешения, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, ЯМР-спектроскопия [4]. Данные методы приказывают высокую точность, но они не пригодны для массового применения, отчасти это связано с их дорогостоящим обслуживанием.

Косвенные конкуренты. По мере роста проблемы поддельных вин растет и спрос на новые технологии для защиты покупателей и производителей от мошенничества. Несколько общих подходов многообещающи, но не без проблем [5]:

1. Технологии OVD, в частности голограммы.
2. Technology of Chaos / Bubble Codes.
3. Технология NFC.
4. Блокчейн (например, Chai Vault).

Основным минусом данных технологий является защита непосредственно упаковки, а не его содержимого.

В процессе написания бизнес-плана была разработана бизнес-модель проекта "ITMO sommelier", которая представлена на рисунке 3.

Концепция проекта предполагает, что клиенты будут приобретать анализатор для своих магазинов/складов/офисов, а также оформлять и продлять ежемесячную подписку для подключения к базе молекулярных паспортов российских вин.

Основными клиентами предприятия являются дистрибьюторы и компании, занимающиеся оптовой и розничной продажей алкогольной, в том числе винной, продукции, а также продуктовые ритейлеры, которые также занимаются продажей алкоголя в России, также в перспективе дружеские азиатские страны. Однако, помимо этого, предполагается, что со временем, когда ситуация с пандемией и прочими экономическими и политическими факторами улучшиться, возможно распространение в секторе HoReCa. Также возможно мелкосерийное производство для клиентов сегмента B2C, но в данном случае данный сегмент скорее рассматривается как рекламный пиар ход, или для иных маркетинговых стратегий.

<table>
<tr>
<td rowspan="2">Проблема
•Рост количества и качества поддельного алкоголя
•Рост затрат на необходимость проверки продукции
•Недостаточная надежность методов проверки подлинности алкоголя</td>
<td>Решение
•Скорость и доступность анализа
•Снижение затрат при сохранении точности
•Собственная дополняющаяся база вин</td>
<td rowspan="2">Уникальное торговое предложение
Портативный анализатор для быстрой и точной оценки подлинности вина, который поможет снизить затраты на проверку подлинности вина. Подключение к надежной и дополняющейся базе «Молекулярных паспортов» российских вин.</td>
<td>Отличие, ведущее к преимуществу
•Собственная база данных российских вин, которая постоянно обновляется и дополняется, и находиться под защитой.
•Уникальность конструкции и подобранных электродов.</td>
<td rowspan="2">Сегменты потребителей
Компании занимающиеся оптовой и розничной продажей винной продукции как в России, так и за рубежом, также, возможно, сотрудничество с сектором HoReCa</td>
</tr>
<tr>
<td>Ключевые метрики
•Скорость
•Точность
•Доступность</td>
<td>Канала продаж
•Прямые продажи в сегменте B2B
Возможные варианты развития:
•B2G и B2C сегмента</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Структура затрат
Затраты на исследования и эксперименты, разработка дизайна конструкции, серийное производство анализаторов, создание и обеспечение базы данных, маркетинговые затраты</td>
<td colspan="2">Структура доходов
•Продажа анализаторов
•Платный доступ к базе данных</td>
</tr>
</table>

Рис. 3 – Бизнес-модель проекта

Проект «ITMO sommelier» предполагает два основных этапа развития:

Этап 1. Разработка самой системы, которая включает в себя разработку: комплекс датчиков и приборов; базу данных по характерным откликам для вин российского происхождения; набор математических методов обработки данных для распознавания.

Продолжительность данного этапа по предварительным оценкам составит 1,5 – 2 года. Это время необходимо для проведения экспериментов для тестирования системы; поиск партнёров и инвестиций; разработка кроссплатформенного приложения; разработка конструкции и дизайна анализатора; регистрация интеллектуальной собственности.

Этап 2. Предполагает начало продаж и запуск функционирования проекта «ITMO sommelier». Предположительная дата начал продаж рассчитывается на второй квартал 2024 года.

Необходимые первоначальные инвестиции на исследования и разработку проекта составляют 2 755 тыс. рублей. Согласно расчётам финансовой модели, ориентировочный срок окупаемости проекта составит немногим больше 4-х лет. При условии, что проект первые два года разрабатывается и активно тестируется, а начинает активные продажи только на третий год.

По предварительным расчетам планируемые суммарные расходы на первые два года составят порядка 10 млн рублей.

Основной статьей расходов является разработка приложения для связи между анализатором – устройством клиента (мобильный телефон, компьютер, ноутбук и прочее) – базой данных российских вин.

Проект "ITMO sommelier" нацелен на решение существующей проблемы присутствия на рынке значительного процента недобросовестных производителей, поставляющих контрафактную продукцию. Конечным продуктом стартапа будет разработанная система отечественного виноделия, состоящая из: комплекса датчиков и приборов; базы данных по характерным откликам для вин российского происхождения; набора математических методов обработки данных для распознавания.

Проект "ITMO sommelier" будет помогать компаниям, занимающихся оптовой и розничной продажей алкогольной продукции, дистрибьюторам и производителям вин отслеживать подлинность информации, указанной на этикетках виноградных вин, а также снижать долю контрафактной продукции на рынке вин. Проект повысит безопасность продукции и снизит издержки компаний на проверку вин.

Для запуска проекта планируется использовать поэтапно привлеченные инвестиции. На начальном этапе для развития проекта необходимо будет провести ряд экспериментов для изучения ключевых гипотез проект, что может занять от 1,5 до 2 лет. Начало функционирования и продаж анализаторов планируется на начало третьего года.

При запланированном постепенном развитии проекта планируется окупаемость в течение 4 лет после запуска, 2 года со старта продаж. При привлечении дополнительных партнёров, и возможности реализации на международных рынках срок окупаемости ощутимо уменьшится, прибыль возрастет, а компания будет развиваться быстрыми темпами, однако тогда для команды проекта будет крайне важно проработать и оценить риски проекта.

Список использованных источников

1. Grand View Research // Wine Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (Table Wine, Dessert Wine, Sparkling Wine), By Distribution Channel (On-trade, Off-trade), By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/wine-market (дата обращения: 28.11.2021).
2. Статистика отравлений суррогатным алкоголем в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tass.ru/info/12617547 (дата обращения: 24.12.2021).
3. What is Wine Exactly? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://winefolly.com/deep-dive/what-is-wine/ (дата обращения: 24.12.2021).
4. New Ways to Fight Counterfeiters. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://winesvinesanalytics.com/features/article/66988/New-Ways-to-Fight-Counterfeiters (дата обращения: 02.01.2022).
5. A Review of Representative Methods Used in Wine Authentication. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mdpi-res.com/d_attachment/agriculture/agriculture-11-00225/article_deploy/ agriculture-11-00225.pdf (дата обращения: 07.03.2022).

УДК 681.51

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ ПРИ НАРУШЕНИИ УСЛОВИЙ СОГЛАСОВАНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯХ НА УПРАВЛЕНИЕ

Суздалев О.Д.

Научный руководитель – Герасимов Д.Н., кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники, старший научный сотрудник мегафакультета компьютерных технологий и управления

odsuzdalev@gmail.com

Ключевые слова
Бэкстеппинг, адаптивное управление, насыщение.

Рассматривается задача адаптивного управления классом нелинейных каскадных систем с несогласованными параметрическими неопределенностями и ограничением на управляющее воздействие.

Первое решение было предложено в [1] и основывалось на итеративной процедуре синтеза (бэкстеппинге) с избыточным количеством настраиваемых параметров. Для преодоления проблемы избыточности в [2] и [3] было предложено два решения. Первое основывалось на использовании функций настройки и методе функций Ляпунова в целях синтеза функций стабилизации и закона управления. Второе решение предполагало независимый (модульный) синтез регулятора, обеспечивающего свойство устойчивости “вход-состояние” в замкнутой системе, и алгоритма адаптации, т.н. модульного идентификатора, гарантирующего сходимость ошибки управления к нулю. В отличии от метода функций настройки метод модульных идентификаторов позволил применить широкий спектр алгоритмов адаптации, включая алгоритмы с ускоренной параметрической сходимостью. Однако, как показано в [2], скорость настройки параметров регулятора существенно влияет на переходные процессы ошибки управления, вызывая "всплески". Для устранения данного недостатка в [4] в закон управления включались старшие производные настраиваемых параметров, генерируемые алгоритмом высокого порядка [5]. В [6] вместо алгоритма высокого порядка была использована схема Крейссельмейера [7], позволяющая существенно ускорить параметрическую настройку регулятора. В настоящей работе предлагается расширить предложенный в [6] подход на случай ограничений на управляющего воздействия, которые являются естественными в большинстве практических приложений.

Решение задачи основано на использовании:

- процедуры бэкстеппинга на основе метода модульных идентификаторов с включением старших производных настраиваемых параметров регулятора, генерируемых алгоритмом адаптации Крейссельмейера с ускоренной сходимостью. Предложенный способ позволяет снизить влияние скорости настройки параметров на ошибку управления;
- использования специального фильтра для ликвидации влияния ограничений по входу объекта на устойчивость системы.

Предложенный закон управления обеспечивает ограниченность всех сигналов в замкнутой систем и асимптотическое стремление выхода объекта к эталонному значению. За счет увеличения параметра адаптации существует возможность ускорения процесса адаптации и, как следствие, увеличения скорости сходимости ошибки управления к нулю. Свойства регулятора проиллюстрированы с помощью моделирования в системе MATLAB.

Регуляторы, разработанные с использованием предложенного метода, можно использовать в таких приложениях как управление неполноприводными робототехническими системами, системами с каскадным включением звеньев, левитационными платформами.

Дальнейшее исследование предполагает изучение алгоритма для неограниченных систем и предложение практического применения.

Список использованных источников

1. Kanellakopoulos I., Kokotovic P.V., Morse A.S. Systematic design of adaptive controllers for feedback linearizable systems // IEEE Trans. Automatic Control. – 1991. – V.36. – №11. – Pp. 1241-1253.
2. Krstić M., Kanellakopoulos I., Kokotović P.V. Adaptive nonlinear control without overparametrization // Systems & Control Letters. – 1992. – V.19. – №3. – Pp. 177-185.
3. Krstic M., Kokotovic P.V., Kanellakopoulos I. Nonlinear and adaptive control design. John Wiley & Sons, Inc. – 1995. – 563 p.
4. Nikiforov V.O., Voronov K.V. Adaptive backstepping with a high-order tuner // Automatica. – 2001. – V.37. – №12. – Pp. 1953-1960.
5. Morse A.S. High-order parameter tuners for the adaptive control of linear and nonlinear systems // Systems, models and feedback: Theory and Applications. Birkhäuser, Boston, MA. – 1992. – Pp. 339-364.
6. Nikiforov V.O., Gerasimov D., Pashenko A. Modular Adaptive Backstepping Design with a High-Order Tuner // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2021. DOI:10.1109/tac.2021.3091442.
7. Kreisselmeier G. Adaptive observers with exponential rate of convergence // IEEE transactions on automatic control. – 1977. – V.22. – №1. – Pp. 2-8.

УДК 339.13

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АГЕНТСТВА НЕДВИЖИМОСТИ И ДЕВЕЛОПЕРА

Хан А.С.

Научный руководитель – Торосян Е.К., кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

khan@itmo.ru

Ключевые слова

Business intelligence, аналитика, low-code, коллтрекинг, маркетинг, etl, формализация требований, отчет, дашборд.

Data-driven (англ. «управляемый данными») – это подход к управлению, который основывается на собираемых данных. Только они имеют значение, когда принимается то или иное решение для бизнеса. Причина начать работу с данными очень простая: бизнес, который не анализирует, теряет деньги. Упущенная выгода также может заключаться в потере клиентов или невозможности оптимизировать процессы. Актуальность темы магистерской диссертации обусловлена, с одной стороны, большим интересом к теме data-driven подхода, с другой стороны недостаточностью понимания со стороны бизнеса в сборе, хранении, преобразовании и структуризации данных в единую информацию, на основании которой можно не только сохранить конкурентоспособность, но и повысить её. На сегодняшний день есть готовые BI-решения, а есть отдельные цифровые инструменты, которые могут послужить модулями для разработки собственной аналитической системы, ориентированной именно под цели и задачи компании, в сжатые сроки.

Несмотря на все преимущества внедрения инструментов аналитики, многие компании до сих пор не решаются на их реализацию. При этом компании, которые все же внедряют их, сталкиваются с некоторыми проблемами, незнание которых зачастую заканчивается высокими затратами на реализацию и поддержание системы, большим количеством ненужной и трудоемкой работы, а также отсутствием реальной пользы для бизнеса.

- Анализ данных из разных источников. В опросе, проведенном Matillion в 2015 году, 27,4% ответивших предприятий заявили, что анализ по нескольким системам или источникам данных является их самой большой проблемой. Многие компании на сегодняшний день, независимо от их размера, собирают данные о своих транзакциях. Проблема в том, что эти данные часто передаются одновременно в большое количество различных систем. Данные могут храниться в ERP, CRM, БД, коллтрекинг-сервисах, базах облачной телефонии, различных таблицах. Поскольку данные распределены по разным ресурсам, получение необходимой информации может быть трудоемкой задачей. Для решения этой проблемы компании обращаются к инновационным цифровым инструментам. Эти инструменты выполняют функцию «коннектора» и могут объединять различные наборы данных в режиме онлайн без необходимости реструктуризации БД или перенастройки хранилища данных. Часто такие сервисы предлагают возможность объединения данных без знания кода. Это позволяет малому и среднему бизнесу настроить автоматическую передачу данных между различными сервисами, применять фильтрацию, а также выполнять несложные математические операции без привлечения программистов.
- Качество данных. В современном цифровом мире доступно так много данных, что их фильтрация и извлечение полезной информации является одной из самых сложных задач бизнес-аналитики сегодня. BI-инструмент должен основываться на абсолютно точных, достоверных, полных и актуальных данных, иначе он становится очередным препятствием, которое необходимо преодолеть, чтобы принять правильное бизнес-

решение. Данную проблему невозможно решить раз и навсегда, за качеством поступающих данных нужен постоянный контроль.

- Отсутствие интерактивности в отчетах. Под интерактивностью понимаются действия, которые настроены в отчетах и доступны пользователю для взаимодействия с данными: изучения, фильтрации, трансформации. Интерактивные информационные панели данных содержат множество встроенных возможностей и функций, которые делают извлечение информации быстрым, простым и эффективным, тем самым преодолевая одну из наиболее распространенных проблем бизнес-аналитики, связанных с медленными процессами обмена данными. Интерактивность позволяет реагировать на действия пользователя, исследовать данные с разных сторон для поиска ответа на возникающие вопросы. При этом многие компании еще собирают, обрабатывают и анализируют данные в ручных и статичных инструментах. Чаще всего такие процессы работы с данными приводят к неточностям, неэффективности и дорогостоящим ошибкам. Работая с интерактивными BI-панелями мониторинга, компании могут выйти за рамки привычных Excel, PowerPoint, других инструментов статической отчетности и вместо этого получить доступ к интуитивно понятным, интерактивным визуальным данным.
- Отсутствие мобильной версии отчетов. Мобильные сайты и приложения повсеместно внедряются для пользователей продуктов компании, при этом и руководство этих компаний также должно иметь возможность оперативно посмотреть, оценить и принять решения в бизнесе с помощью мобильного устройства. Если BI-инструмент не будет поддерживать мобильную версию, то есть риск, что пользователи будут его использовать намного реже, так как часто руководители бывают в командировках или в местах, где нет возможности использовать ПК.

В агентстве недвижимости и застройщике работает 500 сотрудников. Были выделены 5 основных отделов: застройщик, отдел распространения (входит ОП агентства недвижимости), финансовое отделение, отдел заключения и сопровождения, digital отдел. Аналитическая система будет необходима 150–200 сотрудникам. Организационная структура представлена на рисунке 1.

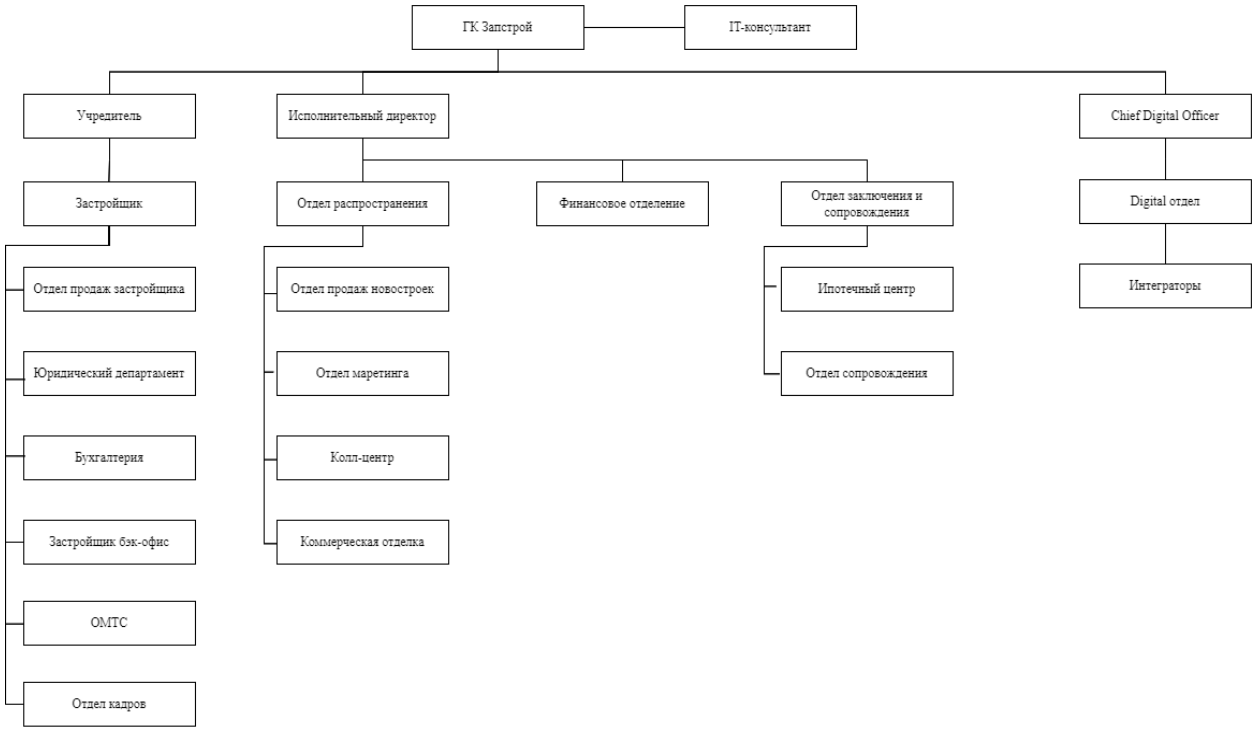


Рис. 1 – Организационная структура ГК «Запстрой»

Офисы находятся в Санкт-Петербурге, Мурино и Коммунар. Схема взаимодействия клиентов с ГК «Запстрой» представлена на рисунке 2.

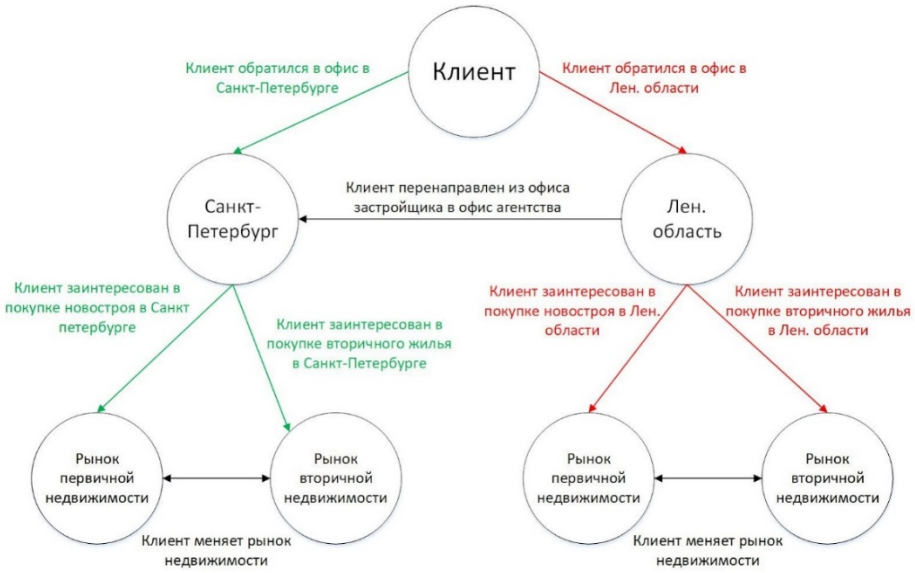


Рис. 2 – Схема взаимодействия клиентов с ГК «Запстрой»

Методология разработки была создана на основании методик ведущих BI-систем: Anaplan, Power BI, Tableau, Qlik. При этом методология была адаптирована под процессы агентства недвижимости. Для создания собственной системы аналитики в агентстве недвижимости и застройщике и ее внедрения необходимо оптимизировать информационную систему CRM, найти и заключить договоры со сторонними цифровые инструментами, описать будущий функционал отчетов, согласовать с ключевыми сотрудниками компании.

Проект был разделен на следующие фазы:

1. Изучение и документирование текущей ситуации в компании.
2. Сбор требований и пожеланий от отделов компании. Формализация.
3. Анализ и выбор инструментов, удовлетворяющих интересам компании.
4. Подготовка инструментов и формирование отчётов в BI-системах.
5. Тестирование.
6. Развертывание готовой BI системы отчетов.

Каждая фаза состоит из нескольких этапов. Допускается возврат к предыдущим фазам, если требуется доработка.

Этапы, связанные с разработкой отчетов, можно построить 2 способами:

- проанализировать все бизнес-требования, затем проработать их для каждого отдела. Отчеты будут запускаться параллельно для всех отделов сразу;
- выбрать приоритеты по отделам. Собрать бизнес-требования для конкретного отдела. При таком итеративном подходе можно будет начать эксплуатацию и увидеть первые результаты от бизнес-анализа до завершения всего проекта.

Запуск процесса осуществляется при получении входных данных компании (клиенты, сотрудники, финансы, учетные записи, пожелания). На выходе будут получены: готовые процессы по обработке и хранению данных, единое хранилище данных, автоматизированные процессы в цифровые инструментах, визуализированная интерактивная система отчетов, база знаний. Ответственным за весь проект назначен Chief Digital Officer.

На встречах с заинтересованными сторонами были согласованы несколько блоков, которые будут состоять из различных отчетов (рис.3).

В рамках диссертационной работы были выбраны цифровые инструменты, которые необходимо объединить для построения единой аналитической системы, основная цель – максимальная синергия всех инструментов и исключение конфликтов между собой. Были выбраны следующие инструменты:

- коллтрекинг-платформа Comagic для определения аналитических данных по звонкам и заявкам;

– коннектор Albato для сбора и обогащения данных;
– сервис MyBI Connect в качестве единого корпоративного хранилища данных;
– платформа Power BI для визуализации и создания интерактивных отчетов.

Рис. 3 – Интеллект-карта отчетов ГК «Запстрой»

В компании уже использовалась CRM Битрикс24 для ведения клиентов, поэтому было принято решение задействовать функционал автоматизированных бизнес-процессов для преобразования данных и приведения их к единому виду. Общая схема ИТ-ландшафта для работы аналитической системы представлена на рисунке 4.

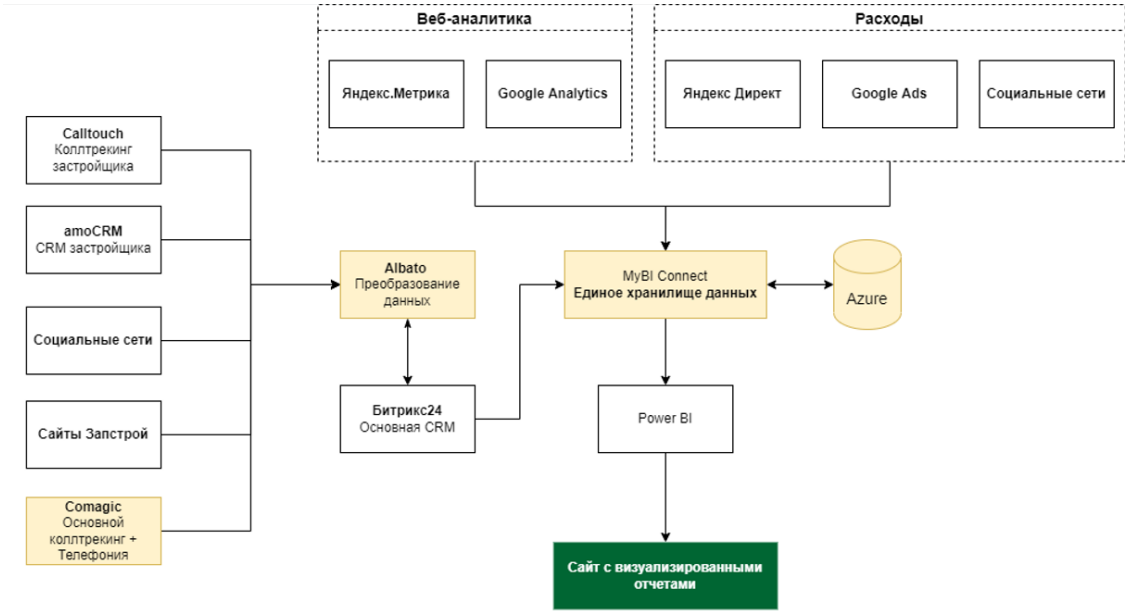


Рис. 4 – ИТ-ландшафт для работы аналитической системы ГК «Запстрой»

В ходе выполнения диссертационной работы был сделан дашборд для отделов продаж агентства недвижимости и застройщика. Визуализации данного дашборда:

- общая статистика (таблица). Показывает сводную информацию по лидам, сделкам, броням, договорам менеджера отдела продаж во временном разрезе;
- основные показатели отдела продаж (многостраничная карточка) ;
- критические показатели (карточка);
- график поступивших лидов (график) ;
- источники лидов (круговая диаграмма) ;
- соотношение обращений (линейчатая диаграмма с накоплением) ;
- выполнение плана (радиальный датчик). Показывает прогресс выполнения плана по продажам агентства недвижимости в сфере первичного жилья.

Общий вид дашборда со всеми визуализациями представлен на рисунке 5.

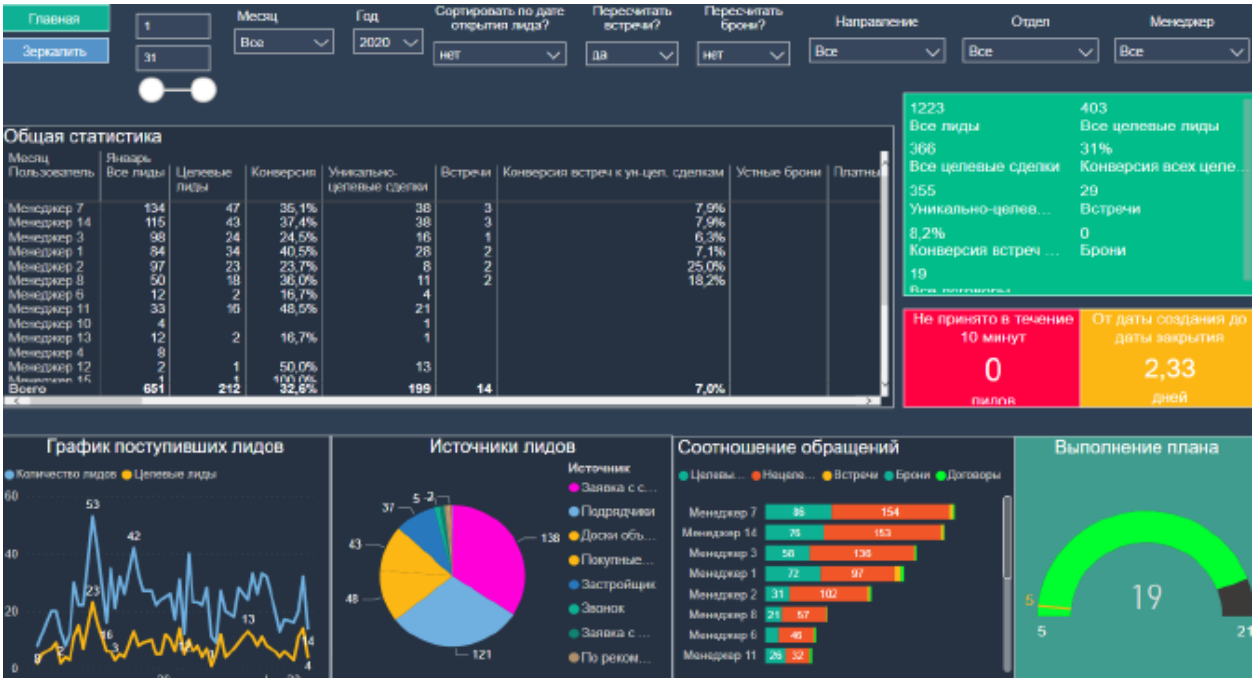


Рис. 5 – Пример дашборда для отделов продаж агентства недвижимости и застройщика

Результаты магистерской диссертации:

- аналитическая система разработана под требования компании;
- аналитическая система состоит из low-code инструментов;
- проведены 3 анализа лидирующих цифровых инструментов, были выбраны сервисы коллтрекинга, преобразования, хранения и визуализации данных;
- все модули системы являются взаимозаменяемыми и переход на другой инструмент не займет более одного месяца;
- формализованные алгоритмы по работе с каждым цифровым инструментом;
- разработаны несколько видов отчетов для разных отделов компании;
- решена проблема с достоверностью, целостностью и правильным хранением всех данных из внутренних и внешних источников.

Полученные результаты могут использоваться в качестве базы для разработки аналитической системы для других компаний в сфере недвижимости.

Список использованных источников:

1. Андерсон К. Аналитическая культура: [перевод с английского] – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 330 с.
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности – Мн.: РИПО, 2019. – 374 с.

3. Вигерс К. Разработка требований к программному обеспечению: 3-е изд., дополнение: [перевод с английского] / Вигерс К., Битти Д. – СПб: БХВ, 2021. – 736 с.
4. Dursun Delen. Prescriptive Analytics: The Final Frontier for Evidence-Based Management and Optimal Decision Making. – Pearson FT Press. 2020. – 352 с.
5. Data Mining - интеллектуальный анализ данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hsbi.hse.ru/articles/data-mining (дата обращения: 20.06.2022).

УДК 620.179.147

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЯ ИЗ УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Хошев А.Е.

Научный руководитель – Федоров А.В., доктор технических наук, профессор факультета систем управления и робототехники

severenarwhal@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем».

Ключевые слова

Вихретоковый контроль, углерод-керамические композиционные материалы, углерод-углеродные композиционные материалы, защитное градиентное покрытие, конечно-элементная модель.

Углерод-керамические композиционные материалы (далее УККМ) обладают рядом свойств, которые делают их незаменимыми в авиа- и ракетостроении, судопроизводстве и энергетике. Основными отличительными свойствами УККМ являются высокая прочность при повышенных температурах, низкий коэффициент линейного расширения, высокий коэффициентом теплопроводности, а также низкая плотность, все эти свойства позволяют использовать данные материалы в условиях агрессивных сред. Для обеспечения необходимой стойкости при эксплуатации изделий из УККМ в сложных условиях обтекания химическим, высокотемпературным и высокоскоростным потоком продуктов сгорания топлива, на изделие из УККМ дополнительно наносят специальное защитное покрытие. Особенность нанесения данного покрытия обуславливает диффузию его молекул в поверхностные слои УККМ, в результате чего слой покрытия приобретает градиентный характер. От толщины градиентного слоя зашитого покрытия зависят свойства стойкости изделия к внешним воздействиям теплового и газодинамического потока. В связи с этим актуальным является измерение толщины данного слоя.

Изделия из УККМ являются комплексными и ответственными элементами конструкций, поэтому к их качеству предъявляют повышенные требования, следовательно требуется высокоточный метод контроля подобных изделий. Использующиеся на сегодняшний день методы контроля изделий из углеродных композиционных материалов сложно имплементированы и не имеют возможности быть реализованы с высокой скоростью и на собранной конструкции. Вихретоковый контроль может предоставить необходимую точность и удобство контроля, а ассортимент дефектоскопов и преобразователей на российском рынке достаточно широк и их производство налажено.

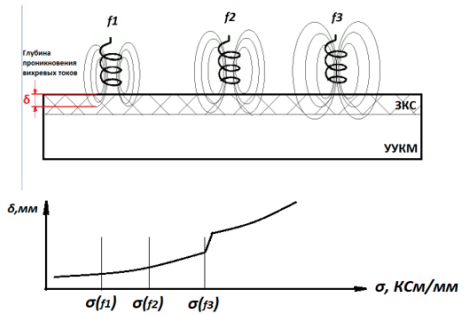


Рис. 1 – Гипотеза контроля толщины градиентного покрытия вихретоковым методом

На основе проведенного теоретического исследования был сделан вывод о возможности имплементации вихретокового контроля для изделий из углерод-керамических

композиционных материалов и была выдвинута гипотеза о принципе вихретокового контроля изделий из УККМ, данная гипотеза представлена на рисунке 1.

Также специфика вихретокового контроля позволяет нам рассмотреть возможность создания средств автоматизированного контроля данных изделий.

Дальше было принято решение об апробации вихретокового контроля на реальном образце. Контроль был реализован с помощью вихретокового преобразователя ПФ-ОН-38-Al и вихретокового дефектоскопа Константа ВД-1. Для верификации результатов контроля была использована рентгеновская томография, так как данный метод позволяет наглядно и точно оценить толщину градиентного покрытия, но данный метод не удобен в прикладном использовании и не может быть применен непосредственно на готовом изделии. Исследования проводились на образце «Макет кромки крыла», внешний вид образца представлен на рисунке 2.

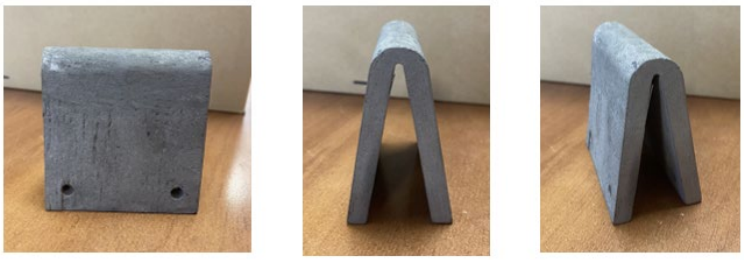


Рис. 2 – Внешний вид образца «Макет кромки крыла»

По результатам исследований значения толщин градиентного покрытия, полученные вихретоковым методом и рентгеновской томографией, были сопоставлены. Результаты вихретокового контроля приведены на рисунке 3, а рентгеновской томографии – на рисунке 4.

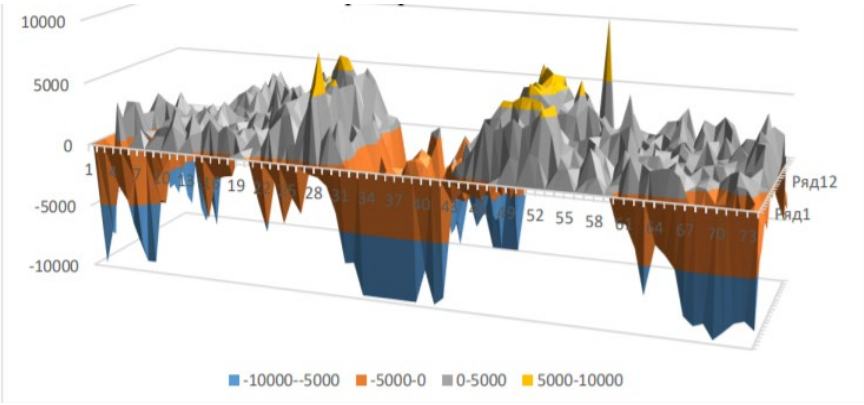


Рис. 3 – Поверхностная диаграмма результатов, полученных при исследовании вихретоковым преобразователем

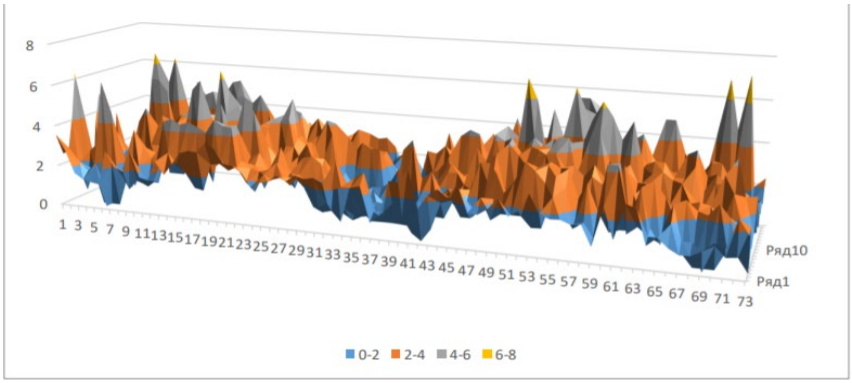


Рис. 4 – Поверхностная диаграмма результатов, полученных при исследовании рентгеновской томографией

Результаты вихретокового контроля сопоставлялись с результатами компьютерной томографии образца.

Проведя визуальное сопоставление результатов, можно утверждать о наличии взаимосвязи проведенных методов контроля. Однако значение коэффициента корреляции двух массивов данных составляет 0,62. Было принято решение о разработке конечно-элементной модели контроля с целью подбора характеристик преобразователя.

Моделирование проводилось в ПО Comsol multiphysics 5.6 в интерфейсе Magnetic Fields. Данный интерфейс позволяет решить систему уравнений Максвелла в дифференциальной форме. Композиционный материал был смоделирован при помощи инструмента Layered Material. Внешний вид построенной модели в разрезе и с нанесенной сеткой представлен на рисунке 5.

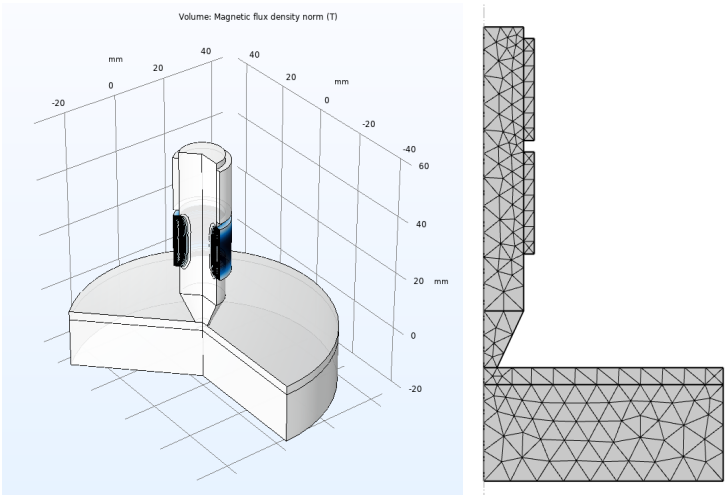


Рис. 5 – Внешний вид модели вихретокового контроля в разрезе и с нанесенной сеткой

Для верификации работы модели была использована gFEM модель решения уравнения Гельмгольца на языке Matlab, так как данная модель в данный момент используется в зарубежных исследованиях и показала себя надежной для решения аналогичных задач, но не может быть имплементирована для множественных вычислений и оптимизационных работ. Результаты сопоставления двух моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Частота датчика, f, кГц	КЭМ, мм	Уравнение Геймгольца, мм
500	1.4	1.4257
550	1.7	1.6941
600	1.8	1.7612
650	1.8	1.8372

Таким образом, по полученным результатам сравнения построенной модели на основе уравнений Максвелла с gFEM моделью решения уравнения были получены близкие результаты, которые говорят об адекватности и работоспособности модели. Именно поэтому, дальнейшие исследования направлены на оптимизацию модели и нахождение оптимальных характеристик преобразователя.

По результатам оптимизационной работы была получена регрессионная зависимость максимальной глубины проникновения вихревых токов от частоты преобразователя. Данная зависимость приведена на рисунке 6.

На основании построенной модели предложена методика контроля. Блок схема методики приведена на рисунке 7.

Также была разработана и предложена структура информационно-измерительной системы автоматизированного контроля на основе разработанной модели.

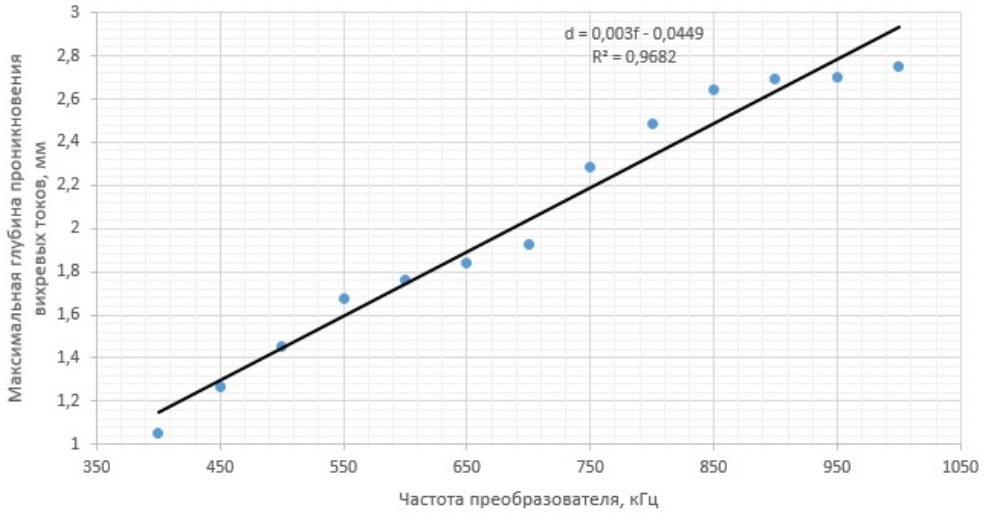


Рис. 6 – Результаты оптимизационного расчета максимальной глубины проникновения вихревых токов в зависимости от частоты преобразователя

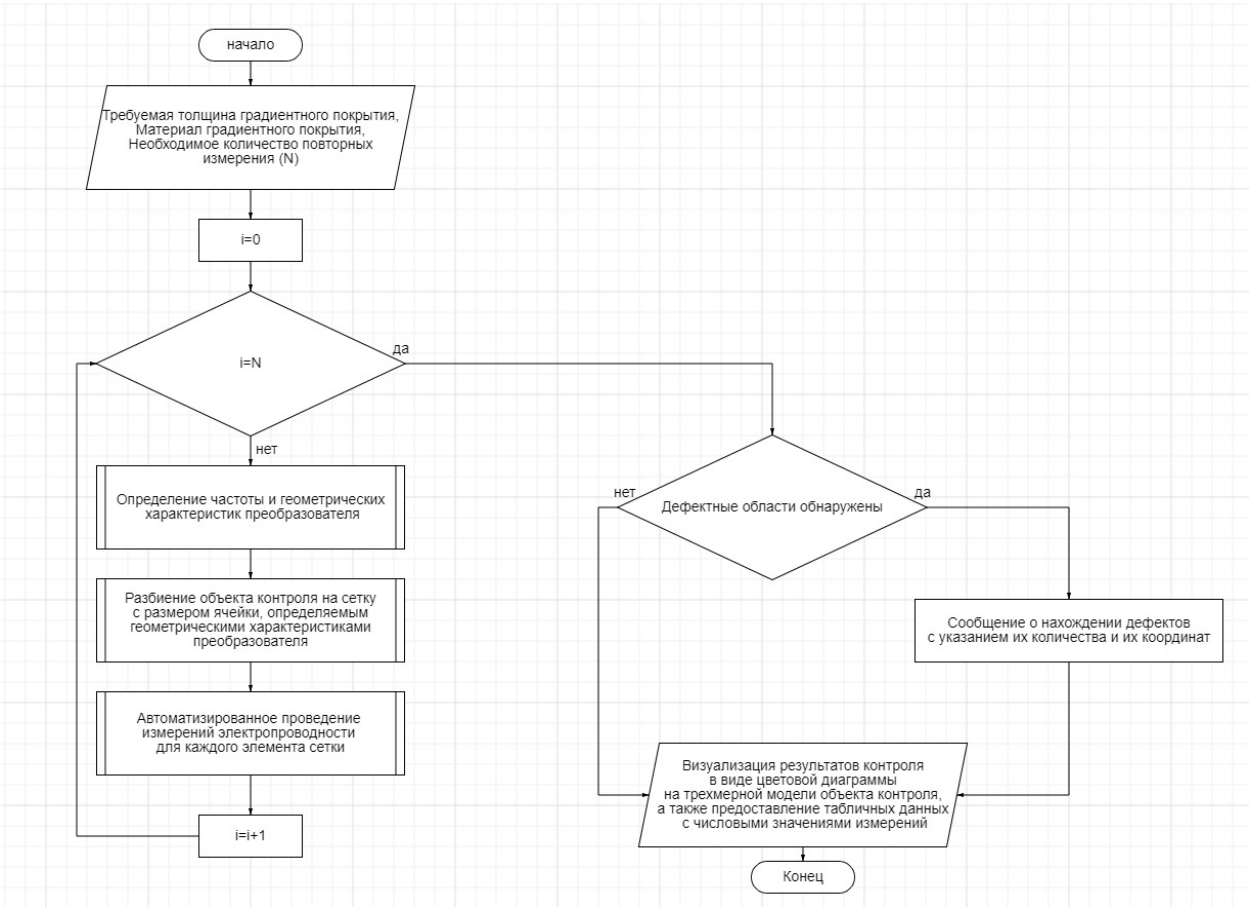


Рис. 7 – Предлагаемая методика вихретокового контроля толщины градиентного покрытия изделий из углерод-керамических композиционных материалов

На основе полученных результатов будут проведены экспериментальные исследования, а также исследования с применением различных химических растворов для формирования градиентного покрытия. В случае если модель покажет себя функциональной и надежной, то на ее основе и на основе предложенных методики и структуры будет разработана установка автоматизированного контроля.

Рис. 8 – Предлагаемая методика вихретокового контроля толщины градиентного покрытия изделий из углерод-керамических композиционных материалов

Список использованных источников

1. Буланов И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композици / И.М. Буланов, В.В. Воробей. –М.: МГТУ, 1998. – 514 с.
2. Сидоренко Ю.Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы. Учеб. пособие– Томск: Изд-во ТГУ, 2006. – 107 с.
3. Ожелков Д.Ю. Вязкость разрушения углерод-углеродных композиционных материалов фрикционного назначения. –М., 2018. – 126 с.
4. Сорокин В.А. Построение системы теплозащиты из углеродных композиционных материалов с покрытиями / В.А. Сорокин, А.В. Копылов, М.А. Тихомиров, Е.А. Стирин // Труды МАИ. – №84. – 2015.
5. Волков В.С. Актуальные вопросы стандартизации углерод- углеродных и углерод-керамических композитов // Сборник материалов научно-практической конференции. – 2016. – 165. – 173 с.

УДК 336.713.2

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Хэллстром А.К.

Научный руководитель – Янова Е.А., доцент, кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

hellstrom.a@yandex.ru, yanova.ea@gmail.com

Ключевые слова

Банковская система, инновации, мошеннические действия, клиенты, интернет, корреляционный анализ, ESG.

Актуальность темы исследования заключается в необходимости развития инновационного потенциала банковского сектора для конкурентного преимущества. В 2022 году для большей части населения в мире не представляется возможной жизнь без интернета и онлайн сервисов. На данный момент все необходимые запросы и операции можно сделать, не выходя из дома - через мобильное приложение банков или интернет-банк. Основным и наиболее действенным фактором успешного функционирования банковской системы выступает политика внедрения и развития инновационных финансовых продуктов и технологий.

Внедрение инновационных технологий и процессов в свои операционные составляющие заметно повышает уровень конкурентоспособности банков, а также уровень обслуживания клиентов и соответственно уровень пользовательского опыта.

Стоит отметить, что улучшения, направленные на развитие цифровой экономики и развитие банковских инноваций результатировали в появлении дистанционных банков, не имеющих своих отдельных офисов для обслуживания физических и юридических лиц.

Согласно ISO 9000 одним из главных принципов менеджмента качества является Continuous Improvement, согласно которому формализованные и задокументированные компаниями бизнес-процессы и окружения, должны быть подвергнуты актуализации и оптимизации. Для оптимизации бизнес-процессов необходимо выделить пять основных шагов, которые представлены на рисунке 1 [6].

Рис. 1 – Оптимизация бизнес-процессов

Многие банки и финансовые организации уже занимаются актуализацией и оптимизацией бизнес-процессов, в том числе внедрением инноваций по принципу «постоянного улучшения», который является одним из главных принципов менеджмента качества и закреплён в международных стандартах.

В банковской отрасли меняются требования клиентов и рыночная среда, что влечет за собой появление различных инноваций. И соответственно ежедневно растёт потребность в эффективных методиках и инструментах организационного развития, бизнес-инжиниринга и управления.

В настоящее время процесс внедрения инноваций в банковском секторе диктуется прежде всего ожесточенной конкуренцией в рамках привлечения и удержания клиентов на фоне нестабильной экономической ситуации, что представляет особую сложность для банковских организаций. Таким образом, инновационное развитие становится неотъемлемой частью не только банковского сектора, но и других сфер экономики, где таким образом определяется экономическое развитие и темпы организационно-структурных сдвигов.

На сегодняшний день общество в дистанционных технологиях развивается с огромной скоростью, что способствует внедрению и развитию новых технологий в банковский сектор. Новые продукты и услуги необходимо внедрять не в ногу со временем, а опережать возможные потребности клиентов. Крупные коммерческие банки уже развивают дистанционные сервисы и переводят бизнес в Digital-сферу [7].

Одной из основных проблем развития дистанционного обслуживания выступает – недостаточная надежность электронных каналов. С каждым днем увеличивается число пользователей в сети Интернет, однако, не все пользователи обладают достаточным количеством знаний для защиты своих персональных данных от мошеннических действий. Для наглядного представления проведем количественное сравнение за 2 квартал 2020-го и 2021 года в таблице 1 по инцидентам в области кибербезопасности – данные по операциям без согласования с конечным клиентом (ОБС), а также данные по операциям дистанционного банковского обслуживания (ДБО) [1].

Таблица 1

Проведенные операции без согласования с конечным клиентом

Наименование операции	II квартал 2020 года	II квартал 2021 года
Число ОБС, ед	192 636	236 971
Объем ОБС, тыс.руб	2 177 427,51	3 013 664,38
Банкоматы, терминалы,ед	9 456	20 371
Система ДБО физ.лиц, тыс.руб	728 210,39	1 239 244,71
Система ДБО юр.лиц, тыс.руб	139 506,27	481 883, 05
Оплата товаров и услуг в Интернете, ед	153 101	166 734

Как мы видим из таблицы, представленной выше, в 2021 году число совершенных операций без согласия клиента увеличилось, также, как и объем полученных средств в результате мошеннических действий. Данная статистика с каждым годом увеличивается, а финансовые организации с каждым годом стараются усовершенствовать свои каналы дистанционного обслуживания для сохранности средств клиентов. Как следует из статистики, основным вектором атак социальных инженеров остается интернет-банк: на него пришлось 81,8% инцидентов во втором квартале 2021 года. Приведем статистику телефонного мошенничества и атак направленных на клиентов финансовых организаций за второй квартал 2020 и 2021 года – данные представлены в таблице 2 [1].

Таблица 2

Статистика телефонного мошенничества и атак направленных на клиентов финансовых организаций

Наименование операции	II квартал 2020 года	II квартал 2021 года
Телефонное мошенничество	5 273	11 849
Фишинговые атаки	583	1 160
Атаки с использованием Вредоносного программного обеспечения	103	112
Атаки с использованием методов социальной инженерии	4 589	11 173

Стоит отметить активную работу ЦБ РФ по выявлению случаев мошенничества, в том числе выявлению баз мошеннических телефонных номеров и их дальнейшая блокировка, которой подверглись более 12 тысяч номеров мошенников. В России, однако рост количества

случаев мошенничества до сих пор растет, впрочем, как и появляются новые методы мошеннического воздействия на клиентов с целью хищения денежных средств, в основном за счет методик социальной инженерии

Таким образом, необходимо подвести итог вышесказанному, банковская сфера развивает свои инновационные технологические продукты для устранения потребности клиентов, но и мошеннические действия набирают обороты с каждым годом, что в свете низкого уровня финансовой грамотности физических лиц в России ставит под сомнение проявление максимальной эффективности внедряемых новшеств. В свою очередь эффект от данного негативного фактора представляется возможным снизить за счет применения всесторонних мероприятий по повышению уровня финансовой грамотности у россиян. Неутешительные показатели стимулируют развитие инноваций, направленных на безопасность данных клиентов.

В Финансовых организациях основной упор для получения прибыли делается на кредитных продуктах и снижение финансовой нагрузки для клиентов банка. Для полного функционирования системы и исключения ошибок необходимо постоянно следить за работой системы и проводить оптимизацию работы системы. Финансовые организации с 2020 года массово вводят в мобильные банки/интернет-банки удобное и интуитивно понятное приспособление для отправки заявки на кредит и соответственно его получение.

Необходимо провести корреляционный анализ для выявления оценки силы связи между переменными, данный анализ показывает о взаимосвязи двух переменных между собой.

Уравнение в формуле (1) для коэффициента корреляции имеет следующий вид [2]:

$$\text{Correl}\,(X,Y) = \frac{\sum(x-\overline{x})(y-\overline{y})}{\sqrt{\sum(x-\overline{x})^2\sum(y-\overline{y})^2}}, \qquad (1)$$

где X – Значение столбца 1; Y – Значение столбца 2; $\overline{X}$ – среднее значение столбца 1; $\overline{Y}$ – среднее значение столбца 2.

Корреляция может быть определена в пределах от -1 до +1. Если коэффициент равен нулю или приближается к значению ноль, то это говорит об отсутствии связи между переменными или о слабой корреляции, а если коэффициент ближе к 1 или -1, то корреляция сильная.

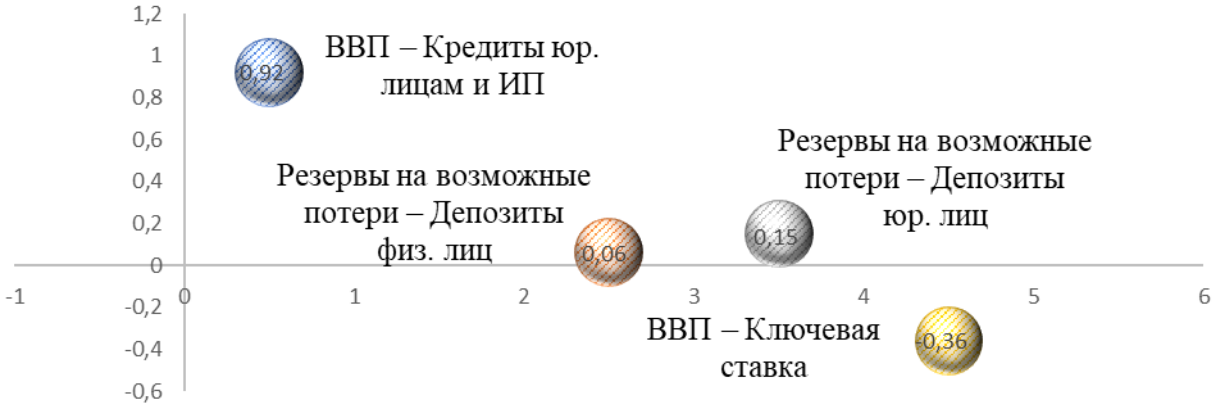


Рис. 2 – Значения корреляций между переменными

Мы видим слабое влияние инструментов денежно-кредитной политики на экономику и деловой климат России, что идет вразрез с представленной стратегией инновационного развития РФ. Самая сильная связь наблюдается между выданными кредитами и ВВП, что можно объяснить высоким удельным весом крупных регионов в России. Объем кредитов для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей оказывает непосредственное влияние на инновационную составляющую банковского сектора, что связано как с увеличением количества открытых организаций и поддержкой предпринимательства, так и с оптимальным распределением дохода банками с уплаченных процентов. Для реализации инновационной деятельности необходим спрос со стороны клиентов. Если смотреть на объем выдаваемых

кредитов и открываемых депозитов для физических и юридических лиц, то можно сказать, что данные продукты банков пользуются популярностью среди клиентов и требуют постоянного развития в том числе за счет инновационного развития.

Необходимо выделить крупные коммерческие банки, которые постоянно развиваются в том числе, внедряют инновации, для этого необходимо представить рейтинг инновационных банков, который ежегодно публикует фонд «Сколково» совместно с компанией Dsight. В основе рейтинга – data-driven подход, базирующийся на работе с данными, полученными исключительно из открытых источников по ТОП-50 банкам (табл.3).

Таблица 3

Рейтинг инновационных банков России в 2021 году

Название банка	Количество клиентов (физ. лиц) на 2021 г.	Наличие инновационной лаборатории	Наличие в банке отдела инноваций	Место в рейтинге
Сбер	98 000 000	да	да	1
ВТБ	14 300 000	да	да	2
Тинькофф	13 300 000	да	да	3
Райффайзенбанк	2 000 000	нет	да	6
Газпромбанк	5 000 000	да	да	7
Альфа-Банк	16 200 000	нет	да	8
Банк Открытие	3 500 000	нет	да	9
БСПБ	2 100 000	нет	нет	22

В банковской сфере идет конкуренция по предоставлению инновационных услуг, создания лабораторий и отделов по инновационному развитию. Развитие инноваций в банковском секторе играет важнейший этап развития финансовой организации и выхода на новый уровень. В ответ на меняющиеся запросы общества, клиентов и регуляторов, в России, как и в мире в целом, идёт реориентация на принципы экологической, социальной и управленческой ответственности, что становится важным фактором для коммерческих банков в условиях высокой конкуренции. ESG-банкинг — это концепция банковской деятельности в интересах общества, с практическим применением инициатив для достижения Целей устойчивого развития и других ценностей.

Так зеленой политике сейчас следуют за счет кредитования на условиях ответственного инвестирования и кредитования, что подразумевает и наличие определенных корпоративных процедур. Среди таких банков: Газпромбанк, Совкомбанк, Сбербанк, МКБ и Росбанк. Другие банки пока не втянуты в зеленую тенденцию, но многие российские банки переходят из статуса «наблюдателя» в статус «исследователя», то есть начинают погружаться в процесс и изучают как начать внедрять ESG-факторы в свой банк. Следование ESG прежде всего дает авторитетные преимущества, нежели чем других, которые требуют несоразмерно больших финансовых затрат с привлечением большого количества консультационных сил и экспертиз, направленных как на внутренние, так и на внешние факторы.

Рассмотрим примеры некоторых банков в России, которые уже внедряют в свою корпоративную культуру ESG-факторы.

Сбербанк проходит путь трансформации, развивает социально-экологическую повестку и создает эффективную систему управления ESG-факторами. На данный момент тенденции Запада диктуют принятие решений об инвестициях и вложениях в различные компании только при тщательном учете ее влияния на окружающую среду и экологию. Западная тенденция принуждает компании российского рынка к активному аналогичному ответственному инвестированию.

Так как Сбербанк самый крупный и инновационный коммерческий банк, то стратегия развития ESG выходит на первый план и является одной из основных проблем для решения национальных проблем.

Сбербанк содействует созданию экономики, в которой финансы помогают развиваться бизнесу, а развитие бизнеса содействует благополучию общества и окружающей среды.

Сбербанк повышает собственную эффективность и выполняет экономические обязательства перед акционерами, инвесторами и государством, поддерживает устойчивое развитие бизнеса своих клиентов и российской экономики в целом, содействует развитию малого, среднего и микробизнеса, в том числе включая их в цепочку поставок [3].

Сбербанк вносит вклад в развитие регионов присутствия, где создает рабочие места, участвует в модернизации инфраструктуры и содействует решению социальных и экологических задач. Для этого Сбербанк поддерживает новаторское сотрудничество и совместное творчество с участием всех регионов, секторов и групп населения.

Газпромбанк является активным кредитором и инвестором с долей более шестидесяти процентов по России в зеленые технологии, связанные с возобновляемой энергетикой, с общим объемом финансирования более 100 миллиардов российских рублей. Также банк начинает активно следовать ESG, а также осознанному потреблению. Так, в московских офисах появились контейнеры по раздельному сбору мусора, а персонал прошел необходимый инструктаж по осознанному потреблению и работе с перерабатываемыми материалами [4].

Таким же принципам следует и Райффайзенбанк. Отдельно стоит отметить цели Райффайзенбанка в полном переходе на электронный документооборот и отказ от использования бумаги, что уже имеет частичный импакт. К примеру, в отделениях физических и юридических лиц больше трети потребительских кредитов сейчас выдаются без использования бумаги в принципе, за счет освоения технологии квалифицированной электронной цифровой подписи «Sign Everywhere» начиная с 2019-го года [5].

На сегодняшний день развитие ESG-факторов в российских банках только начинается и находится на стадии формирования и реализации необходимых норм и создания благоприятного климата в организациях, а также переход на цифровое обслуживания без использования бумаги и приучению сотрудников к раздельному сбору мусора. Среди российских банков Сбербанк является лидером в инновационном развитии, включая развитие ESG-факторов.

Таким образом, необходимо подвести итог вышесказанному, банковская сфера развивает свои инновационные технологические продукты для устранения потребности клиентов, но и мошеннические действия набирают обороты с каждым годом, что в свете низкого уровня финансовой грамотности физических лиц в России ставит под сомнение проявление максимальной эффективности внедряемых новшеств. В свою очередь эффект от данного негативного фактора представляется возможным снизить за счет применения всесторонних мероприятий по повышению уровня финансовой грамотности у населения.

Банковские организации на данный момент пытаются реорганизовать банковский процесс для его достаточной гибкости и достаточной высоко-интеллектуальности, чтобы сочетать бизнес-цели компании и потребности клиентов. Это в свою очередь требует грамотный мониторинг и тщательное координирование в проекции всего предприятия, что в свою очередь достигается за счет эффективного управления, инжиниринга и грамотного организационного развития.

Список использованных источников

1. Центральный Банк Российской Федерации: официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cbr.ru/ (дата обращения: 15.02.2022)
2. Официальный сайт Microsoft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://support.office.com/ru-ru/article/функция-коррел-995dcef7-0c0a-4bed-a3fb-239d7b68ca92 (дата обращения: 25.04.2022)
3. Официальный сайт Сбербанка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/files/SberbankDevelopmentStratgyFor2018-2020.pdf (дата обращения: 11.03.2022).
4. Официальный сайт Газпромбанка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprombank.ru/about/ (дата обращения: 12.05.2022).

5. Официальный сайт Райффайзен Банк. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.raiffeisen.ru/about/ (дата обращения: 28.04.2022).
6. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. – 2020. – С. 197–200.
7. Янова Е.А., Сухов Д.А., Михалевский Д.А. и др. Развитие интернет-банкинга как трансформационный фактор развития современной экономики России // Фундаментальные исследования. – 2016. – №9-3. – С. 649-654.

Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО

Том 2

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Дизайн обложки Н.О. Терещенко
Вёрстка К.Д. Бутылкина
Подписано к печати 10.02.2023
Заказ № 4690 от 10.02.2023