



ПОЛОЦКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени Евфросинии Полоцкой

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

ПУТЬ В НАУКУ

Прикладные науки.
Промышленность

Выпуск 60(130)

Текстовое электронное
издание

Новополоцк

2025

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

ПУТЬ В НАУКУ
Прикладные науки. Промышленность

Электронный сборник научных трудов

Выпуск 60(130)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2025

Об издании – [1](#)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель:
доц., к.физ.-мат.н. Ю. Я. Романовский

Заместитель председателя:
к.пед.н. И. В. Бурая

Председатель ред. совета проф., д.т.н. В.П. Иванов
Зам. председателя ред. совета проф., д.т.н. Н.Н. Попок

Информационные технологии:

доц., д.т.н. Р.П. Богуш
доц., к.ф.-м.н. С.А. Вабищевич
доц., к.ф.-м.н. А.А. Козлов
доц., к.т.н. В.Ф. Янушкевич

Машиностроение:

доц., к.т.н. Т.В. Вигерина
доц., к.т.н. А.М. Долгих
доц., к.т.н. А.В. Дудан
доц., к.т.н. В.Э. Завистовский

Химическая техника и технологии:

доц., к.т.н. Ю.А. Булавка
доц., к.т.н. А.А. Ермак
доц., к.х.н. С.Ф. Якубовский

ПУТЬ В НАУКУ. ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ [Электронный ресурс] :
электрон. сб. науч. тр. – Новополоцк : Полоцк. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой,
2025. – Вып. 60(130). – URL: https://journals.psu.by/specialists_industry.

Издается с 2014 года (в печатном виде – с 2004 г.). Обновляется 1 раз в год.

Переименован с 2024 г. (прежнее название «Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Промышленность»).

В сборнике представлены работы студентов и магистрантов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой по направлениям прикладных исследований, проводимых в университете: информационные технологии, машиностроение, химическая техника и технологии.

Предназначен для работников науки, образования и производства, будет полезен студентам, магистрантам и аспирантам университетов.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.

Регистрационное свидетельство № 3671404563 от 30.11.2014 г.

Учредитель: учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»
211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59 95 44, e-mail: vestnik@psu.by

Техническое редактирование, компьютерная верстка Т. А. Дарьиновой.

Компьютерный дизайн обложки: Отдел по связям с общественностью.

Подписано к использованию 05.11.2025. Объем издания: 10,00 Мб. Заказ 447.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.
ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

№ госрегистрации 3671404563
ISBN 978-985-531-923-9

© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2025

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.65

ПРИНЦИПЫ И ВАРИАНТЫ МИГРАЦИИ СПРАВОЧНЫХ БАЗ ДАННЫХ ИЗ MICROSOFT ACCESS В КЛИЕНТ-СЕРВЕРНУЮ СУБД PostgreSQL

К. Д. АВРУСЕВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)

В статье анализируются принципы, архитектурные различия и проблемы при переносе справочников с файловой СУБД Microsoft Access на промышленную платформу PostgreSQL. Рассмотрены варианты миграции схемы, трансформации типов данных и вопросы обеспечения целостности, необходимые для построения масштабируемой корпоративной информационной системы.

Введение. В условиях необходимости цифровой трансформации критически важным является переход от устаревших локальных информационных систем (ИС) к надежным и масштабируемым клиент-серверным решениям. Многие предприятия, особенно в части ведения специализированных справочников или первичного учета, исторически использовали Microsoft Access. Однако файловая СУБД не способна обеспечить необходимую транзакционную целостность, многопользовательский доступ и производительность, которые требуются для обработки больших объемов информации.

Построение серверной части программного комплекса требует миграции критически важных данных в промышленную СУБД, такую как PostgreSQL. PostgreSQL обеспечивает централизованное управление данными и высокую надежность, что является необходимым условием для автоматизации ключевых бизнес-процессов.

Основная часть. Принципиальное различие между исходной (Access) и целевой (PostgreSQL) архитектурами лежит в модели доступа к данным. Access функционирует как файловая система, где данные и логика (VBA, макросы) хранятся совместно, что ведет к высокому риску повреждения файла при одновременном доступе и снижению надежности. Напротив, PostgreSQL использует клиент-серверную модель, в которой СУБД централизованно управляет транзакциями (ACID), безопасностью и обеспечением целостности данных.

Успешная миграция данных требует не простого копирования строк, а глубокой трансформации архитектурных принципов, включая перенос функционала управления целостностью с уровня приложения (Access) на уровень серверного ядра (PostgreSQL).

Трансформация типов данных и целостности. Одной из основных технических проблем является трансформация типов данных. Специфические типы Access должны быть тщательно сопоставлены с типами SQL. Например, Access использует AutoNumber, который необходимо преобразовать в PostgreSQL SERIAL или IDENTITY. Критически важно при этом корректно учесть текущее значение счетчика для обеспечения непрерывности нумерации.

Дополнительные сложности возникают с нестандартизированными для SQL типами, такими как OLE (Object Linking and Embedding) Object или Hyperlink, которые часто использовались в Access. Принципом миграции должно стать либо хранение самого объекта в виде byte, либо стандартизация хранения путей к внешним файлам в виде text. Некорректная трансформация типов данных, например, Access Date/Time в PostgreSQL Timestamp without time zone, может привести к потере информации о часовом поясе. Это влечет за собой риск нарушения надежности справочных данных, что недопустимо для точного планирования ремонтов и учета, требуемого в диссертационном исследовании.

Перенос логики и ограничений. В Access ограничения целостности (например, Foreign Keys) часто реализовывались на уровне интерфейса или с помощью кода VBA. В промышленной СУБД такая частичная реализация недопустима. Поэтому основной принцип миграции требует переноса всей бизнес-логики, касающейся валидации и взаимосвязи справочников, в хранимые процедуры и функции PostgreSQL или триггеры. Это обеспечивает централизованную целостность и надежность данных, критически важную для последующего автоматизированного управления активами.

Варианты и технические проблемы переноса. Существует два основных подхода к миграции, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки применительно к критически важным справочным данным.

Вариант A: Использование внешних ETL-инструментов. Инструменты для извлечения, преобразования и загрузки (Extract, Transform, Load) данных автоматизируют процесс экспортации схемы

(DDL – Data Definition Language) и содержимого. Однако они часто не справляются с конвертацией сложных типов данных, а также игнорируют встроенную логику Access. Кроме того, возникают проблемы с кодировками, особенно при работе с кириллицей (переход от Windows-1251 к UTF-8), что может привести к искажению текстовых справочных полей.

Вариант Б: Скриптовый подход (Data Definition Language/ Data Manipulation Language). Этот принцип предполагает ручное создание DDL-скриптов в PostgreSQL и импорт данных через текстовые форматы, такие как CSV. Несмотря на высокую трудоемкость, данный подход обеспечивает максимальный контроль над схемой, индексами, ограничениями целостности и, что наиболее важно, над кодировкой. Для критически важных справочников, являющихся основой программного комплекса, скриптовый метод считается наиболее безопасным.

Неправильное управление кодировками при переходе с Access на PostgreSQL является частой технической проблемой, приводящей к некорректному отображению названий деталей или типов вагонов. Обязательная конвертация на этапе экспорта данных является принципиальным требованием. Кроме того, необходимо пересмотреть подход к хранению ссылок на внешние файлы или OLE-объекты, заменив их стандартизованными путями или непосредственным хранением бинарных данных.

Заключение. Успешный перенос справочных данных в PostgreSQL требует комплексного трансформационного подхода, включающего не только экспорт данных, но и перенос механизмов обеспечения целостности и логики на серверный уровень. Скриптовый метод в сочетании с тщательным преобразованием типов данных и контролем кодировок является оптимальным принципом для миграции критически важных справочников, которые могут стать надежной основой для серверной части программного комплекса. Этот подход обеспечивает необходимую надежность и масштабируемость, подтверждая техническую готовность проекта к обработке больших объемов информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моргунов, Е. П. PostgreSQL. Основы языка SQL : учеб. пособие / Е. П. Моргунов ; под ред. Е. Рогова, П. В. Лузанова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2018. – 336 с.
2. Шёниг, Х.-Ю. PostgreSQL 13. Мастерство разработки / Ханс-Юрген Шёниг. – [М.] : [Издательство], [Год]. – 450 с.

УДК 656.01

**АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ УЧЕТА, ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ЗАПАСАМИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖИЖЕННЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ**

К. Д. АВРУСЕВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)

Проведен анализ существующих проблем в области учета жизненного цикла вагонов-цистерн, планирования ремонтов и управления материально-техническими запасами на предприятиях по транспортировке сжиженных нефтяных газов. Определены ключевые требования к автоматизированной системе управления, направленной на снижение простоев и повышение операционной эффективности.

Введение. Железнодорожный транспорт является основой логистики сжиженных нефтяных газов. Вагоны-цистерны представляют собой высокорисковые активы, и поддержание их в рабочем состоянии критически важно для обеспечения безопасности и непрерывности производственного процесса. Соответственно, управление перевозками и общие организационные вопросы в этом секторе требуют высочайшей степени автоматизации и точности.

Актуальность разработки современного программного комплекса обусловлена необходимостью оптимизации, снижения простоев и минимизации затрат на обслуживание. На многих предприятиях, занимающихся транспортировкой сжиженных нефтяных газов, учет, планирование ремонтов и управление запасами осуществляется с использованием разрозненных, частично ручных или устаревших систем. Такой подход приводит к ошибкам, задержкам и неэффективному управлению запасами.

Основная часть. Процесс управления крупным парком железнодорожных вагонов-цистерн включает обработку и хранение огромных объемов информации о жизненном цикле каждого вагона, его пробеге, истории ремонтов, а также о вводе и выводе из эксплуатации деталей и арматуры.

Сложность и объем данных учета. Ключевая проблема заключается в отсутствии единой, интегрированной системы учета жизненного цикла актива. Сложность вагона как актива требует отслеживания большого количества параметров, включая историю ремонтов, сертификационные сроки и детализацию установленной арматуры. Ручной или частично автоматизированный учет приводит к неточности данных, что делает невозможным получение актуальной информации для оценки остаточной стоимости и принятия решений о модернизации.

Неэффективность управления активами, в свою очередь, может быть вызвана ненадежностью и неконкурентностью текущей ИТ-инфраструктуры (часто основанной на файловых СУБД), что делает миграцию на промышленные платформы необходимым техническим условием для решения организационных проблем.

Неэффективность планово-предупредительных ремонтов. Планирование ремонтов является ключевым фактором для сокращения простоев вагонов. Текущие разрозненные системы часто не способны автоматически рассчитывать сроки ремонтов, исходя из комплексного набора переменных: календарный срок, фактический пробег, специфические условия эксплуатации (тип груза) и нормативный износ.

Отсутствие автоматизации приводит к увеличению доли аварийных, незапланированных ремонтов. Это влечет за собой длительные простои вагонов, что является прямым фактором снижения пропускной способности и приводит к росту эксплуатационных расходов. Проблема несет как экономический, так и регуляторный/безопасностный риск, поскольку нарушение межремонтных сроков цистерн, перевозящих сжиженных нефтяных газов, может иметь серьезные последствия.

Управление запасами материально-технического обеспечения и требования к системе. Управление запасами материально-технического обеспечения является критически важным для бесперебойного выполнения планово-предупредительных ремонтов. Номенклатура для вагонов-цистерн обширна и высокоспециализирована, включая как крупные узлы, так и мелкую арматуру.

Неоптимальное управление запасами. Неточный учет номенклатуры запчастей, вызванный неоптимальными системами, приводит к возникновению дефицита критически важной арматуры на складе. В результате срываются сроки планово-предупредительных ремонтов, увеличивается простои вагона и предприятие терпит финансовый ущерб. Использование примитивных систем приводит либо к избыточному запасу (замораживание оборотного капитала), либо к дефициту, что ставит под угрозу график обслуживания.

Таким образом, эффективное планирование ремонтов, учет запасов и анализ данных являются ключевыми факторами для повышения операционной эффективности.

Требования к серверной архитектуре. Для преодоления вышеуказанных проблем необходима разработка серверной части программного комплекса. Это требует использования современной, надежной СУБД, способной обеспечить бесперебойную работу и обработку больших объемов данных.

Ключевой функциональный модуль, который должна поддерживать серверная часть – это прогнозирование потребности в запчастях. Прогнозирование должно осуществляться на основе статистики ремонтов и планов ремонтов. Разработка архитектуры серверной части, обеспечивающей надежное хранение, обработку и доступ к данным, является фундаментальной задачей для автоматизации планирования и управления запасами.

Заключение. Проведенный анализ подтверждает, что существующая проблема учета, планирования ремонтов и управления запасами подвижного состава на предприятиях транспортировки сжиженных нефтяных газов является актуальной проблемой. Необходимость цифровой трансформации и повышение конкурентоспособности предприятий транспортной отрасли требуют создания интегрированного программного комплекса.

Разработка серверной части программного комплекса должна обеспечить создание единой базы данных (желательно на клиент-серверной платформе), которая будет интегрировать данные о вагонах, планах ремонтов и запасах, обеспечивая тем самым актуальную информацию для принятия управленческих решений. Автоматизация планирования ремонтов и прогнозирование потребности в запчастях обеспечат сокращение простоев, снижение эксплуатационных расходов и, как следствие, повышение эффективности производственной и организационной деятельности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Управление запасами в цепях поставок : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. В 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. В. С. Лукинского. – М. : Юрайт, 2020. – 307 с
2. Фролов, Ю.Н. Управление запасами деталей на складах запасных частей : метод. пособие / Ю.Н. Фролов. – М. : МАДИ, 2005. – 50 с.

УДК 355.452

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

Е. П. АВСЯНКИН, М. И. КРУПСКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В данной статье проводится комплексный анализ применения беспилотных летательных аппаратов в сферах, непосредственно связанных с повседневной жизнью современного общества. Рассматриваются ключевые направления интеграции беспилотных летательных аппаратов. Выявлены основные преимущества использования дронов. В работе также обозначены актуальные проблемы, сдерживающие массовое распространение беспилотных летательных аппаратов, такие как вопросы безопасности, конфиденциальности и нормативно-правового регулирования.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дроны.

Одним из наиболее перспективных и заметных для конечного пользователя направлений является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в логистике и курьерской доставке. Крупнейшие мировые компании, такие как Amazon, Alphabet, активно тестируют и внедряют системы доставки посылок дронами. Эта технология позволяет осуществлять доставки малогабаритных грузов напрямую от склада к покупателю, минуя загруженные городские магистрали, что значительно сокращает время и стоимость услуги. Особую важность БПЛА приобретают в сфере экспресс-доставки медикаментов в труднодоступные и удаленные регионы, где они используются для оперативной транспортировки лекарств, образцов крови и вакцин, что критически важно для спасения жизней. Параллельно сервисы по доставке готовой пищи экспериментируют с использованием дронов для обеспечения максимально быстрой доставки горячих блюд. Однако для массового внедрения необходимо преодолеть ограничения по дальности полета и грузоподъемности, а также создать сложную систему управления воздушным движением на малых высотах.

Не менее значимой областью применения стало сельское хозяйство. Оснащенные мультиспекtrальными и тепловыми камерами, дроны позволяют получать детальные карты состояния посевов, выявляя участки с недостатком влаги, болезнями, вредителями или нехваткой питательных веществ. Более того, специализированные модели БПЛА могут точечно вносить удобрения или пестициды только на те участки поля, которые в этом нуждаются, что позволяет значительно снизить химическую нагрузку на окружающую среду и существенно сэкономить ресурсы. Дополнительно дроны используются для мониторинга скота и обследования обширных территорий сельскохозяйственного назначения. Таким образом, данные, собираемые БПЛА, помогают фермерам принимать обоснованные решения, повышать урожайность и оптимизировать затраты, делая сельское хозяйство более эффективным и устойчивым.

Сфера фото- и видеосъемки, а также развлечений стала точкой входа технологии БПЛА в массовый потребительский сегмент. В профессиональной области, такой как кинематография и журналистика, дроны обеспечили возможность съемки с уникальных ракурсов, которые ранее были доступны лишь с использованием вертолетов, что значительно дешевле и безопаснее. Для рядовых пользователей БПЛА открыли новые горизонты в любительской съемке: туристы, спортсмены и обычные люди активно используют дроны для создания панорамных видео и фотографий во время путешествий и мероприятий. Кроме того, технология породила новые формы искусства и развлечений, такие как масштабные световые шоу с использованием сотен синхронизированных дронов, которые стали популярной и экологичной альтернативой фейерверкам, а также трансляцию спортивных событий с динамичных воздушных ракурсов.

Важную роль БПЛА играют в мониторинге и инспекции критически важной инфраструктуры, эффективно заменяя людей при проведении опасных и трудоемких работ. В энергетике дроны облетают линии электропередач, ветряные турбины и солнечные панели, оперативно выявляя потенциальные повреждения. В нефтегазовом комплексе они применяются для осмотра протяженных трубопроводов и труднодоступных резервуаров. В строительстве БПЛА незаменимы для мониторинга хода работ, создания точных 3D-моделей строительных площадок и контроля за соблюдением техники безопасности. В городском хозяйстве дроны используются для обследования крыш и фасадов зданий, а также мониторинга дорожной обстановки. Это применение не только повышает эффективность, но и кардинально снижает риски для человеческой жизни.

В сфере обеспечения безопасности и оперативного реагирования БПЛА доказали свою высокую эффективность. Поисково-спасательные операции, оснащенные тепловизорами дроны могут быстро обследовать обширные и труднопроходимые территории — леса, горы, зоны стихийных бедствий —

в поисках пропавших людей как днем, так и ночью. Правоохранительные органы используют БПЛА для наблюдения за массовыми мероприятиями, контроля за дорожным движением и патрулирования границ. При ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций дроны применяются для оперативной оценки масштабов катастроф, доставки грузов первой необходимости в зоны бедствия и мониторинга опасных явлений, таких как лесные пожары, предоставляя спасателям ценнейшую информацию в реальном времени.



Рисунок 1. – Беспилотный летательный аппарат

Несмотря на очевидные преимущества и растущую популярность, широкому распространению БПЛА в повседневной жизни мешает ряд серьезных проблем. В первую очередь, это нормативно-правовое регулирование, которое в большинстве стран мира отстает от темпов развития технологии. Вопросы полетов над населенными пунктами, страхования гражданской ответственности и сертификации операторов требуют срочной унификации и доработки. Немаловажными являются проблемы безопасности, включающие риски столкновения с другими летательными аппаратами, падения дрона на людей или объекты инфраструктуры. Вызывает серьезную озабоченность у общества и вопрос конфиденциальности, связанный с возможностью несанкционированного сбора данных и видеонаблюдения с помощью БПЛА. К техническим ограничениям можно отнести все еще небольшое время полета, зависимость от погодных условий и уязвимость систем навигации к сбоям и целенаправленным кибератакам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скobelев, В.А., Федосов, Ю.М. Беспилотные летательные аппараты в гражданских отраслях: современное состояние и перспективы // Транспорт Российской Федерации: журнал наук и практики. – 2020. – № 4 (89). – С. 65-70.
2. Пономарев, А.С., Карпов, В.А. Применение беспилотных авиационных систем в точном земледелии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (59). – С. 152-159.
3. Калашников, А.И., Петров, С.В. Правовые аспекты применения беспилотных летательных аппаратов: проблемы конфиденциальности и безопасности // Вестник Пермского университета. Юридические науки. – 2022. – № 55. – С. 112-125.
4. Гуськов, А.М., Зародов, К.В. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга линейных объектов инфраструктуры // Наука и техника. – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 226-233.

УДК 355.452

КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е. П. АВСЯНКИН, М. И. КРУПСКИЙ
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В данной статье проводится комплексный анализ современных подходов к проектированию конструкций беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваются ключевые направления развития конструктивных решений. Выявлены основные преимущества применения современных материалов и технологий в производстве беспилотных летательных аппаратов. В работе также обозначены актуальные проблемы, содержащие совершенствование конструкций дронов, такие как вопросы обеспечения прочности при минимальной массе, оптимизации аэродинамических характеристик и адаптации конструкций к различным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дроны.

Одним из наиболее перспективных направлений развития конструкции беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является создание специализированных платформ, адаптированных для выполнения конкретных задач. Современные тенденции в проектировании демонстрируют переход от универсальных решений к узкоспециализированным конструкциям, оптимизированным под определенные условия эксплуатации и целевую нагрузку. Особое внимание уделяется совершенствованию аэродинамических характеристик, снижению массы конструкции при сохранении необходимой прочности, а также повышению энергоэффективности силовых установок. Эти усовершенствования напрямую влияют на летно-технические характеристики аппаратов и расширяют возможности их практического применения.

Значительный прогресс наблюдается в области применения современных материалов при создании конструкций БПЛА. Широкое внедрение композитных материалов, включая углепластики и стеклопластики, позволяет создавать легкие и одновременно прочные конструкции рам и несущих элементов. Эти материалы демонстрируют высокую стойкость к вибрационным и ударным нагрузкам, что особенно важно при эксплуатации в сложных погодных условиях. Особенности проектирования с использованием композитов требуют учета анизотропии механических свойств и разработки специальных методов соединения элементов конструкции. Современные производственные технологии, такие как 3D-печать, открывают новые возможности для создания сложных геометрических форм, недоступных при использовании традиционных методов производства.

Важным аспектом конструирования БПЛА является разработка модульных платформ, позволяющая оперативно адаптировать базовую конструкцию под различные типы полезной нагрузки. Этот подход реализуется через создание стандартизованных интерфейсов крепления и системы коммуникаций между модулями. Подобные решения значительно расширяют функциональные возможности беспилотников, позволяя использовать одну платформу для решения разнородных задач. Особое внимание при проектировании уделяется балансировке аппарата и распределению массы, что непосредственно влияет на стабильность полета и точность выполнения операций. Конструктивные решения должны обеспечивать не только функциональность, но и ремонтопригодность аппарата в полевых условиях.

Перспективным направлением развития конструкций БПЛА является создание гибридных летательных аппаратов, сочетающих преимущества мультироторной схемы с возможностями крылатых аппаратов. Такие решения позволяют значительно увеличить дальность полета и продолжительность нахождения в воздухе без потери маневренности при взлете и посадке. Дальнейшее совершенствование конструкций связано с разработкой складных и трансформируемых систем, обеспечивающих удобство транспортировки и быстрое развертывание в полевых условиях. Актуальной проблемой остается обеспечение необходимой прочности шарнирных соединений и механизмов трансформации при сохранении минимальной массы конструкции.

Самолетный тип БПЛА (с неподвижным крылом). БПЛА самолетного типа оснащен несущими крыльями, которые обеспечивают подъемную силу и полет. Управляются дистанционно или компьютером. Наиболее функциональным считают БПЛА с «монокрылом».

Самолетный БПЛА может совершать долгий полет на большие расстояния, а также обладает высокой скоростью относительно других беспилотников. Такие дроны недорогие и простые в обслуживании и ремонте. Обычно они летают по запланированной программе: маршрут, цель полета, настройка датчиков. После завершения задачи БПЛА самолетного типа возвращается на точку старта или по заданному маршруту. Однако самолетному типу дронов необходимо специально оборудованное место взлета и посадки.

Конструкция БПЛА



Рисунок 1. – Конструкция БПЛА

Виды БПЛА по типу конструкции



Рисунок 2. – Виды БПЛА по типу конструкций

Самолетный тип БПЛА (с неподвижным крылом). БПЛА самолетного типа оснащен несущими крыльями, которые обеспечивают подъемную силу и полет. Управляются дистанционно или компьютером. Наиболее функциональным считают БПЛА с «монаокрылом».

Самолетный БПЛА может совершать долгий полет на большие расстояния, а также обладает высокой скоростью относительно других беспилотников. Такие дроны недорогие и простые в обслуживании и ремонте. Обычно они летают по запланированной программе: маршрут, цель полета, настройка датчиков. После завершения задачи БПЛА самолетного типа возвращается на точку старта или по заданному маршруту. Однако самолетному типу дронов необходимо специально оборудованное место взлета и посадки.

БПЛА вертолетного типа

Однороторные (коптерного) типа

Однороторные дроны по своей конструкции напоминают вертолеты. БПЛА этого типа оснащен одним большим ведущим винтом, а иногда еще одним – на хвосте (контроль траектории полета). Коптер эффективнее квадрокоптера за счет продолжительного времени полета и работы на двигателях внутреннего сгорания. Беспилотные вертолеты могут летать практически с любым двигателем.

Вместе с этим они имеют более сложную конструкцию, большую энергозатратность, высокую стоимость по сравнению с мультироторными БПЛА.

Мультироторные (квадрокоптерного) типа

Мультироторные (мультикоптерные) дроны – это летающие платформы с 3-мя и более бесколлекторными двигателями с пропеллерами.

Во время полета находятся в горизонтальном положении и могут зависать в любой момент, перемещаются по всем направлениям и поворачиваются вокруг своей оси. Все движения в воздухе совершаются за счет изменения тяги на каждом моторе.

Мультироторные дроны просты в управлении, имеют высокую точность позиционирования и относительно недорогие. Среди недостатков низкая скорость, большая трата энергии, ограничения по радиусу работы, малые грузоподъемность, время полета.

БПЛА смешанного типа (гибриды). Гибридные БПЛА сочетают в себе функции и характеристики самолетного и мультироторного типа дронов. Поворотные (или фиксированные) винты во время взлета и посадки действуют как подъемные, а во время обычного полета – как тянувшие.

В преимущества входят вертикальный взлет за счет дополнительных двигателей, высокая скорость, маневренность, удачное соотношение взлетной массы и полезной нагрузки, экономия энергоресурсов мотора. Среди недостатков трудное обслуживание и ремонт, зависимость от погоды, высокая стоимость.

Аэростатический тип БПЛА (аэростаты). Аэростаты взлетают за счет заполненного газом или нагретым воздухом баллона. В основном представляют собой непилотируемые дирижабли – симбиоз аэростата и винта с электрическим двигателем. Находятся в небе и перемещаются за счет системы управления ориентацией.

Преимуществами являются продолжительность полета в течение нескольких дней или недель и большая грузоподъемность. Однако у аэростатов есть ограничения в маневренности и скорости, на них значительно влияют погодные условия. Помимо этого, БПЛА аэростатического типа обладают большими размерами и массой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, А.А. Конструкция и проектирование беспилотных летательных аппаратов: учебное пособие / А.А. Иванов, С.В. Петров. – М.: Издательство МАИ, 2021. – 256 с.
2. Сидоров, К.В. Современные композитные материалы в авиастроении / К.В. Сидоров // Авиационные материалы и технологии. – 2022. – № 3(48). – С. 45-52.
3. Петров, В.Г. Динамика полета мультироторных беспилотных аппаратов / В.Г. Петров, М.С. Козлов. – СПб.: Политехника, 2019. – 189 с.
4. Козлов, Д.М. Методы оптимизации конструкций БПЛА / Д.М. Козлов // Инженерный вестник. – 2023. – № 1(65). – С. 23-31.

УДК 621.371: 550.837.6

**АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА АНТЕНН
ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВОГО СЛОЯ
НАД ЗАЛЕЖАМИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Е. С. БУРДИК

(Представлено: С. П. АЛИЕВА, канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В работе представлен процесс и результаты выбора типа антенны для решения конкретной прикладной задачи, регламентированной техническим заданием. На основе анализа требований технического задания (частотный диапазон, диаграмма направленности, коэффициент усиления, коэффициент стоячей волны, габариты) определен оптимальный тип антенны. Предлагаемый способ был опробован на Осиповичском подземном хранилище газа Могилевской области. Результаты работы имеют практическую ценность для проектирования антенных систем для выделения почвенно-грунтового слоя над углеводородами.

Актуальность разработки методов и аппаратуры по поиску углеводородных залежей (УВЗ) определяются повышением требований к уровню достоверности и точности их обнаружения [1 – 3]. При этом учитываются проявления физико-химических процессов, приводящих к возникновению свойств анизотропного характера в средах над углеводородами [3]. Применяется широкий спектр интерпретации радиограмм полученных данных для дифференциации среды [1]. Аномалии изменения естественного излучения залежей позволяют выделять нефтяные и газовые месторождения [3]. Методы вызванной поляризации позволяют исследовать вторичные электромагнитные поля и фиксировать уровень поляризации по сравнению с фоновыми значениями [2].

В последнее время широко применяется 3D-инверсия морских данных CSEM с использованием быстрого конечно-разностного кода во временной области и оптимизации на основе приближенного гессиана. Применяются методы CSEM на основе обнаружения контраста сопротивления резистивной пластовой жидкости по отношению к ее проводящей окружающей среде и интеграцией с сейсмическими данными для работ на мелководье. Методы контролируемого источника электромагнитного поля позволяют расширить возможности разведки. Обнаружение углеводородных залежей в естественных условиях залегания методами сопротивлений повышает информативность методов поиска УВЗ. С помощью повышения чувствительности измерений возможно определение геологических образований в структуре Земли, которые, как правило, являются анизотропными почвенно-грунтовыми слоями. Комплексное применение методов разведки дает огромный толчок исследованиям в данном направлении и, естественно, создание высокоеффективных антенн [2, 3] для радиотехнических систем поиска и идентификации УВЗ и способов возбуждения электромагнитных волн играет важную роль в получении высокоеффективных методов поиска и идентификации углеводородов [3].

Цель работы заключается в разработке антенны для поиска и идентификации углеводородов на основе способа измерений импеданса антенн для выделения почвенно-грунтового слоя над углеводородами и оптимизации ее параметров, исходя из следующего технического задания:

- 1) Диапазон рабочих частот 1700-3000 МГц;
- 2) Входной импеданс 50 Ом;
- 3) Коэффициент стоячей волны (КСВ) менее 2;
- 4) Диаграмма направленности по вертикальной плоскости не менее 40°, в горизонтальной – не нормируется;
- 5) Подавление боковых лепестков 30дБ;
- 6) Диэлектрическая проницаемость среды в пределах 2,5-4;

Для выполнения требований технического задания выбрана линейная коническая щелевая антenna. Линейная коническая щелевая антenna входит в группу антенн, называемых концевыми коническими щелевыми антеннами. Концевые конические щелевые антennы включают антennы постоянной ширины, линейно конические и экспоненциально конические, также известные как антennы Вивальди. Характеристики производительности включают: широкую полосу пропускания, средний коэффициент усиления и низкие боковые лепестки.

Проектирование данной антенны предназначено для радиотехнических систем поиска и идентификации УВЗ. Методика исследований заключается в определении компонент поверхностного импеданса почвенно-грунтового слоя над УВЗ по формулам (1) и (2):

$$\dot{Z}_{11} = \dot{Z}_{22} = -\frac{1}{2j\sqrt{\dot{\epsilon}_R\dot{\epsilon}_L}} \left(\sqrt{\dot{\epsilon}_R} - \sqrt{\dot{\epsilon}_L} \right), \quad (1)$$

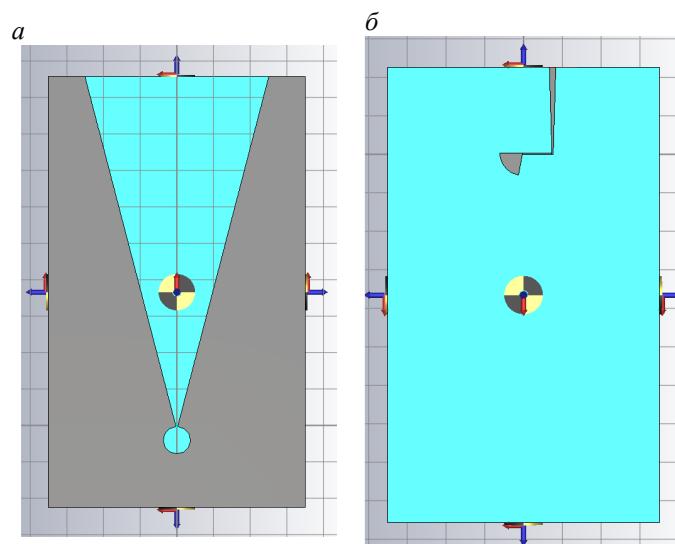
$$\dot{Z}_{12} = \dot{Z}_{21} = \frac{1}{2\sqrt{\dot{\epsilon}_R\dot{\epsilon}_L}} \left(\sqrt{\dot{\epsilon}_R} + \sqrt{\dot{\epsilon}_L} \right),$$

где

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{\mathcal{E}}}_R &= \dot{\mathbf{\mathcal{E}}}_1 + \dot{\mathbf{\mathcal{E}}}_2 = \operatorname{Re} \mathbf{\mathcal{E}}_R + j \operatorname{Im} \mathbf{\mathcal{E}}_R \\ \dot{\mathbf{\mathcal{E}}}_L &= \dot{\mathbf{\mathcal{E}}}_1 - \dot{\mathbf{\mathcal{E}}}_2 = \operatorname{Re} \mathbf{\mathcal{E}}_L + j \operatorname{Im} \mathbf{\mathcal{E}}_L. \end{aligned} \quad (2)$$

Для моделирования применены характеристики экспериментальных данных для реальных месторождений углеводородов [2]: диэлектрическая проницаемость вмещающего слоя над скоплениями УВЗ $\epsilon_r = 1 - 30$, диапазон проводимостей анизотропной среды над углеводородами $\sigma_r = 1 \cdot 10^{-5} - 1 \text{ См} / \text{м}$; концентрации электронов и ионов $N_e = N_u = (10^{16} - 10^{18}) \text{ м}^{-3}$, частота столкновения взаимодействующих электронов и ионов $v = 2 \cdot \pi \cdot 10^9 \text{ рад} / \text{с}$.

Микрополосковая питаемая линейная коническая щелевая антенна изготавливается из металлизированной диэлектрической подложки с линейно конической щелью, вытравленной в металлизации. Круглая щелевая полость соединена с узким концом конической щелевой линии (раствором) с короткой длиной щелевой линии. На обратной стороне подложки находится микрополосковая линия, заканчивающаяся широкополосным радиальным четвертьволновым шлейфом. Основание шлейфа перекрывает щелевую линию близко к круглой полости (Рисунок 1).



a – вид спереди; б – вид сзади

Рисунок 1. – Внешний вид антенны

На основе проведенного моделирования для режима гармонического колебания было установлено, что на отрезке 1,7...3,0 ГГц происходит изменение составляющих поверхностного импеданса почвенно-грунтового слоя над углеводородами \dot{Z}_{11} и \dot{Z}_{21} . Это приводит к изменению отражательных характеристик среды над углеводородами, что в свою очередь отражается на изменении КСВ антенны. Проводились экспериментальные исследования микрополосковой антенны в диапазоне частот 1,7...3,0 ГГц с характеристикой КСВ, показанной на рисунке 2.

Антенна изготовлена на диэлектрической подложке. Переход микрополосковой линии в щелевую линию реализуется путем травления щелевой линии на одной стороне подложки, которая пересекается под прямым углом микрополосковой линией на противоположной стороне подложки. Микрополосковая линия расширяется, образуя радиальный шлейф, который действует как широкополосное виртуальное короткое замыкание на пересечении микрополосковой линии и щелевой линии. Щелевая линия расширя-

ется в круглую полость, чтобы действовать как широкополосная виртуальная открытая цепь. Преимущество этого метода питания заключается в том, что и антenna, и ее питание (которое также может включать секцию согласования импеданса) могут быть проправлены на одной подложке.

Использование измерений импеданса антенн для выделения анизотропных неоднородностей находит применение на практике [2]. Отличие отражательных характеристик почвенно-грунтового слоя над углеводородами может быть применено для идентификации свойств подстилающей поверхности на основании изменения коэффициента стоячей волны антенн (КСВ) [3].

Антenna соответствует заданному диапазону 1700-3000 МГц. Рассчитана на импеданс 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 1700 МГц равен примерно 1,3. На частоте 3000 МГц составляет также 1,3. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания.

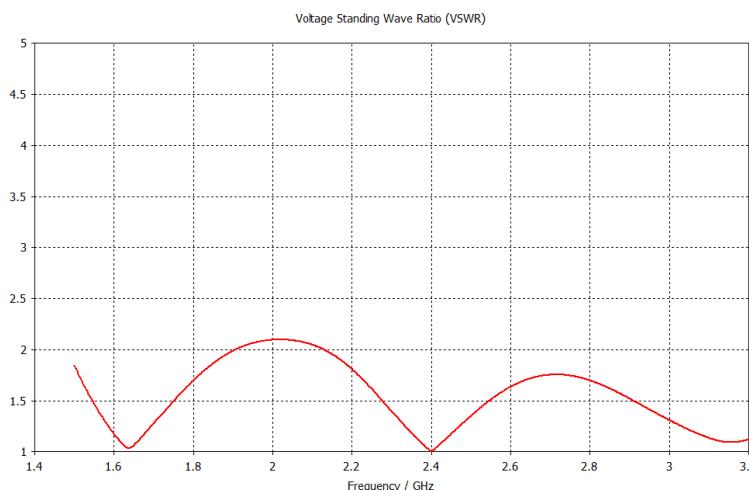


Рисунок 2. – Коэффициент стоячей волны по напряжению

Диаграмма направленности (ДН) микрополосковой питаемой линейной конической щелевой антены на частоте 1700 МГц имеет усиление 4,37 дБи, а на частоте 3000 МГц – 9,72 дБи. Диаграмма направленности соответствует требованиям.

Эффективность микрополосковой питаемой линейной конической щелевой антены полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,94.

Импеданс антены изменяется в более широких пределах: ± 50 Ом. Микрополосковая питаемая линейная коническая щелевая антenna имеет размеры 236 мм · 140 · 1,16 мм.

Предлагаемый способ был опробован на Осиповичском подземном хранилище газа Могилевской области. При реализации способа использовался измеритель КСВ с данной антенной. Электромагнитный сигнал с выхода измерителя КСВ поступает на исследуемую антенну. Измерения проводились на частотах $f_1 = 1,7$ ГГц, $f_2 = 2,5$ ГГц, $f_3 = 3,0$ ГГц. Высоту подъема антены выбирали из соображений проведения измерений (на расстоянии 1м от поверхности земли). Антenna располагалась таким образом, чтобы излучение направлялось антенной перпендикулярно поверхности земли с целью получения максимального отклика от области предполагаемой залежи. Отраженное излучение принимается антенной, поступает в измеритель КСВ. В точках измерения исследуемого профиля определяли КСВ. Аномальное изменение его величины свидетельствует о наличии УВЗ. Задавалась опорная точка, относительно которой измеряли КСВ вдоль исследуемого профиля. Данные измерений представлены в таблице 1. Изменения значений КСВ указаны в процентах относительно значений в точке 150 м (границе залежи соответствует точка 170 м), которые приняты за основу (уровень 0 %). Знак – указывает на то, что значения КСВ уменьшаются на указанную величину в процентах относительно точки 150 м, которая находится вне залежи.

Таблица. – Экспериментальные значения КСВ антены на территории Осиповичского подземного хранилища газа

R, м	150	160	170	180	190	200	210	220	230	
KСВ, %	f = 1,7 ГГц	0	-5,5	-50	-45	-50	-42	-47	-48	-50
	f = 2,5 ГГц	0	-6,0	-38	-45	-50	-44	-41	-49	-39
	f = 3,0 ГГц	0	-3,0	-45	-50	-50	-43	-41	-50	-42

Таким образом, на границе залежи (точка 170 м) установлено существенное уменьшение КСВ антенны по сравнению с околозалежным пространством (-50 % на частоте $f = 1,7$ ГГц, -38 % на частоте $f = 2,5$ ГГц, -45 % на частоте $f = 3,0$ ГГц). Применяя калибровку антенн на тестовых территориях, данный способ может быть использован для поиска и идентификации углеводородов. Если использовать измерения КСВ двух и более антенн, можно повысить уровень достоверности поиска и идентификации углеводородов за счет высокой разрешающей способности.

Заключение. Преимуществами предлагаемого способа по сравнению с существующими аналогами являются:

- повышение точности определения границ залежи за счет измерения КСВ в широком диапазоне частот;
- повышение разрешающей способности определения местоположения залежей за счет измерения КСВ двух и более антенн;
- лучшие масса-габаритные показатели антенн;
- повышение производительности геологоразведочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sun, Q.; Tan, H.; Wan, W.; Hu, Q. Research on 3D Time-Lapse Electric Field Inversion Algorithm for Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric Method. *Appl. Sci.* 2024, 14, 1560. <https://doi.org/10.3390/app14041560>.
2. Гололобов, Д.В. Взаимодействие электромагнитных волн и углеводородных залежей / Д.В. Гололобов. – Минск: Бестпринт, 2009. – 185 с.
3. Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа / Под ред. Э.А.Бакирова и В.Ю.Керимова: Учебник для вузов. В 2-х кн. – 4-е изд. перераб. и доп. – Кн.2: Методика поисков и разведки скоплений нефти и газа. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2012. – 416 с.

УДК 621.371: 550.837.6

РАЗРАБОТКА АНТЕНН ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ПО КОНТРАСТУ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Е. С. БУРДИК

(Представлено: С. П. АЛИЕВА, канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Во введении указан объект исследования – антенны для систем поиска углеводородов на основе определения контраста отражательных характеристик, проведен анализ существующих методов электроразведки и технологий для повышения уровня точности и достоверности выделения углеводородов. Целью исследования является разработка антенны для систем поиска углеводородов на основе определения контраста отражательных характеристик и оптимизация ее параметров.

В настоящее время актуальность разработки высокоеффективных методов поиска углеводородов возрастает в связи с необходимостью повышения уровня точности и достоверности проводимых геологоразведочных работ [1 – 3]. Проводятся различные виды геоэлектрических съемок с визуализацией аномалий в разности электрических потенциалов, измеренной между приемными электродами используемой установки на основе дифференциально нормализованного метода (DNME) и улучшения диагностики сред, дающие лучшее представление о распределении поляризуемости и сопротивления. Разработка электромагнитных методов поиска и оконтуривания углеводородных залежей на основе двухчастотных, модулированных и импульсных сигналов представлена в работе. Исследовано поведение действительной компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над углеводородами и осуществлен выбор характеристик сигнала на использовании различных источников излучения электромагнитных волн с амплитудно-частотными коэффициентами отношения в режимах мощных низкочастотных и высокочастотных сигналов. Широко используются методы CSEM для картирования мелководной части морского дна от береговой линии до краев континентального склона. Важная роль уделяется не только проведению электромагнитных измерений, но и интерпретации полученных данных.

Проведен анализ взаимодействия гармонической электромагнитной волны (ЭМВ) с анизотропной средой над УВЗ и учтено влияние ионизации частиц на характеристики сигналов. Сейсмические методы обеспечивают получение изображений геологических структур с высоким разрешением, содержащих месторождения полезных ископаемых, и в некоторых случаях могут использоваться для прямого обнаружения месторождений полезных ископаемых. Проведена оценка информативности результатов поиска углеводородов в Азербайджане [2]. Недавно разработанные в Китае методы CSEM, а именно широкочастотный электромагнитный метод (WFEM), частотно-временной электромагнитный метод (TFEM), метод переходного электромагнитного метода с большим смещением (LOTEM) и беспроводной электромагнитный метод (WEM), используют мощные псевдослучайные двоичные последовательности (PRBS) волновых форм, технологию эталонного наблюдения и обработки, гибридную инверсию и повышают эксплуатационную эффективность и адаптивность, несмотря на острую необходимость в многофункциональном программном обеспечении для сбора данных. Разработаны методики, позволяющие экономически эффективно выполнять съемку мелководных акваторий с изрезанной береговой линией в условиях высокого уровня шумов и строить модели электропроводности разреза. Имеется большой проводения морских методов CSEM для разведки углеводородов. Различные методы, методики и технологии проведения поисковых работ рассмотрены в работе.

Получена аппроксимация решения и установление связи между наличием залежи и исходными геолого-геофизическими параметрами, которые могут использоваться экспертами для прогноза месторождений и построения карт прогноза газовых и нефтяных месторождений. Разломы универсальны в нефтяных резервуарах и некоторые из них являются полупроницаемыми фильтрационными барьерами, рассматриваются их ранние обнаружения и характеристики. Методы исследования поверхностного импеданса анизотропных сред над углеводородами обладают высокой информативностью и высоким уровнем достоверности обнаружения. Радиокомплексирование методов электроразведки придает значительный толчок исследованиям в данной области и, естественно, разработка высокоеффективных антенн [1, 2] для радиотехнических систем поиска и выделения УВЗ играет существенную роль в получении высокоеффективных методов поиска и оконтуривания углеводородов.

Цель работы заключается в разработке антенны для разработки антенн для систем поиска углеводородов на основе определения контраста отражательных характеристик и оптимизации ее параметров, исходя из следующего технического задания:

- 1) Диапазон рабочих частот 700–1000 МГц;
- 2) Коэффициент стоячей волны (КСВ) менее 1,5;
- 3) Диаграмма направленности по вертикальной плоскости не менее 40°, в горизонтальной – не нормируется;
- 4) Подавление боковых лепестков 30дБ;

В качестве основного подхода к численному электродинамическому анализу конструкции спиральной антенны осевого режима, размещенной в металлической резонаторной полости, выбран метод конечных разностей во временной области (FDTD, Finite-Difference Time-Domain). Данный метод был реализован с использованием промышленного программного пакета CST Microwave Studio, обладающего высокой степенью точности и возможностями трехмерного моделирования сложных геометрий в широком диапазоне частот.

Рассматриваемая антенна представляет собой осесимметричную, обрезанную по длине спираль, размещенную внутри открытой металлической резонаторной камеры прямоугольного поперечного сечения. Геометрическая высота полости идентична длине спирального проводника, размещенного над идеально проводящей заземляющей плоскостью, что обеспечивает полное экранирование и минимизацию внешних диэлектрических влияний. Ширина полости выбрана равной приблизительно 0,6 длины волны на нижней границе рабочего диапазона частот, обеспечивая поддержание моды с конечным излучением. Спираль реализована с числом витков, равным двум (Рисунок 1).

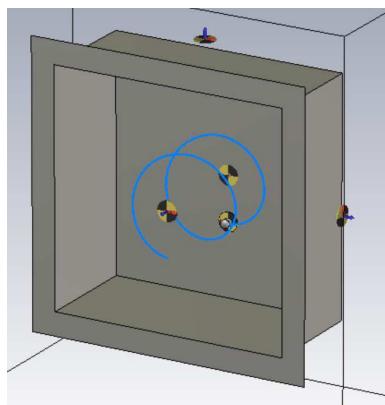


Рисунок 1. – Внешний вид антенны

Подвод питания реализован через коаксиальный разъем, установленный со стороны основания полости, где центральный штифт непосредственно соединяется с началом спирального проводника.

Разработка данной антенны предназначена для радиотехнических систем поиска и оконтуривания УВЗ. Методика исследований заключается в определении отражательной способности слоя над залежью углеводородов при воздействии на него ЭМВ с линейной вертикальной поляризацией по контрасту коэффициента отражения между точками измерения слоя над залежью углеводородов и контрольной точкой измерения, расположенной вне зоны залежи нефти и газа по формуле [1]:

$$\Delta R = 20 \lg |\dot{R}_p - \dot{R}_{BB}|, \quad (1)$$

где \dot{R}_p – коэффициент отражения ЭМВ в расположенной вне зоны залежи нефти и газа контрольной точке измерений;

\dot{R}_{BB} – коэффициент отражения ЭМВ в точках измерения анизотропного слоя над залежью углеводородов.

Значение коэффициента отражения в расположенной вне зоны залежи нефти и газа контрольной точке измерений для ЭМВ с вертикальной поляризацией определяется по формуле:

$$\dot{R}_p = \frac{\dot{\epsilon}_p \sin \theta - \sqrt{\dot{\epsilon}_p - \cos^2 \theta}}{\dot{\epsilon}_p \sin \theta + \sqrt{\dot{\epsilon}_p - \cos^2 \theta}} = |\dot{R}_p| \exp(j\phi_p), \quad (2)$$

где $\dot{\epsilon}_p = \epsilon_p - j \frac{\sigma_p}{\omega \epsilon_0}$ – комплексная диэлектрическая проницаемость анизотропного слоя;

ϵ_p – диэлектрическая проницаемость однородного слоя;

σ_p – проводимость однородного слоя;

ω – круговая частота ЭМВ;

ϵ_0 – диэлектрическая постоянная;

θ – угол падения излучаемой ЭМВ;

ϕ_p – фаза коэффициента отражения от однородного слоя;

$|\dot{R}_p|$ – модуль коэффициента отражения от однородного слоя.

Коэффициент отражения в точках измерения анизотропного слоя над залежью углеводородов

$$\dot{R}_{BB} = \frac{\dot{a}_1 \cos \theta + \dot{a}_3 (\cos^2 \theta - 1)}{\dot{a}_2 \cos \theta + \dot{a}_4 (\cos^2 \theta + 1)} = |\dot{R}_{BB}| \exp(j\phi_{BB}), \quad (3)$$

где $\dot{a}_{1,2} = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} \mp 1$,

$\dot{a}_3 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R} + \sqrt{\dot{\epsilon}_L}$,

$\dot{a}_4 = \dot{\epsilon}_R + 2\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L + \dot{\epsilon}_L$,

$\dot{\epsilon}_R$ и $\dot{\epsilon}_L$ – комбинационные составляющие тензора диэлектрической проницаемости анизотропного слоя над залежью углеводородов для ЭМВ с правой и левой круговыми поляризациями соответственно;

$|\dot{R}_{BB}|$ – модуль коэффициента отражения от анизотропного слоя над залежью углеводородов;

ϕ_{BB} – фаза коэффициента отражения от анизотропного слоя над залежью углеводородов.

В качестве источника излучения ЭМВ для исследования свойств анизотропного слоя над УВЗ применим двухчастотную волну:

$$\vec{e}(t) = \vec{e}_1(t) + \vec{e}_2(t) = A_1 \cos \omega_1 t + A_2 \cos \omega_2 t, \quad (4)$$

где $A_1, A_2, \omega_1 = 2\pi f_1, \omega_2 = 2\pi f_2$ – соответственно амплитуды и частоты применяемых источников ЭМВ. Режимы измерений задаются коэффициентами соотношения значений амплитуд двух ЭМВ и их частот

$$k_E = \frac{A_2}{A_1}, \quad k_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (5)$$

Режим воздействия мощного низкочастотного сигнала определяется коэффициентами отношения амплитуд и частот: $k_E \ll 1, k_\omega \ll 1$, режим воздействия мощного высокочастотного сигнала – $k_E \gg 1, k_\omega \ll 1$.

Антенна соответствует заданному диапазону 700–1000 МГц. Рассчитана на импеданс 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 700 МГц равен примерно 1,75 (Рисунок 2). На частоте 1000 МГц составляет 1,55. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания.

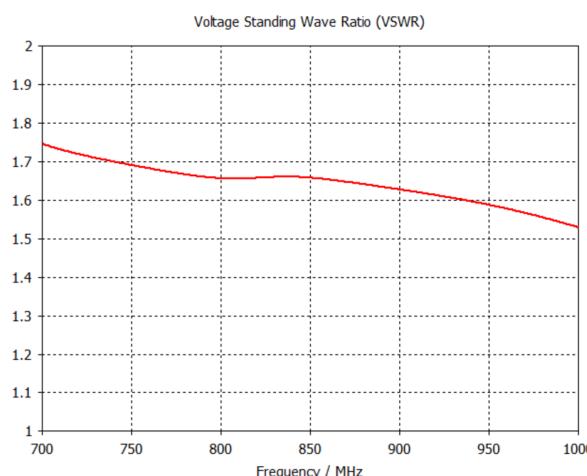


Рисунок 2. – КСВ антенны

Для моделирования применены характеристики экспериментальных данных для реальных месторождений углеводородов [1]: диэлектрическая проницаемость слоя над скоплениями УВЗ $\epsilon_r = 1 - 30$, диапазон проводимостей слоя над углеводородами $\sigma_r = 1 \cdot 10^{-5} - 1 \text{ См} / \text{м}$; концентрации электронов и ионов $N_e = N_i = (10^{16} - 10^{18}) \text{ м}^{-3}$, частота столкновений взаимодействующих в данной среде электронов и ионов $v = 2 \cdot \pi \cdot 10^9 \text{ рад} / \text{с}$.

Диаграмма направленности (ДН) дипольной эллиптической антенны на частоте 700 МГц имеет усиление 7,68 дБи, а на частоте 1000 МГц – 10,8 дБи. Диаграмма направленности соответствует требованиям. Эффективность антенны полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,915.

В результате проведенного теоретического анализа установлено, что при выборе значения частот в диапазоне $f_2 = (700 - 1000)$ МГц и $f_1 = (1 - 10)$ МГц наблюдается максимальное проявление аномального изменения величины контраста коэффициентов отражения между точками измерения исследуемой залежи УВЗ и контрольной точкой измерения, расположенной вне зоны углеводородов при вариации параметров диэлектрического наполнителя среды. Граница залежи определяется по аномальным значениям контраста коэффициентов отражения.

Предлагаемый способ был опробован на Осиповичском подземном хранилище газа.

Заключение. Таким образом, разработанная антенна обеспечивает устойчивый осевой режим излучения в широком частотном диапазоне, с хорошо выраженным направленным лепестком вдоль оси спирали.

Метод FDTD, реализованный в CST Microwave Studio, продемонстрировал высокую эффективность в моделировании сложной электродинамической структуры, позволив получить детализированные характеристики поля и параметров антенны.

Входной импеданс антенны близок к 50 Ом на центральной частоте, что обеспечивает хорошее согласование с коаксиальным кабелем без необходимости применения внешних согласующих цепей.

Проведенные исследования показали, что контраст коэффициента отражения между точками измерения слоя над залежью углеводородов и контрольной точкой измерения, расположенной вне зоны залежи нефти и газа при воздействии на него ЭМВ с линейной вертикальной поляризацией максимально проявляется в диапазоне $f_2 = (700 - 1000)$ МГц и $f_1 = (1 - 10)$ МГц.

Установлено, что на границе залежи углеводородов происходит увеличение контраста коэффициентов отражения до величин 8,50 дБ, 8,00 дБ (режим мощного низкочастотного сигнала) и 6,00 дБ, 6,50 дБ (режим мощного высокочастотного сигнала) на частотах $f_2 = 700, 1000$ МГц, что может быть применено для разработки методов поиска и оконтуривания углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гололобов, Д.В. Взаимодействие электромагнитных волн и углеводородных залежей / Д.В. Гололобов. – Минск: Бестпринт, 2009. – 185 с.
2. Estimating Informational Content for Hydrocarbons Searching in Azerbaijan A Alizadeh, I Guliyev, P Mamedov, A Elmira, A Feyzullayev, D Huseynov, L Eppelbaum Pliocene Hydro-carbon Sedimentary Series of Azerbaijan. In book: Pliocene Hydrocarbon Sedimentary Series of Azerbaijan (pp.409-420) Edition: 1stChapter: 17 Publisher: Springer, 2024.
3. Moskvichew, V.N. Interraction of electromagnetic waves (EMW) with anisotropic inclusion in communication line / V.N. Moskvichew // 9-th Microw. Conf. NICON – 91, Rydzyna, May 20-22, 1991. – Vol. 1. – P. 240 – 244.

УДК 528.8:378

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
В ОБЛАСТИ ГЕОДЕЗИИ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА:
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ОБУЧАЮЩИХ СЕРВИСОВ.**

И. В. ВАЛЬКОВ
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В статье рассматривается актуальность цифровизации обучения геодезистов и землеустроителей. Описаны современные цифровые подходы к обучению, проект создания обучающего сервиса в УП «Белгипрозем» и его целевая аудитория. Изложены этапы и принципы разработки сервисов, а также перспективы их внедрения в образовательный процесс.

Введение. Современное развитие информационных технологий кардинально меняет подходы к образованию, в том числе в сфере геодезии и землеустройства. Использование цифровых технологий становится неотъемлемой частью подготовки кадров, поскольку они обеспечивают быструю и точную обработку данных, сокращают затраты времени и ресурсов и повышают эффективность процессов территориального планирования и управления земельными ресурсами. Интеграция цифровых инструментов в учебный процесс позволяет не только улучшить знания и навыки студентов, но и адаптировать их к реальным потребностям рынка труда, где все больше внимания уделяется автоматизации и цифровой трансформации рабочих процессов. В контексте глобализации и стремительных изменений в геоинформационной сфере внедрение инновационных методов обучения (GIS, BIM, дроны, автоматизированные системы и др.) становится необходимым условием подготовки квалифицированных специалистов.

Актуальность цифровизации обучения в геодезии подтверждается и недавним опытом. Пандемия COVID-19 вынудила вузы оперативно перейти на дистанционное обучение, и цифровые технологии стали единственным способом продолжить подготовку студентов. В результате у обучающихся, помимо базовых профессиональных компетенций, сформировались навыки удаленного взаимодействия, коммуникации и решения задач в онлайн-среде, что подчеркнуло значимость цифровых инструментов для обеспечения устойчивости образовательного процесса.

Таким образом, цифровизация подготовки специалистов в области геодезии и землеустройства является насущной задачей. Данная статья посвящена целям, методам и практической реализации такого подхода на примере разработки обучающего сервиса с использованием симуляторов, видеоматериалов и электронных учебных статей.

Цель исследования – обосновать и реализовать подходы к цифровизации подготовки специалистов в области геодезии и землеустройства посредством разработки и внедрения специализированного обучающего сервиса.

Методика реализации цифровизации. Переход к цифровым формам обучения в геодезии и землеустройстве базируется на использовании современных информационных технологий и инновационных методических подходов. Прежде всего, внедряются интерактивные обучающие платформы – веб-системы, позволяющие студентам обучаться в онлайн-формате, выполнять практические задания с помощью специализированного программного обеспечения (например, Google Classroom) и получать обратную связь от преподавателей в реальном времени. Однако, важным компонентом для обучения являются виртуальные симуляторы – программные тренажеры, имитирующие работу с различным оборудованием и выполнением реальных задач. Такой подход решает проблемы высокой стоимости и ограниченной доступности оборудования, снижая риск его повреждения при обучении и сокращая затраты на выездные учебные полигоны. Технологии виртуальной и дополненной реальности обеспечивают точное моделирование приборов и процессов, позволяют задавать адаптивные учебные сценарии под разный уровень подготовки учащихся и даже моделировать нештатные ситуации для отработки действий в сложных условиях.

Помимо симуляторов, в цифровом обучении активно используются мультимедийные материалы: видеолекции, анимационные ролики, интерактивные учебные модули. Они делают подачу материала наглядной и доступной, способствуют росту мотивации и лучшему усвоению сложных пространственных понятий. Практика показывает, что применение цифровых технологий повышает вовлеченность студентов в учебный процесс и развивает их пространственное мышление. Современные образовательные теории подчеркивают важность активного, исследовательского обучения, в котором роль преподавателя смещается к фасилитации самостоятельной деятельности обучающихся.

Обновление образовательных программ – еще один ключевой аспект методики цифровизации. В ряде вузов внедряются новые учебные курсы и дополнительные программы, направленные на формиро-

вание цифровых компетенций у будущих специалистов. Методика цифровизации обучения предполагает тесную интеграцию образования с производственной и научной практикой. Создаются сетевые сообщества и порталы для обмена данными и совместной работы над проектами в онлайн-среде. Образовательные учреждения сотрудничают с профильными предприятиями, что дает возможность студентам работать с реальными пространственными данными, современными базами информации и прочими цифровыми ресурсами еще в процессе обучения. Такой подход «открытого образования» формирует у будущих специалистов навыки междисциплинарного взаимодействия и готовит их к решению практических задач с использованием передовых технологий.

Описание проекта. Для практической реализации указанных подходов УП «ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ БЕЛГИПРОЗЕМ» инициировал проект по разработке и внедрению обучающего сервиса, предназначенного для подготовки специалистов в сфере геодезии и землеустройства. Данный сервис представляет собой многофункциональную электронную платформу, сочетающую в себе несколько типов обучающих материалов: интерактивные симуляторы, видеоуроки и текстовые учебные материалы.

Интерактивные симуляторы. В состав сервиса войдут программные тренажеры, моделирующие ключевые операции геодезической и землестроительной практики. Пользователи смогут в виртуальной среде осваивать работу с геодезическими приборами (такими как теодолит, GPS/GNSS-оборудование), выполнять расчет и разметку земельных участков, тренироваться в проведении съемок и обработке результатов. Симуляторы позволяют отрабатывать профессиональные навыки в безопасной обстановке, приближенной к реальной, что особенно важно в случаях ограниченного доступа к полевым практикам или дорогостоящему оборудованию. Подобные разработки уже демонстрируют свою эффективность: например, в Беларуси создан учебно-тренировочный симулятор оптических теодолитов «Countdown THEO» для моделирования измерений и обучения работе с теодолитом. Планируемые симуляторы Белгипрозвем будут интегрированы в адаптационную программу для молодых специалистов, что позволит им закрепить свои знания в цифровой среде. Планируется использование различных платформ: настольное приложение Windows, а также создание приложение под мобильную систему Android. Следует отметить, что аналогичные виртуальные лабораторные комплексы уже применяются в образовании – они позволяют студентам выполнять практические работы.

Обучающие видеоматериалы. Вторым компонентом платформы станет библиотека мультимедийных уроков. Предприятие уже инициировало создание серии коротких анимационных видеофильмов прикладного характера. В частности, разработаны обучающие ролики, наглядно демонстрирующие процессы выполнения землестроительных работ, а также процедуры разделения и слияния земельных участков. Эти видеоматериалы призваны в простой и визуально понятной форме донести до обучающихся алгоритмы выполнения работ, нормативные требования и лучшие практики. В рамках проекта планируется дальнейшее пополнение медиатеки видеоуроками по темам геодезических измерений, топографического картографирования, работы с геоинформационными системами и другим актуальным направлениям. Видео будет сопровождаться пояснительным дикторским текстом и графическими подсказками, что облегчает восприятие и запоминание материала. Преимущество видеоформата заключается еще и в том, что обучаемые могут просматривать материалы неоднократно в удобное время, практически «перематывая» и повторяя сложные моменты, что способствует индивидуализации обучения.

Целевая аудитория сервиса. Разрабатываемый обучающий портал ориентирован на широкий круг пользователей, заинтересованных в повышении квалификации и обмене знаниями в области геодезии и землеустройства. В первую очередь это студенты профильных специальностей (геодезия, землеустройство, кадастр): с помощью сервиса они смогут восполнить недостаток практических занятий, отрабатывая навыки в виртуальной среде, готовиться к лабораторным работам и экзаменам, изучать дополнительный материал сверх учебной программы. Преподаватели вузов и колледжей получат современный инструмент для сопровождения учебного процесса – они смогут использовать симуляторы и видеоролики на своих занятиях, давать студентам задания в цифровой среде, контролировать их выполнение и прогресс. Это существенно обогатит методический арсенал педагогов и позволит реализовать элементы дистанционного обучения или смешанного формата (blended learning).

Таким образом, проект Белгипрозвема нацелен на создание экосистемы непрерывного образования, объединяющей образование, науку и производство.

Результаты и обсуждение. Реализация описанного обучающего сервиса создаст новые возможности для повышения качества подготовки кадров. Во-первых, студенты смогут получать более глубокие практические навыки до выхода на реальные объекты. За счет регулярных тренировок в симуляторах и анализа учебных кейсов у них повысится уверенность в выполнении геодезических операций, уменьшится число ошибок при первичных практиках. Во-вторых, доступ к актуальным знаниям через статьи и видеоролики позволит обучающимся быть в курсе новейших технологий (например, обработки данных беспилотных летательных аппаратов, применения ГИС-анализаторов, 3D-сканирования местности и т.п.), что сделает выпускников более востребованными. В-третьих, интерактивный формат обучения

повышает мотивацию: игровой элемент симуляторов и наглядность видео способствуют удержанию внимания и интереса к предмету, что подтверждается исследованиями в области образования.

В целом, обсуждаемый проект УП «БелгипроЗем» уже сейчас демонстрирует пример успешного сочетания производственного и образовательного потенциала. Создание обучающего сервиса с симуляторами, мультимедиа и базой знаний находится на стыке интересов отрасли и образования. Его дальнейшее развитие может идти по пути расширения функционала (включения новых симуляторов, модулей тестирования знаний, системы сертификации навыков) и масштабирования на другие организации (например, подключение к платформе других предприятий землеустроительной службы для обмена данными и учебными кейсами).

Выводы. Цифровая трансформация образования – требование времени. Внедрение информационных технологий в подготовку геодезистов и землеустроителей обусловлено потребностями современной экономики и научно-техническим прогрессом. Цифровые инструменты обучения повышают эффективность усвоения знаний и формируют у выпускников компетенции, востребованные на рынке труда в условиях цифровой экономики.

Проект создания обучающего сервиса на базе УП «БелгипроЗем» демонстрирует модель интеграции образования, науки и производства. В рамках проекта разработаны и внедряются симуляторы, обучающие видеоролики, доступные молодым специалистам, в перспективе студентам и преподавателям. Такой сервис становится площадкой для непрерывного образования и обмена опытом, выходящей за пределы одного учебного заведения.

Этапный подход и принципы разработки цифровых сервисов обобщены и могут быть применены широко. Выделены основные этапы создания обучающего сервиса – от анализа потребностей и планирования контента до тестирования и внедрения.

Сформулированы принципы разработки: ориентация на пользователя, интерактивность, модульность, актуализация содержания, совместимость и доступность. Соблюдение этих принципов обеспечивает успех проекта и его востребованность. Перспективы внедрения цифровых сервисов – повышение качества подготовки кадров и развитие профессионального сообщества. Ожидается, что интеграция виртуальных тренажеров в образовательный процесс повысит уровень подготовки выпускников: они будут лучше подготовлены к работе с современными технологиями, адаптивны и грамотны в цифровом плане. Одновременно создается среда для взаимодействия преподавателей, студентов и практиков, что ускоряет трансфер знаний и инноваций в отрасль.

В заключение, цифровизация подготовки специалистов в сфере геодезии и землеустройства уже не рассматривается как эксперимент – это объективная необходимость и новый стандарт образования. Проект по разработке и внедрению обучающих сервисов, реализуемый УП «БелгипроЗем», подтверждает практическую реализуемость и эффективность таких инициатив. Расширение подобных практик на систему профильного образования будет способствовать подготовке конкурентоспособных, высококвалифицированных специалистов, готовых к вызовам цифровой эпохи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Riasnianska A., Gurskienė V., Pukite V. Integration of digital technologies in the training of specialists in the field of geodesy, land management and urban planning // Современные информационные технологии в образовании. – 2023. – 6 с.
2. Круглый стол «Цифровые технологии в теории и практике землеустройства, кадастровой деятельности и природопользования» [Электронный ресурс] // Русское географическое общество. – 06.03.2025. – Режим доступа: <https://www.rgo.ru/ru/article/kruglyy-stol-cifrovye-tehnologii-v-teorii-i-praktike-zemleustroystva-kadastrovoy> (дата обращения: 10.06.2025).
3. GeodezA/VR – AR/VR-тренажер для геодезистов [Электронный ресурс]. – Платформа «Университет 2035». – 2025. – Режим доступа: <https://pt.2035.university/project/geodezavr> (дата обращения: 11.06.2025).
4. Виртуальный лабораторный стенд «Прикладная геодезия» (описание продукта) [Электронный ресурс]. – ООО «StendLab». – 2022. – Режим доступа: <https://stendlab.ru/product/virtualnyj-laboratornyj-stend-prik/> (дата обращения: 10.09.2025).

УДК 528:004.946:378.147

**ИНТЕРАКТИВНАЯ СРЕДА ОБУЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИИ
КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
СТУДЕНТОВ**

И. В. ВАЛЬКОВ
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В статье рассматривается разработка и применение интерактивной цифровой обучающей платформы по геодезии и землеустройству, предназначеннной для формирования профессиональных компетенций у студентов и молодых специалистов. Обоснована актуальность создания виртуальной обучающей среды в геодезическом образовании: отмечены ограничения традиционных полевых практик (высокие затраты, погодные и логистические трудности) и показано, что цифровые технологии способны их компенсировать. Отдельное внимание уделено роли интерактивной среды в формировании профессиональных компетенций: имитация реальных условий и приборов позволяет отрабатывать навыки обращения с оборудованием, пространственное мышление и принятие решений, повышая качество подготовки будущих землеустроителей. Приведены практические примеры применения подобных виртуальных тренажёров в образовательном процессе и отмечена их эффективность. В заключении подчёркивается значимость цифровой трансформации образования геодезистов и землеустроителей и делаются выводы о перспективах внедрения разработанной платформы в учебный процесс.

Введение. Современное геодезическое образование испытывает растущую потребность в инновационных методах обучения, соответствующих духу цифровой эпохи. Традиционные формы практической подготовки геодезистов – полевые учебные практики и лабораторные занятия с реальными приборами – сталкиваются с рядом ограничений. Во-первых, проведение полноценной полевой практики требует значительных затрат времени и ресурсов: необходимо оборудование (тахеометры, нивелиры, GNSS-приёмники и др.), транспортировка студентов на полигоны, обеспечение безопасности работ. Во-вторых, объективные факторы, такие как погодные условия или труднодоступность разнообразных ландшафтов, могут препятствовать регулярному и разностороннему обучению на местности. Наконец, в условиях массового перехода к дистанционному обучению (в том числе в период пандемии) встаёт задача представлять практико-ориентированное обучение в удалённом формате. Все перечисленные факторы побуждают искать альтернативные или вспомогательные подходы к формированию практических умений и навыков студентов-геодезистов.

Цифровые технологии открывают новые возможности для имитации геодезических процессов и приборов в виртуальной среде. Появление доступных средств виртуальной реальности (VR), высокопропизводительных графических движков и мощных персональных компьютеров позволило создавать реалистичные симуляторы, где студенты могут взаимодействовать с моделями приборов и выполнять учебные задания, приближенные к реальным. Такие интерактивные обучающие среды обеспечивают активное погружение обучающихся в процесс, в отличие от пассивного восприятия на традиционных лекциях. Виртуальный формат способен воспроизвести условия, труднодостижимые в аудитории: различные типы местности, погодные ситуации, производственные сценарии и т.д., без рисков и затрат, сопровождающих реальные выезды на местность. Более того, имитация позволяет заранее подготовить студентов к настоящим полевым работам – отработать технику измерений, освоить методики, что в итоге ведёт к более эффективному использованию времени в реальном поле.

В мировой и отечественной практике уже предпринимались шаги по внедрению виртуальных технологий в обучение геодезии. Ранее создавались десктопные имитационные программы для тренировки отдельных навыков – например, виртуальные лабораторные работы по нивелированию или симуляторы работы с теодолитом. Однако классические 3D-симуляторы на экране компьютера имеют ограничения по уровню погружения: управление через клавиатуру и мышь не позволяет в полной мере воссоздать ощущения работы с прибором, затрудняет восприятие пространства. Последние исследования показывают, что переход к полностью иммерсивным VR-средам (с использованием шлемов виртуальной реальности и контроллеров) значительно повышает реалистичность опыта и вовлечённость обучающихся, что может позитивно влиять на усвоение навыков. В связи с этим актуальна разработка интегрированных интерактивных платформ, позволяющих моделировать комплекс геодезических работ в условной виртуальной местности.

Целью данной работы является описание интерактивной обучающей платформы по геодезии, разработанной автором, и анализ её возможностей как инструмента формирования профессиональных компетенций у студентов. В статье раскрываются актуальность и предпосылки создания такой системы,

приводится описание используемых технологий (Unreal Engine 5, интеграция с GPS/ГНСС и цифровое моделирование приборов), рассматриваются функциональные характеристики платформы (симуляции, обучение, контроль знаний), а также оценивается её роль в профессиональном развитии будущих геодезистов и землеустроителей. Ниже последовательно изложены результаты проведённой работы.

Актуальность цифровых обучающих платформ в геодезии и землеустройстве. Геодезия как наука и практика характеризуется высокой технологичностью и требовательностью к точности и навыкам исполнителей. В современную эпоху геодезическая отрасль стремительно цифровизуется: используются электронные тахеометры, спутниковые системы позиционирования (ГНСС), лазерное сканирование, беспилотные летательные аппараты для аэрофотосъёмки и др. Это предъявляет новые требования к подготовке специалистов – выпускник должен уверенно владеть сложным оборудованием и программным обеспечением, понимать принципы его работы и уметь обрабатывать цифровые данные измерений. Формирование таких компетенций традиционно опирается на практические занятия. Однако, как отмечалось во введении, обеспечить каждому студенту достаточный объём работы с реальными приборами затруднительно. Не каждая кафедра обладает парком современных приборов в нужном количестве, а имитация различных сценариев (например, съемка в горах, в городской застройке, на опасных или труднодоступных объектах) зачастую вовсе невозможна в рамках учебного процесса.

Цифровые обучающие платформы призваны решить эту проблему за счёт создания виртуальных полигонов и приборов. Виртуальная среда обучения геодезии позволяет моделировать различные ситуации: от разбивки съемочного обоснования на открытой местности до съемки рельефа в условиях плотной городской застройки или работы с кадастровой съемкой участка. При этом интерактивность платформы обеспечивает непосредственное участие студента: он выступает в роли оператора приборов, принимая решения и наблюдая результат своих действий в реалистичной модели. Например, уже существуют программные комплексы, где в 3D-окружении можно изучать устройство и принцип работы электронного тахеометра, теодолита, нивелира, а затем отрабатывать измерения этими приборами на модельной местности. Учебные действия (наведение трубы на рейку, отсчёт по кругу, измерение расстояния, считывание координат с приёмника и т.п.) выполняются так же, как в действительности, но в безопасной цифровой среде.

Важным аргументом в пользу развития подобных платформ является возможность дистанционного обучения. Виртуальные лаборатории по геодезии дают шанс проводить практикумы удалённо, что ценно для заочных студентов, для международных образовательных проектов, а также в условиях вынужденного перехода на онлайн-формат обучения. Уже реализованы решения, когда сложный программино-аппаратный комплекс устанавливается в вузе, а студенты подключаются к нему через интернет и получают удалённый доступ к виртуальному тренажёру геодезических работ. Таким образом география обучения расширяется, а сами занятия становятся более гибкими: студент может повторить упражнение несколько раз, пока не достигнет требуемого результата, без опасений сломать дорогой прибор или нарушить технику безопасности.

Наконец, актуальность интерактивных сред обучения обусловлена и стратегическими приоритетами развития образования. Цифровая трансформация образования признана одним из ключевых направлений в государственных программах, и геодезическое образование не является исключением. Внедрение VR/AR-технологий, создание электронных учебных модулей, виртуальных тренажёров для инженерных дисциплин поддерживается на уровне национальных проектов и грантовых программ. Подобные разработки рассматриваются как драйвер модернизации учебного процесса и получения нового качества подготовки кадров. Показательно, что на конкурсах инноваций отмечаются проекты виртуальных полигонов: так, в 2020 г. виртуальный тренажёр геологических маршрутов ТПУ получил премию как «Драйвер цифровой трансформации отрасли», продемонстрировав эффективность применения VR для полевых дисциплин. В геодезии и землеустройстве внедрение интерактивных тренажёров вписывается в общий курс на цифровизацию отрасли и подготовку специалистов новой формации, способных эффективно работать в цифровой среде.

Назначение и особенности разработанной обучающей платформы. Разработанный обучающий сервис представляет собой программную платформу, предназначенную для студентов вузов по направлениям «Геодезия и дистанционное зондирование», «Землеустройство и кадастры» и родственным специальностям. Его основное назначение – содействие формированию у обучающихся прочных практических навыков проведения геодезических работ и освоение современных геодезических технологий в интерактивной форме. Платформа служит своего рода виртуальным полигоном и одновременно виртуальной лабораторией, где студент может шаг за шагом выполнять типичные профессиональные задачи геодезиста.

В основу заложен принцип приближения к реальной деятельности. Это означает, что все этапы работы, от подготовки оборудования до получения итоговых данных, воспроизводятся максимально близко к тому, как это происходит на практике. Студент, запуская модуль, получает задание (например,

выполнить установление границ участка), далее ему предоставляется необходимый инвентарь (виртуальные приборы, штативы и пр.) и доступна интерактивная местность. Последовательно выполняя задания, обучающийся учится правильно устанавливать прибор, ориентировать его, производить измерения, фиксировать результаты и обрабатывать полученные данные. Платформа может использоваться как в ходе аудиторных занятий (например, преподаватель может демонстрировать работу прибора на экране и затем давать задания студентам), так и в самостоятельной работе обучающихся вне аудитории.

Отдельно стоит подчеркнуть ориентированность сервиса на начинающих специалистов. Целевая аудитория – не только студенты, но и молодые инженеры-землеустроители, которым требуется отработать навыки перед выходом на реальный объект. Платформа может применяться при повышении квалификации, в центрах дополнительного образования, на курсах переподготовки – везде, где нужно быстро и безопасно обучить работе с новым оборудованием или технологией. В отличие от реального полигона, виртуальный не зависит от сезона и региона: молодой специалист, не отходя от компьютера, может потренироваться в съёмке рельефа горной местности или в выполнении разбивочных работ на строительстве – те ситуации, с которыми ему вскоре предстоит столкнуться. Таким образом, разработанный сервис призван стать инструментом перехода от теории к практике, своего рода «мостом» между учебной аудиторией и производственным участком.

Следует отметить, что аналогичные продукты уже появляются на рынке учебного оборудования по геодезии, что подтверждает правильность выбранного направления. Например, существуют коммерческие виртуальные стенды «Прикладная геодезия», предлагаемые для вузов, – они позволяют проводить групповые практические занятия дистанционно, через подключение к предустановленному в университете комплексу. Другие отечественные разработки включают виртуальные учебные комплексы, где студенты изучают устройство и принцип работы тахеометра, теодолита, нивелира и учатся измерять параметры местности с их помощью. Наш сервис развивает эти идеи, предлагая более современную технологическую основу и расширенный функционал, ориентированный на широкий спектр задач землеустройства.

Роль интерактивной среды в формировании профессиональных компетенций. Внедрение описанной интерактивной платформы в образовательный процесс направлено на развитие у студентов целого комплекса профессиональных компетенций, необходимых современному специалисту в сфере геодезии и землеустройства. Под профессиональными компетенциями в данном контексте подразумевается совокупность знаний, умений и опыта, позволяющих эффективно выполнять рабочие функции геодезиста. Рассмотрим, каким образом виртуальная обучающая среда способствует формированию ключевых компетенций:

Примеры применения интерактивных тренажёров в образовании. На сегодня интерактивные обучающие среды по геодезии находятся в стадии активной разработки и экспериментального внедрения. Тем не менее, уже можно привести некоторые примеры и кейсы их применения в образовательной практике, подтверждающие эффективность данного инструмента.

В зарубежных вузах проводились пилотные проекты по использованию VR-тренажёров для геодезистов.

Так, группа исследователей разработала иммерсивный VR-симулятор работы с электронным тахеометром, позволивший студентам в шлеме виртуальной реальности выполнять измерения и манипулировать тахеометром так же, как в поле. Были проведены оценочные сессии с участием экспертов и студентов, которые показали высокую реалистичность подхода и его потенциал для обучения – пользователи действительно ощущали, что учатся работать с прибором, и положительно оценили опыт. Другой пример – программный комплекс SurReal (Surveying Reality), разработанный в Пенсильванском университете (США) для проведения виртуальных лабораторных работ по геодезии. В нём реализовано несколько сценариев, включая нивелирование и топографическую съёмку. Примечательно, что точность, достигнутая студентами в виртуальных измерениях, сравнима с реальной: например, при выполнении нивелирного хода в симуляторе суммарная невязка составила всего 1 мм, что эквивалентно полевому результату высокого качества. Это демонстрирует, что виртуальная среда способна дать не «игрушечный», а вполне профессиональный опыт, с соблюдением требований точности. Данный комплекс успешно применялся для дистанционного обучения в период пандемии, позволив заменить очные практики на виртуальные без потери качества.

В Европе также ведётся работа над подобными системами. В Техническом университете Граца (Австрия) создана экспериментальная платформа VRsurv для 3D-планирования геодезических работ и обучения студентов. Она ориентирована на задачи мониторинга сооружений и высокоточных сетей, позволяя размещать виртуальные тахеометры и отражатели в модели реального объекта (например, дамбы или моста) и проверять видимость, оптимальное расположение приборов и т.д. Эта система изначально создавалась для научных целей – планирования геодезических сетей, но в то же время оказалась полезной в образовательном процессе, так как студенты могут экспериментировать с конфигурацией сетей

и сразу видеть последствия своих решений. Разработчики отмечают, что применение VR-очков дало намного более глубокий эффект присутствия, чем прежние экранные модели, и студенты лучше поняли пространственные отношения в задаче. Интересно, что в данном проекте сделан акцент на игровые элементы (gameful design) – введены соревновательные и мотивационные механики, чтобы повысить вовлеченность обучающихся. Это совпадает с мировым трендом геймификации образования.

В российских вузах примеры использования VR в геодезии пока единичны, но смежные области дают позитивные сигналы. Как отмечалось ранее, в Томском политехническом университете разработан виртуальный геологический полигон – уникальный ресурс, где отрабатываются навыки проведения геологических маршрутов в формате игры от первого лица. Хотя это несколько иная дисциплина, общая методология близка: есть виртуальная местность, персонаж-студент, задания по сбору образцов и описанию геологических разрезов. Опыт ТПУ показал, что студенты гораздо активнее вовлекаются в процесс и осваивают материал полевого практикума лучше по сравнению с традиционными методами, а сам проект получил признание как важное инновационное решение. Аналогично, можно ожидать, что внедрение виртуальных тренажёров по геодезии (нивелирование, съемка, кадастровые работы) будет встречено положительно. Уже сейчас некоторые университеты испытывают коммерческие отечественные решения: виртуальные стенды по геодезии используются для дистанционного обучения, особенно в период ограничений на очные занятия. Преподаватели отмечают, что даже студенты младших курсов, не державшие в руках настоящий теодолит, после работы с его виртуальным аналогом легко осваиваются с реальным прибором в дальнейшем – у них сформировано представление о его устройстве и навыки основных настроек.

Конечно, практическое применение интерактивных платформ требует методического обеспечения. Лучшие результаты достигаются, когда VR-практикумы встроены в общую структуру курса и дополняются обсуждением, разбором ошибок, сопоставлением с реальными измерениями. Тем не менее, приведённые примеры демонстрируют, что цифровые тренажёры геодезии уже из опытно-экспериментальной фазы переходят в фазу внедрения, и накопленный опыт подтверждает их эффективность как учебного инструмента.

Выводы. Цифровая трансформация образования в сфере геодезии и землеустройства открывает качественно новые горизонты для подготовки специалистов. Проведённое исследование, посвящённое разработке интерактивной среды обучения геодезии, показывает, что современные технологии (игровые 3D-движки, виртуальная реальность, имитационное моделирование приборов) способны воспроизвести в учебных условиях ключевые аспекты профессиональной деятельности геодезиста.

Главные выводы, которые можно сделать на основе проведённой работы и обзора опыта, заключаются в следующем. Во-первых, актуальность разработки цифровых обучающих платформ в геодезии не вызывает сомнений: они становятся ответом на вызовы времени, позволяя преодолеть ограничения традиционных методов обучения и повысить его эффективность. Во-вторых, технологическая реализация на современном уровне (UE5, VR, сетевые возможности) обеспечивает высокий уровень реализма и интерактивности, достаточный для решения учебных задач профессиональной направленности. В-третьих, функциональность подобных систем может охватывать все этапы обучения – от ознакомления с прибором до итогового контроля навыков, что делает их универсальным инструментом в образовании. Наконец, в-четвёртых, педагогический эффект от внедрения интерактивных сред выражается в более глубоком усвоении практических навыков и повышении мотивации студентов, что в конечном счёте отражается на качестве подготовки выпускников.

Значимость цифровой трансформации для образования землеустроителей и геодезистов трудно переоценить. Сегодня отрасли нужны специалисты, свободно владеющие и традиционными методами,

и новейшими технологиями сбора и обработки пространственных данных. Интерактивная обучающая среда, описанная в статье, вносит вклад в достижение этой цели, предоставляя будущим профессионалам безопасный полигон для приобретения опыта. Конечно, виртуальная практика не заменяет полностью работу в реальном мире – скорее, она дополняет и обогащает её. Оптимальным видится сочетание: студенты сначала отрабатывают базовые приёмы и сценарии в симуляторе, а затем закрепляют их на реальных приборах в полевых условиях, уже подготовленными и уверенными в своих действиях.

Перспективы развития подобных систем включают дальнейшее расширение функционала (например, интеграция технологий дополненной реальности для совмещения виртуальных и реальных объектов), создание общедоступных библиотек виртуальных полигонов, обмен опытом между вузами через объединённые VR-платформы. Также актуальна научно-методическая работа по оценке эффективности VR-обучения: накопление статистики успеваемости, исследование влияния иммерсивности на качество знаний, адаптация педагогических методик под новые инструменты.

В заключение отметим, что внедрение интерактивных тренажёров полностью соответствует стратегическому курсу на цифровизацию образования и подготовки кадров для экономики будущего. Подобные проекты, как показано на примере разработанной платформы, не только повышают уровень профес-

сиональных компетенций студентов, но и формируют у них цифровую культуру, готовность к постоянному обучению и освоению новых технологий в течение всей карьеры. Таким образом, интерактивная среда обучения геодезии выступает важным инструментом формирования конкурентоспособных специалистов и обеспечения преемственности знаний в условиях стремительного технологического прогресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bolkas D., Chiampi J., Fioti J., Gaffney D. Surveying Reality (SurReal): Software to Simulate Surveying in Virtual Reality // ISPRS International Journal of Geo-Information. — 2021. — Vol. 10, no. 5. — P. 296[18][2].
2. Bauer P., Lienhart W. VRsurv: A Virtual Planning and Educational Tool for Surveying Tasks // Proceedings of FIG Congress 2022 (Warsaw, Poland, 11–15 Sept 2022). — 2022[14][4].
3. Mazzoni L. N. et al. Immersive Learning in Teaching Geomatics for Engineering Students // Immersive Learning Research Network Conference (iLRN 2025), CCIS 2598. — 2025. — Pp. 327–342[1].
4. ПрограмЛаб. Учебные комплексы. Геодезия – Каталог продукции [Электронный ресурс][10]. — Режим доступа: <https://pl-llc.ru/catalog/stroitelstvo/geodeziya/> (дата обращения: 15.10.2025).
5. StendLab. Виртуальный лабораторный стенд "Прикладная геодезия" – Учебное оборудование и виртуальные симуляторы [Электронный ресурс][19]. — Режим доступа: <https://stendlab.ru/product/virtualnyj-laboratornyj-stend-prik/> (дата обращения: 15.10.2025).
6. ТПУ. Виртуальный геологический полигон – образовательный VR-ресурс [Электронный ресурс][13]. — Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/ceor/sim> (дата обращения: 15.10.2025).

УДК 004.8

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В ОБРАЗОВАНИИ

Н. К. ГАЙКЕВИЧ
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В последние годы чат-боты становятся все более популярными в образовательной среде. Они представляют собой инновационные инструменты, которые могут значительно улучшить процесс обучения. В данной статье рассматриваются основные преимущества использования чат-ботов в образовании, включая повышение вовлеченности студентов, доступность образовательных ресурсов и возможность персонализации обучения. Чат-боты не только упрощают взаимодействие между преподавателями и студентами, но и способствуют созданию более интерактивной и увлекательной образовательной среды.

Ключевые слова: Чат-боты, образование, вовлеченность, персонализация, доступность, технологии, интерактивное обучение.

Введение. Современные технологии стремительно меняют подходы к обучению. Чат-боты, как один из примеров применения искусственного интеллекта, предоставляют новые возможности для студентов и преподавателей. Они могут быть использованы для интерактивного обучения, проверки знаний и предоставления образовательных материалов. Чат-боты представляют собой виртуальных помощников, которые могут поддерживать учащихся в их образовательном процессе, отвечая на вопросы и предоставляя информацию в удобном формате.

Основная часть. Преимущества чат-ботов в образовании

1. Повышение вовлеченности студентов

- Чат-боты могут значительно повысить интерес студентов к учебному процессу. Используя игровые элементы и интерактивные задания, они делают обучение более увлекательным. Например, в презентации, подготовленной студентами Полоцкого государственного университета, упоминается, что геймификация помогает улучшить усвоение материала. Студенты могут участвовать в викторинах, получать баллы за правильные ответы и соревноваться с другими, что стимулирует их активность и желание учиться.

2. Доступность образовательных ресурсов

- Чат-боты обеспечивают круглосуточный доступ к образовательным материалам. Студенты могут задавать вопросы и получать ответы в любое время, что особенно актуально для тех, кто учится в своем темпе. Доступность 24/7 позволяет обучаться независимо от времени и места, что делает обучение более гибким. Этот аспект особенно важен в условиях дистанционного обучения, когда студенты могут испытывать трудности с доступом к традиционным образовательным ресурсам.

3. Персонализация обучения

- Чат-боты могут адаптировать контент под индивидуальные потребности каждого пользователя. Это позволяет создавать персонализированные пути обучения, что особенно важно для студентов с разными уровнями подготовки. В представленной презентации упоминается, что чат-бот может предлагать тесты и материалы, соответствующие уровню знаний пользователя. Персонализированный подход способствует более глубокому усвоению материала и повышает мотивацию студентов.

4. Интерактивное обучение

- Чат-боты предлагают формат вопросов и ответов, который способствует активному участию студентов в обучении. Такой подход позволяет лучше усваивать информацию и развивать критическое мышление. Например, в рамках платформы, описанной в презентации, студенты могут проходить тесты и получать мгновенную обратную связь. Интерактивные элементы, такие как опросы и викторины, делают процесс обучения более динамичным и интересным.

5. Снижение нагрузки на преподавателей

- Чат-боты могут взять на себя рутинные задачи, такие как проверка тестов и ответ на часто задаваемые вопросы, что позволяет преподавателям сосредоточиться на более сложных аспектах обучения и взаимодействии со студентами. Это также позволяет преподавателям более эффективно использовать свое время и ресурсы, что в конечном итоге приводит к улучшению качества образования.

6. Улучшение обратной связи

- Чат-боты могут собирать и анализировать данные о процессе обучения, предоставляя преподавателям ценную информацию о том, как студенты усваивают материал. Это позволяет преподавателям адаптировать свои методы обучения и улучшать образовательные программы. Обратная связь может быть автоматизирована, что значительно ускоряет процесс анализа и принятия решений.

Заключение. Чат-боты представляют собой мощный инструмент в образовательном процессе. Их использование позволяет повысить вовлеченность студентов, обеспечить доступность и персонализацию обучения, а также снизить нагрузку на преподавателей. Внедрение чат-ботов в образовательные учреждения может стать шагом к более эффективному и современному обучению. В условиях быстро меняющегося мира технологий, использование чат-ботов становится не просто преимуществом, а необходимостью для образовательных учреждений, стремящихся оставаться конкурентоспособными и актуальными.

ЛИТРАТУРА

1. Чат-боты в образовании: новые горизонты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.edutainme.ru/chats-in-education>. Дата обращения: 31.05.2025.
2. Использование чат-ботов в образовательном процессе: преимущества и недостатки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science>. Дата обращения: 01.06.2025.
3. Геймификация обучения: как чат-боты могут изменить образовательный процесс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/obrazovanie/510876-geymifikaciya-obucheniya-kak-chat-boty-mogut-izmenit-obrazovatelnye-processy>. Дата обращения: 01.06.2025.
4. Чат-боты как инструменты повышения вовлеченности студентов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.hse.ru/en/edu/news/education>. Дата обращения: 02.06.2025.

УДК 628.9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОГРАММНЫМ И АППАРАТНЫМ МЕТОДАМИ

Е. В. ГИРОН

(Представлено: Е. С. БОРОВКОВА)

Представлены результаты сравнительного анализа точности измерения освещенности с использованием специализированного прибора-люксметра MS6610 и программного обеспечения, установленного на смартфоне. Экспериментально доказана допустимая для ряда практических задач точность измерения освещенности мобильным приложением, что открывает возможности для его использования в образовательных и предпроектных исследованиях.

Введение. Фотометрия, как наука, занимается измерением световых характеристик, таких как сила света, освещенность, яркость и световой поток. Эти величины являются основополагающими для разработки и оптимизации осветительных приборов, создания эффективных систем визуализации и контроля качества в производстве. Знание и правильное использование фотометрических величин позволяет не только улучшать условия освещения, но и экономить энергетические ресурсы, что особенно актуально в условиях современного общества, стремящегося к устойчивому развитию и энергосбережению. Освещение играет ключевую роль в создании комфортной и безопасной среды для работы, учебы и повседневной деятельности. Качество освещения напрямую влияет на продуктивность, зрительное восприятие и даже психоэмоциональное состояние человека. В условиях активного развития мобильных технологий и повсеместного распространения смартфонов актуальным становится вопрос о возможности их использования для решения инженерных и научно-практических задач. Одной из таких задач является измерение уровня освещенности. Специализированные приборы, люксметры, обеспечивают высокую точность, но имеют высокую стоимость и малодоступны для широкого круга пользователей. В свою очередь, мобильные приложения, использующие встроенные датчики освещенности, являются доступной альтернативой. Целью данного исследования являлась сравнительная оценка точности измерений освещенности, полученных с помощью программного обеспечения Lux на смартфоне и профессионального люксметра MS6610.

Методика эксперимента. Для проведения сравнительного анализа использовался профессиональный люксметр MS6610 (в качестве эталонного прибора) и смартфон с установленным специализированным приложением Lux, для измерения освещенности. Люксметры предназначены для измерения освещенности. Они применяются для оценки уровня освещения в различных условиях, будь то жилые помещения, рабочие зоны или улицы. Люксметр состоит из фотодетектора (обычно фотодиода или фотоэлемента), усилителя сигнала и цифрового или аналогового индикатора. Принцип работы заключается в том, что фотодетектор преобразует световую энергию в электрический сигнал, который затем усиливается и преобразуется в значение освещенности, отображаемое на экране прибора [6].

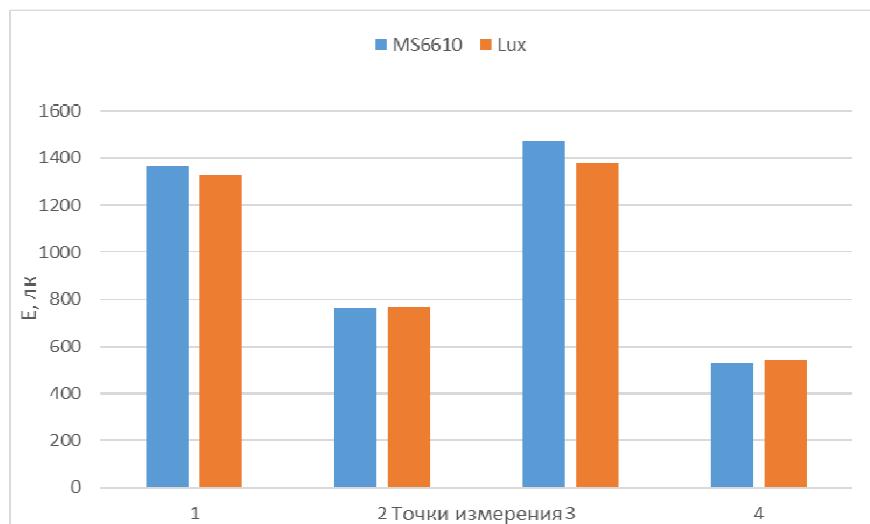


Рисунок 1. – Сравнение значений измерительных приборов

Экспериментальные измерения проводились в четырех различных точках помещения, характеризующихся разным уровнем освещенности – от низкого до высокого. Это позволило оценить работу методов в широком диапазоне значений. Для обеспечения корректности сравнения замеры в каждой точке двумя устройствами проводились последовательно в течение минимального временного интервала для исключения влияния изменения внешних условий. Нумерация точек измерения (1, 2, 3, 4) является сквозной и соответствует приведенным результатам. На рисунке 1 представлены результаты измерений.

Как показывают расчеты, относительная погрешность измерений с помощью смартфона не превысила 6.5% во всем диапазоне измеренных значений. Наибольшее расхождение зафиксировано в точке с максимальной освещенностью (Точка 3), что может быть связано с нелинейностью отклика встроенного в смартфон датчика в области высоких значений или особенностями его калибровки. В области средних и низких значений освещенности (Точки 2 и 4) точность программного метода оказалась весьма высокой, с погрешностью менее 2.5%.

Заключение. Проведенный эксперимент демонстрирует, что современные мобильные приложения для измерения освещенности способны обеспечивать удовлетворительную для ряда практических применений точность. Полученная средняя погрешность в пределах 5-7% позволяет рекомендовать данный метод для образовательных целей, проведения предварительных экспресс-замеров и сравнительного анализа освещенности в различных зонах помещения, где не требуется высокая метрологическая точность.

Основными преимуществами программного метода являются его доступность, низкая стоимость и оперативность. К ограничениям следует отнести потенциальную необходимость индивидуальной калибровки под конкретную модель смартфона и возможную нелинейность измерений на краях диапазона. Таким образом, пока профессиональный люксметр остается незаменимым инструментом для точных и аттестованных измерений, программный метод на основе смартфона представляет собой валидный и полезный инструмент для широкого круга непрофессиональных и учебных задач.

Перспективы дальнейших исследований включают более глубокое изучение новых материалов и технологий, применяемых в светотехнике, а также разработку инновационных методов измерения и анализа фотометрических величин. Это позволит улучшить качество освещения и повысить энергоэффективность осветительных систем, что имеет важное значение в контексте глобальных усилий по снижению энергопотребления и охране окружающей среды. Традиционные методы измерений с помощью люксметров требуют значительных временных и материальных затрат, в то время как компьютерное моделирование позволяет быстро проанализировать различные сценарии освещения, оптимизировать расположение источников света и минимизировать энергопотребление. Кроме того, моделирование дает возможность учесть такие факторы, как отражение света от поверхностей, наличие препятствий и естественное освещение, что делает его незаменимым инструментом для проектировщиков и инженеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландсберг Г.С Оптика. Учеб. пособие: Для вузов – 6-е изд., стереот. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2003 – 848 с. – ISBN 5-9221-0314-8.
2. Оптика: Учебное пособие. 3-е изд., доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 608 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. IV.Оптика. – 3-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 792 с. – ISBN 5-9221-0228-1.
4. Гуреви М. М. Фотометрия (теория, методы и приборы). –2-е изд. перераб. и доп. –Л.: Энергоатомиздат, 1983-272 с., ил.
5. Физическая энциклопедия. Гл. ред. Прохоров А. М. — М.: «Большая Российская энциклопедия», 1994.
6. Wiфровой люксметр MS-6610 Инструкция по эксплуатации

УДК 628.9

СРАВНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ С ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛЬЮ

E. B. ГИРОН
(Представлено: Е. С. БОРОВКОВА)

Представлены результаты разработки программного модуля для расчета и визуализации распределения освещенности в помещении. Модуль реализован на языке Python с использованием библиотеки PyQt5 и основан на фундаментальных законах фотометрии. Проведена валидация модели путем сравнения расчетных данных с экспериментальными измерениями в учебной аудитории. Показана практическая применимость инструмента для образовательных и проектных задач.

Введение. Качество освещения является критически важным фактором, влияющим на комфорт, безопасность и продуктивность деятельности человека в закрытых пространствах. Традиционные методы оценки освещенности с помощью люксметров требуют значительных временных и материальных затрат, особенно на этапе проектирования. В этой связи актуальной задачей становится разработка инструментов компьютерного моделирования, позволяющих прогнозировать световую обстановку с достаточной для практики точностью.

Методы и алгоритмы. В основе разработанного программного модуля лежит гибридный подход, комбинирующий метод точечных расчетов и элементы лучевой трассировки для учета сложных световых эффектов. Расчет прямой освещенности от точечного источника выполняется на основе модифицированного закона обратных квадратов с учетом угла падения света:

$$E = \frac{I \cos^n \theta}{r^2 \tau},$$

где I – сила света (кд), θ – угол падения, r^2 – расстояние до источника (м), n – показатель концентрации светового потока, τ – коэффициент пропускания среды.

Для учета отраженного света реализована модель на основе закона Ламберта для диффузного отражения. Интенсивность отраженного света рассчитывается как:

$$L = \frac{\rho E}{\pi},$$

где L – яркость ($\text{кд}/\text{м}^2$), ρ – коэффициент отражения материала поверхности, E – падающая освещенность (лк).

Моделирование теней и затенения от объектов осуществляется с помощью функции видимости. Для расчета мягких теней применяется упрощенный метод Монте-Карло, при котором освещенность в точке определяется усреднением по нескольким лучам, отправляемым в направлении источника.

Алгоритм также учитывает естественное освещение от оконных проемов. Освещенность от окна моделируется как диффузный источник, интенсивность которого убывает с расстоянием от проема.

Программный модуль реализован на языке Python. Для построения графического интерфейса использована библиотека PyQt5, что обеспечило кроссплатформенность и высокую степень интерактивности. Вычислительное ядро использует библиотеку NumPy для эффективных матричных операций.

Интерфейс и функциональность. Интерфейс программы разделен на две основные панели: управления и графическую. На панели управления пользователь может:

1. Выбирать материалы для поверхностей (стен, пола, потолка) из базы данных, содержащей их оптические свойства (коэффициент отражения, цвет).
2. Выбирать тип и мощность источников искусственного освещения (светодиодные, люминесцентные, прожекторы).
3. Добавлять и удалять источники света непосредственно на плане помещения.
4. Задавать высоту расчетной плоскости, качество расчета и активировать учет затенения от объектов мебели.

Экспериментальная проверка. Для валидации разработанной модели был проведен натурный эксперимент в учебной аудитории. Замеры освещенности выполнялись с помощью мобильного приложения Lux в шести контрольных точках на трех высотах (0 м, 1.5 м, 1.8 м). Искусственное освещение было изолировано от естественного.

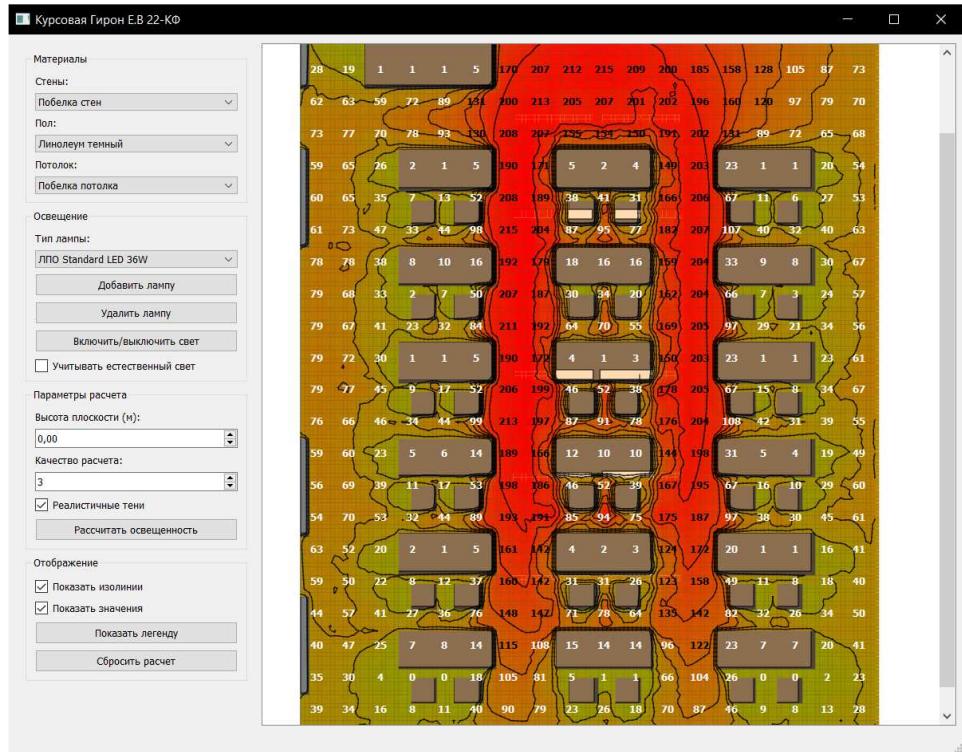


Рисунок 1. – Интерфейс программы

В той же конфигурации было проведено моделирование в программе. Сравнение экспериментальных и расчетных данных показало сходный характер распределения освещенности, особенно на высотах 1.5 м и 1.8 м.

Таблица 1. – Значения люкс в разных точках аудитории

Высота, м	Значение в точке 1, лк	Значение в точке 2, лк	Значение в точке 3, лк	Значение в точке 4, лк	Значение в точке 5, лк	Значение в точке 6, лк
0	211	266	352	262	262	296
1,5	336	371	523	387	326	443
1,8	418	375	590	412	343	463

Таблица 2. – Значения люкс в полученные в программе

Высота, м	Значение в точке 1, лк	Значение в точке 2, лк	Значение в точке 3, лк	Значение в точке 4, лк	Значение в точке 5, лк	Значение в точке 6, лк
0	182	190	150	158	173	180
1,5	336	348	421	395	303	380
1,8	434	361	418	458	320	413

Наблюдаемые расхождения (в среднем 10-20%) могут быть объяснены рядом факторов: неидеальным соответствием геометрии модели реальному помещению, старением и загрязнением реальных светильников, а также упрощениями в математической модели (ограничение числа переотражений, идеализированная форма КСС).

Заключение. В результате работы был разработан и протестирован программный модуль для моделирования освещенности помещений. Программа демонстрирует адекватное физической реальности поведение и может быть использована в образовательном процессе для наглядной демонстрации законов фотометрии, а также на предпроектной стадии для сравнительного анализа различных сценариев освещения.

ЛИТЕРАТУРА

- Ландсберг Г.С Оптика. Учеб. пособие: Для вузов – 6-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 – 848 с. – ISBN 5-9221-314-8.

2. Оптика: Учебное пособие. 3 – изд., доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 608 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб, пособие: Для вузов. В 5 т. Т. IV. Оптика. – 3–е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 792 с. – ISBN 5-9221-0228-1.
4. Гуреви М. М. Фотометрия (теория, методы и приборы). –2–е изд. перераб. и доп. –Л.: Энергоатомиздат, 1983—272 с., ил.
5. Физическая энциклопедия. Гл. ред. Прохоров А. М. – М.: «Большая Российская энциклопедия», 1994.
6. Айзенберг, Ю.Б. Справочная книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберг. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
7. Кнорринг, Г.М. Светотехнические расчеты в проектах наружного освещения / Г.М. Кнорринг. – Л. : Энергия, 1983. — 248 с.
8. Boyce, P.R. Human Factors in Lighting / P.R. Boyce. – 3rd ed. – CRC Press, 2014. – 640 р.
9. Набор Python библиотек для создания графического интерфейса – PyQt5. Режим доступа: <https://pypi.org/project/PyQt5/>. – Дата доступа: 17.05.2025.

УДК 62-503.51

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Э. Д. ИГНАТОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В статье представлена обобщённая схема оптической системы передачи информации. Показаны возможные виды оборудования систем передачи данных.

Ключевые слова: Мультиплексор, цифровые каналы, мультиплексирование, промежуточные станции.

Введение. Оптические сети - высокоскоростные системы передачи данных, основанные на использовании оптоволоконных линий. Они преобразуют электрические сигналы в световые и обратно, обеспечивая эффективную передачу информации на большие расстояния.

На рисунке 1 представлена обобщённая схема оптической системы передачи, в которой блоками отображены возможные виды оборудования систем передачи.

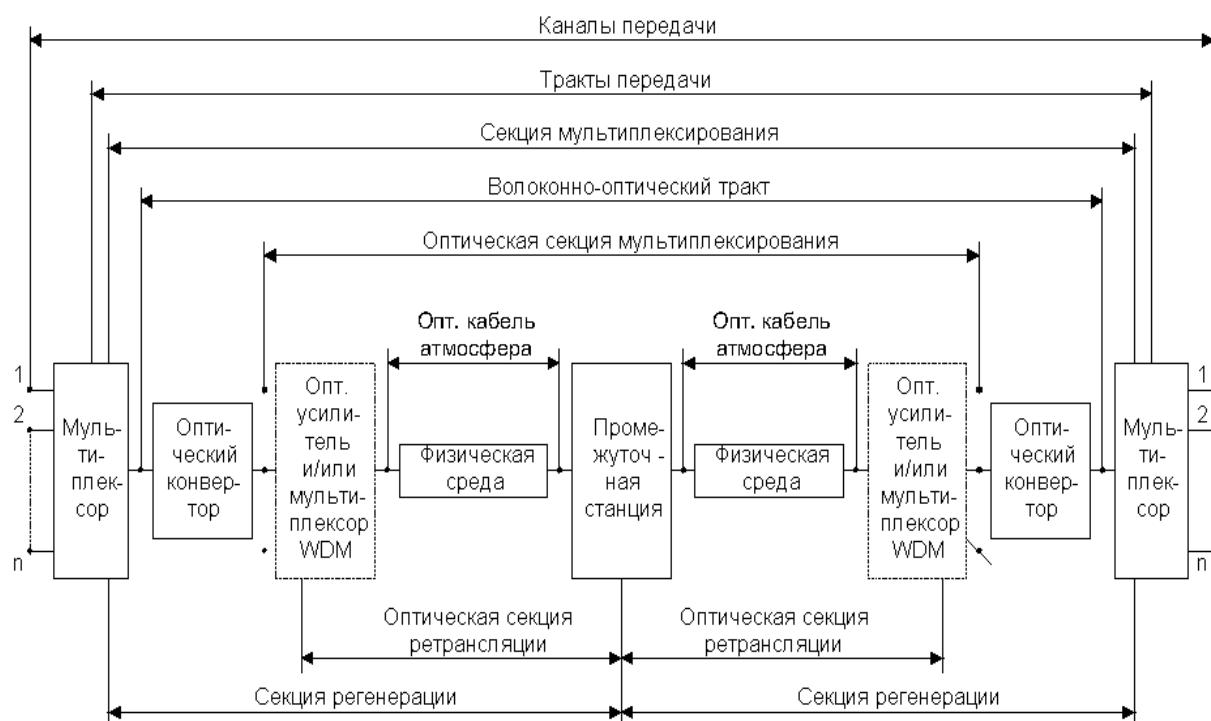


Рисунок 1. – Обобщенная схема оптической системы передачи

Мультиплексор – устройство, обеспечивающее объединение нескольких независимых каналов на передаче и их разделение на приеме. Мультиплексор объединяет как аналоговые, так и цифровые каналы. Основным аналоговым каналом является канал тональной частоты со спектром 0,3 – 3,4 кГц. Могут быть аналоговые каналы и с другими характеристиками, типовые:

- первичные (60, 108 кГц);
- вторичные (312, 552 кГц);
- третичные (812, 2044 кГц)

и специальные:

- звуковое вещание в спектре 0,03, 15 кГц;
- телевизионные в спектре 0,05 кГц, 6,5 МГц.

Цифровые каналы также имеют определенные стандарты скоростей передачи данных. Основной цифровой канал 64 кбит/с формируется на основе импульсно-кодовой модуляции ИКМ (дискретизация тонального сигнала во временном интервале 125 мкс и восьмиразрядное кодирование). Другие цифровые каналы определены как:

- первичный цифровой канал – 2 048 кбит/с;
- вторичный цифровой канал – 8 448 кбит/с;
- третичный цифровой канал – 34 368 кбит/с;
- четверичный цифровой канал – 139 264 кбит/с.

В аналоговых и цифровых каналах могут передаваться информационные сигналы с соответствующим спектром или скоростью данных. Процедуры преобразования аналоговых сигналов в цифровые и наоборот подробно обсуждаются в. В оптических системах передачи основное применение получили цифровые мультиплексоры, т.к. образуемые ими групповые сигналы представлены в двоичном коде, который придает высокую помехоустойчивость передаваемой информации. Однако в коротких линиях оптической связи применяются и аналоговые методы мультиплексирования, например, телевизионных каналов для сетей кабельного телевидения.

Широкое распространение получили цифровые мультиплексоры технологий:

- **PDH**, Plesiochronous Digital Hierarchy – плезиохронной цифровой иерархии;
- **SDH**, Synchronous Digital Hierarchy – синхронной цифровой иерархии;
- **ATM**, Asynchronous Transfer Mode асинхронного режима передачи.

Мультиплексирование также может быть реализовано для оптических каналов (анalogовых и цифровых). Аналоговые оптические мультиплексоры позволяют объединять/делить определенное количество каналов, образованных на различных оптических несущих частотах в окнах прозрачности одномодовых оптических волокон. Например, в третьем окне прозрачности (1530-1565 нм) определено местоположение 41 частоты от 1528,77 нм до 1560,61 нм с интервалом не более 2 нм. Такой вид мультиплексирования получил название мультиплексирование с разделением по длине волны – **Wavelength Division Multiplexing, WDM**. Существуют и другие виды мультиплексирования с разделением по длине волны (**CWDM**, **DWDM**).

Цифровое оптическое мультиплексирование, называемое оптическим мультиплексированием с разделением по времени **OTDM**, Optical Time Division Multiplexing, пока не получило широкого распространения из-за ряда технологических проблем реализации оптических мультиплексоров коротких импульсов. Однако оно может найти применение в оптических системах передачи с использованием солитонов.

Оптический конвертор в системе передачи выполняет главные функции в преобразовании электрических сигналов в оптические на передаче и оптических в электрические с их регенерацией на приеме. Обобщенная структурная схема конвертора цифровых сигналов представлена на рисунке 2.

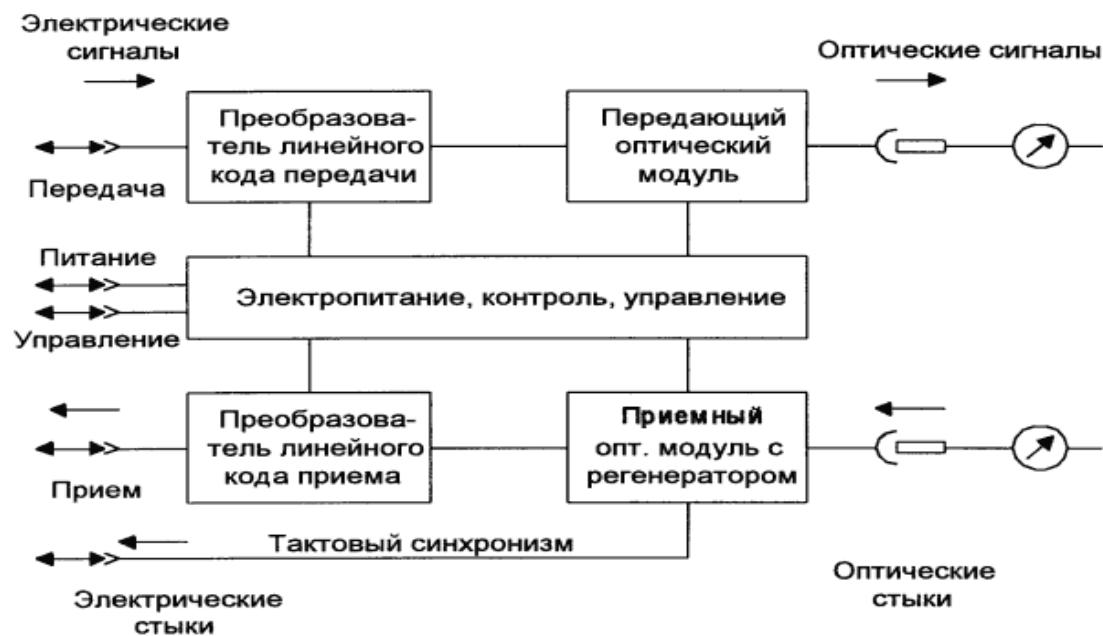


Рисунок 2. – Оптический конвертор

Преобразователь линейного кода цифрового сигнала формирует сигнал с повышенной помехоустойчивостью передачи. Передающий оптический модуль (ПОМ) обеспечивает модуляцию оптического

излучения и стык с оптической средой (атмосферой или волоконной линией). Приемный оптический модуль (ПрОМ) преобразует оптическое излучение в электрический сигнал, производит коррекцию искажений, усиление и регенерацию цифрового сигнала. При этом выделяется тактовая частота, которая используется для синхронизации приемной части мультиплексора для правильного демультиплексирования каналов.

Функции конвертора полностью контролируются и могут быть управляемыми благодаря встроенным средствам, например, микроконтроллерам.

В состав системы передачи могут входить оптические усилители (ОУс), которые позволяют увеличить мощность одноволнового или многоволнового сигнала на передающей стороне или повысить чувствительность приемника. Оптические усилители имеют хорошо согласованные характеристики с оптическими передатчиками, приемниками и волоконно-оптическими линиями.

Промежуточные станции оптической системы передачи могут быть представлены различными устройствами: электронными регенераторами, оснащенными оптическими конверторами; электронными мультиплексорами с доступом к определенному числу каналов; оптическими усилителями, служащими для ретрансляции оптических сигналов, оптическими мультиплексорами с формированием доступа к отдельным оптическим каналам. В состав мультиплексоров промежуточных станций могут входить электрические и оптические кроссовые коммутаторы.

Заключение. Разработанная схема, как и данное устройство уже имеет и оправдывает свое применение, что дает основание считать производство данного устройства целесообразным и экономически выгодным.

После проверки на практике разработанного алгоритма целесообразно считать, что устройство работает быстро, скорость передачи высокая, схема работает и выполняет свою функцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев, А. Л. Оптические системы передачи информации: учеб. пособие / А. Л. Дмитриев.. - СПб: СПбГУИТМО, 2007. - 96 с.

УДК 621.371: 550.837.6

КОНТРАСТ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД НАД УГЛЕВОДОРОДАМИ В РЕЖИМЕ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

М. В. ИЗОИТКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Проведено исследование влияния концентрации частиц на электродинамические характеристики анизотропных сред в режиме низкочастотного взаимодействия электромагнитных волн. За основу была взята аналоговая модуляция. Установлены закономерности изменения контраста отражательных характеристик при вариации углов падения электромагнитных волн на исследуемый профиль местности и частоты модуляции несущего колебания для расширения режимов тестирования при организации геологоразведочных работ. Отмечено, что использование широкого спектра частот зондирующих сигналов расширяет возможности для повышения эффективности проведения геологоразведочных работ. Полученные результаты математического моделирования взаимодействия могут быть использованы для поисковой геофизики с целью обнаружения месторождений нефти и газа.

Ключевые слова: углеводородная залежь, коэффициент отражения, амплитудно-модулированный сигнал, контраст.

Введение. Актуальность применения различных режимов взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с анизотропными средами (АС) над углеводородами вызвана расширением режимов тестирования данных сред и, следовательно, развитием методов поиска и обнаружения углеводородных залежей (УВЗ) [1]. При этом применяются методы исследований углеводородов и твердых полезных ископаемых, отражающие процессы в области физики Земли, включая решение поисковых задач для региональной, поисково-картировочной и разведочной геофизики [3]. Используются методы измерения сопротивления слоев сред с подключением скважинных электродов, которые являются более чувствительными по сравнению с поверхностными измерениями [4]. Численные характеристики для поля вызванной поляризации с применением параметров анализируемой модели Cole-Cole на базе дифференциально-нормированного метода электроразведки используются в методах по определению наличия залежей углеводородов [5].

Электросопротивление пласта, определяемое по данным электромагнитной съемки, может дать более точную оценку общей объемной доли гидрата, чем данные сейсморазведки и каротажа скважин [2]. Широко используются различные виды мониторинга углеводородов, например для электроразведки карбонатных коллекторов методом 4Д [7].

Методика исследований. Целью данной работы является проведение математического моделирования в режиме взаимодействия с АС радиосигнала тональной амплитудной модуляции вида

$$e(t) = E(1 + k_m \cos \Omega t) \cos \omega t, \quad (1)$$

где E – амплитуда несущего колебания;

k_m – коэффициент амплитудной модуляции;

$\Omega = 2\pi F$, $\omega = 2\pi f$ – соответственно модулирующая и несущая частоты.

Методика исследований заключается в определении контраста коэффициента отражения между точками измерения АС над залежью УВЗ и контрольной точкой измерения, расположенной вне зоны углеводородов по формуле [2]:

$$\Delta R = 20 \lg |\dot{R}_p - \dot{R}_{BB}|, \quad (2)$$

где \dot{R}_p – коэффициент отражения ЭМВ в контрольной точке измерений;

\dot{R}_{BB} – коэффициент отражения ЭМВ в точках геопрофиля АС над залежью углеводородов.

Результаты исследований. Зависимости контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 64$ и частоты модуляции $F = 10^4$ Гц приведены на рисунке 1. Было установлено, что контраст отражательных характеристик не зависит от значений диэлектрической проницаемости наполнителя сред. Однако это не означает, что данный метод приемлем для дифференциации любых сред, поскольку данные зависимости получены на основании выражений (3) с использованием значений компонентов тензора диэлектрической проницаемости АС, полученных в работе (6). Следовательно, такой метод обоснован только для исследования контраста отражательных характеристик АС над углеводородами. Характерно увеличение

контрата с большей крутизной характеристики для более низких значений частоты несущего сигнала ($f = (1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^6)$ Гц). В диапазоне частот $f = (1 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^8)$ Гц контраст отражательных характеристик увеличивается с меньшей крутизной характеристики. Происходит уменьшение величин исследуемой характеристики при использовании значений частоты несущего сигнала $f = (1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9)$ Гц. На отрезке частот $f = (1 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{10})$ Гц вариации контраста отражательных характеристик АС над углеводородами незначительны.

Зависимости контраста отражательных характеристик для $\cos\theta = 0,94$ и частоты модуляции $F = 10^4$ Гц приведены на рисунке 2.

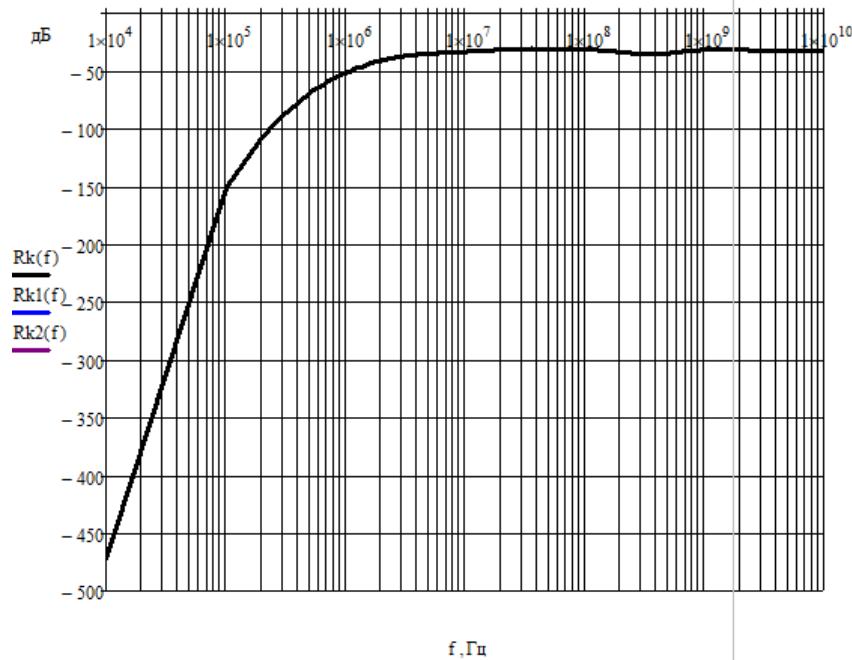


Рисунок 1. – Контраст отражательных характеристик для $\cos\theta = 0,94$

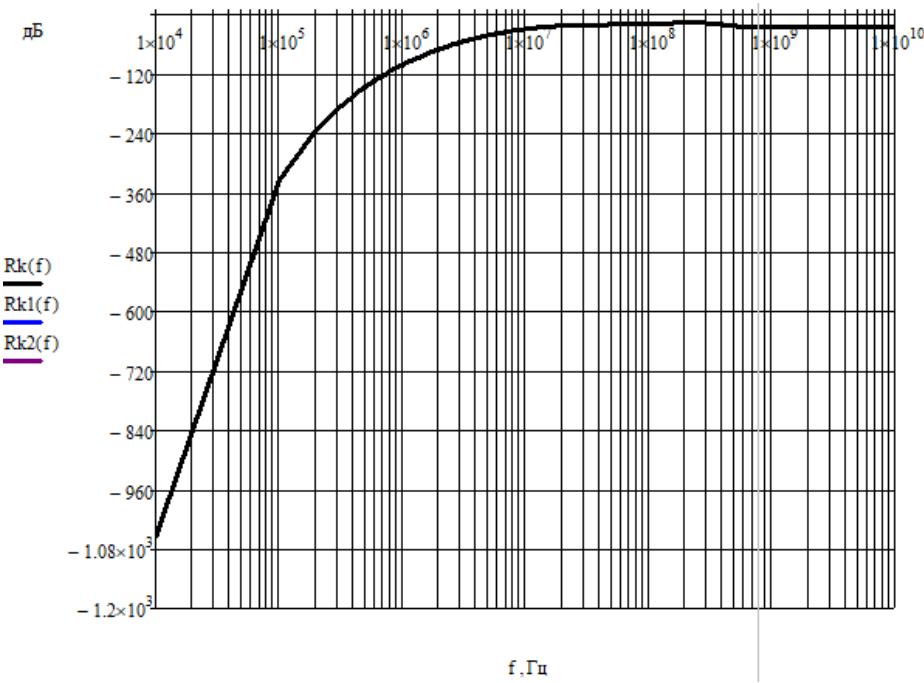


Рисунок 2. – Контраст отражательных характеристик для $\cos\theta = 0,64$

Закономерности поведения данной характеристики подобны зависимостям контраста отражательных характеристик для $\cos\theta = 64$ и частоты модуляции $F = 10^4$ Гц за исключением численных значений и меньшего контраста при использовании значений частоты несущего сигнала $f = (1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9)$ Гц.

Таким образом, учет вариации концентраций частиц с использованием широкого спектра частот зондирующих сигналов (в данном случае $f_2 = (1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^{10})$ Гц) расширяет возможности для повышения эффективности проведения геологоразведочных работ. Дополнительную информацию можно получить, изменяя коэффициент ионизации (4). Поскольку концентрации электронов и ионов N_e и N_i (2) определяют значения плазменной частоты, то при воздействии ЭМВ на вмещающие породы возможен спектральный анализ на частотах многорезонансного взаимодействия.

Зависимости вещественной компоненты тензора (3) для левой поляризации ЭМВ получены путем моделирования характеристик для аналогичных данных, что и для правой поляризации ЭМВ.

Полученные результаты могут быть применены для решения задач по поиску углеводородов в способе электроразведки с применением контраста отражательных характеристик АС над залежами для фиксации границ полезных ископаемых.

Заключение. Проведенные исследования контраста отражательных характеристик АС над углеводородами в режиме амплитудно-модулированных сигналов показали, что:

- вариация углов падения ЭМВ на исследуемый профиль местности расширяет режимы тестирования при организации геологоразведочных работ;
- при продольном распространении ЭМВ вдоль поверхности частоту несущего сигнала $f = 1 \cdot 10^5$ Гц (частота модуляции $F = 10^4$ Гц) следует рассматривать как частоту среза исследуемой частотной характеристики используемой радиотехнической системы для поиска и оконтуривания месторождений нефти и газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буддо, И.В. Прецизионная инверсия данных ЗСБ при поисках нефти и газа на юге Сибирской платформы / И.В. Буддо, А.В. Поспееv // Иркутск: Изд-во ИГУ. – 2019. – 149 с.
2. Янушкевич, В.Ф. Электромагнитные методы поиска и идентификации углеводородных залежей / В.Ф. Янушкевич. – Новополоцк, ПГУ, 2017. – 232с.
3. Токарева, М.Г. Одна из реализаций решения задачи ВП на примере реальной геофизической среды. // Труды пятой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного машиностроения». – Новосибирск, 2000. – Т.3. – с.52 – 55.
4. Asch, T. Mapping and monitoring electrical resistivity with surface and surface electrode arrays / T. Asch, Morrison // Geophysics, 1989. – С. 235 – 244.
5. Легейдо, П.Ю. Дифференциально-нормированные методы геоэлектроразведки / Под ред. М.М. Мандельбаума. Методическое пособие. – Иркутск, 1996. – 145 с.
6. Weitemeyer, K. A. First results from a marine controlled-source electromagnetic survey to detect gas hydrates offshore Oregon / K. A. Weitemeyer, // – 2006. Geophysical Research Letters. – Vol. 33. – №. 3. – Р. L03304.
7. Бурдаков, Д.А. Мониторинг фронта завода карбонатных коллекторов нижнего кембрия методом 4Д электроразведки / Бурдаков, Д.А. [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 9. – С. 30 – 34.

УДК 621.371: 550.837.6

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С УГЛЕВОДОРОДАМИ

М. В. ИЗОИТКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Проведено исследование особенностей взаимодействия амплитудно-модулированных сигналов с углеводородами. Установлены частоты несущего сигнала и модуляции, для которых контраст отражательных характеристик среды над углеводородами минимален в режиме продольного распространения электромагнитных волн вдоль исследуемой поверхности залежей. Полученные результаты теоретических исследований взаимодействия могут быть использованы для поисковой геофизики с целью обнаружения месторождений углеводородных залежей.

Ключевые слова: углеводородная залежь, анизотропная среда, амплитудно-модулированный сигнал.

Введение. Актуальность применения электромагнитных волн (ЭМВ) для дифференциации анизотропных сред (АС) над углеводородами [1-5] вызвана развитием методов поиска и обнаружения углеводородных залежей (УВЗ) [6-11].

Проводятся исследования по применению радиокомплексирования методов электроразведки [2]. Система нестационарного электромагнитного поля с малым петлевым источником выгодна для разработки компактных автономных приборов, которые хорошо подходят для подводной съемки [11]. Методы вызванной поляризации находят широкое применение при поисковых работах на нефтеперспективных площадях [8]. Крупномасштабная трёхмерная (3D) геофизическая визуализация с контролируемым источником (CSEM) в настоящее время привлекает значительное внимание для картирования электропроводности потенциальных морских нефтегазовых резервуаров [9]. Применяются различные источники формирования ЭМВ, например нестационарный генератор электрического поля с применением диполя в проводящей среде [10].

Методика исследований. Целью данной работы является проведение исследований контраста коэффициента отражения между точками измерения АС над залежью УВЗ в режиме амплитудной модуляции вида

$$e(t) = E(1 + k_m \cos \Omega t) \cos \omega t, \quad (1)$$

где E – амплитуда несущего колебания;

k_m – коэффициент амплитудной модуляции;

$\Omega = 2\pi F$, $\omega = 2\pi f$ – соответственно модулирующая и несущая частоты.

Исследования основаны на определении контраста коэффициента отражения между точками измерения АС над залежью УВЗ и контрольной точкой измерения, расположенной вне зоны углеводородов по формуле [2]:

$$\Delta R = 20 \lg |\dot{R}_p - \dot{R}_{BB}|, \quad (2)$$

где \dot{R}_p – коэффициент отражения ЭМВ в контрольной точке измерений;

\dot{R}_{BB} – коэффициент отражения ЭМВ в точках геопрофиля АС над залежью углеводородов.

Результаты исследований. Зависимости контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 0,8$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц приведены на рисунке 1. Характерно увеличение контраста с большей крутизной характеристики для более низких значений частоты несущего сигнала ($f = (1 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^7)$ Гц). В диапазоне частот $f = (1 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^7)$ Гц контраст отражательных характеристик увеличивается с меньшей крутизной характеристики.

Происходит уменьшение величин исследуемой характеристики при использовании значений частоты несущего сигнала $f = (3 \cdot 10^7 - 4 \cdot 10^7)$ Гц. На отрезке частот $f = (4 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^{10})$ Гц вариации контраста отражательных характеристик АС над углеводородами незначительны.

Закономерности поведения контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 0,8$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц подобны зависимостям контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 0$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц за исключением численных значений. Моделирование взаимодействия ЭМВ со средами над углеводородами для $\cos \theta = 1$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц (т.е. для продольного распространения сигнала вдоль поверхности) показало, что в этом режиме наиболее целесообразно применение диапазона несущих частот $f = (1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9)$ Гц.

Контраст отражательных характеристик уменьшается с большой крутизной характеристики в диапазоне частот $f = (1 \cdot 10^8 - 4 \cdot 10^8)$ Гц. Частота зондирования $4 \cdot 10^8$ Гц характерна тем, что на ней величина контраста отражательных характеристик среди над УВЗ минимальна. При дальнейшем увеличении частоты несущего сигнала происходит увеличение значений исследуемой характеристики и практически стабилизация контраста отражательных характеристик для диапазона несущих частот $f = (3 \cdot 10^9 - 10 \cdot 10^9)$ Гц.

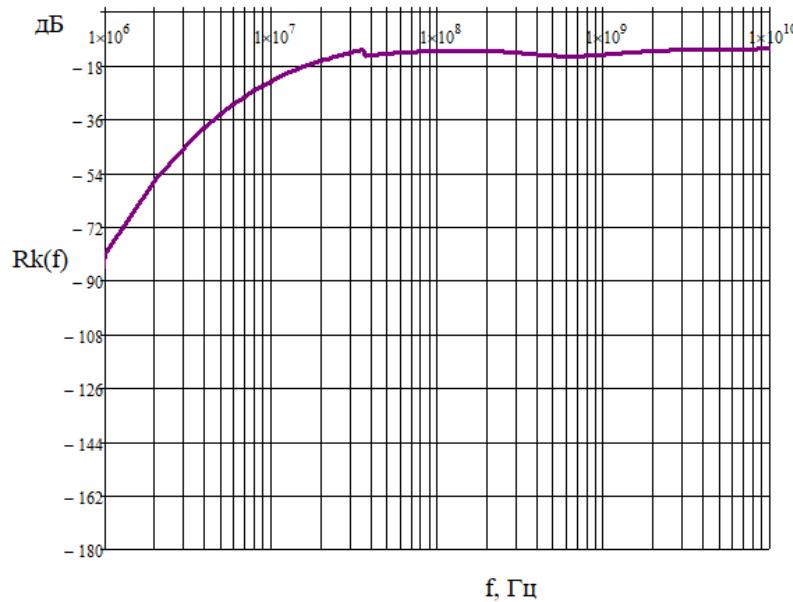


Рисунок 1. – Контраст отражательных характеристик для $\cos\theta = 0,8$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц

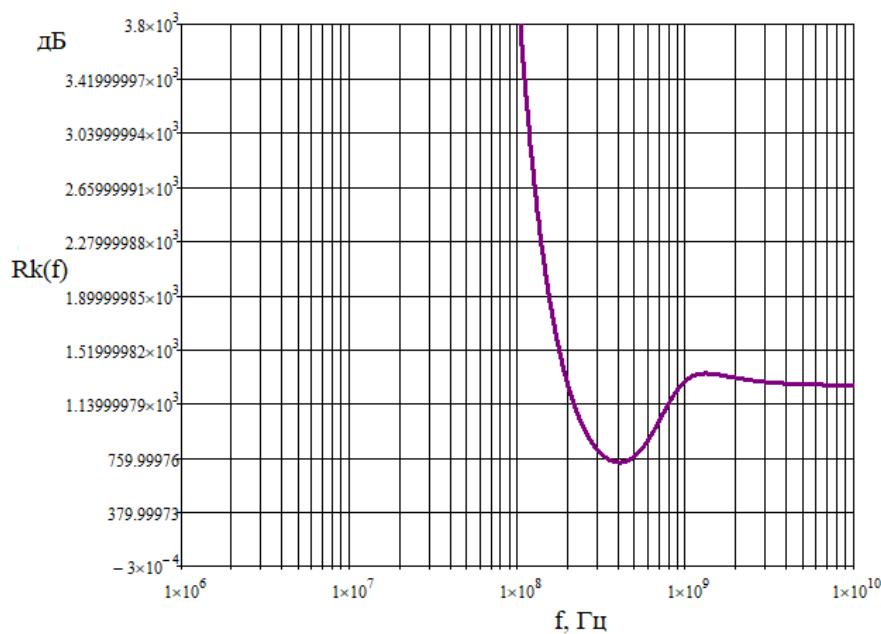


Рисунок 2. – Контраст отражательных характеристик для $\cos\theta = 1$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц

Полученные результаты могут быть применены для решения задач по поиску углеводородов в способе электроразведки с применением контраста отражательных характеристик АС над залежами для фиксации границ полезных ископаемых. При этом исследуемую зону предполагаемой залежи углеводородов облучают ЭМВ с вертикальной поляризацией в режиме амплитудно-модулированных сигналов

в диапазоне частот несущего колебания $f = (1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^9)$ Гц в точках, расположенных как в области предполагаемой залежи, так и в тестовой точке, находящейся вне контура залежи, в каждой точке измерений принимают отраженную волну, определяют коэффициент отражения, по аномальной величине контраста отражательных характеристик между указанными точками измерений устанавливают границы залежей полезных ископаемых.

В качестве отличительных признаков данного способа от аналогичных следует отметить новые режимы облучения ЭМВ и приема сигнала, иные параметры для измерительных сигналов в используемых диапазонах частот. Благодаря этим признакам повышается точность определения границ УВЗ. Угол падения ЭМВ можно выбирать в пределах $\theta = (0^\circ - 90^\circ)$.

Заключение. Проведенные исследования отражательных характеристик среды над углеводородами показали, что контраст отражательных характеристик среды над УВЗ минимален при частоте зондирования $4 \cdot 10^8$ Гц для режима продольного распространения ЭМВ вдоль поверхности и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буддо, И.В. Прецизионная инверсия данных ЗСБ при поисках нефти и газа на юге Сибирской платформы / И.В. Буддо, А.В. Поспехов // Иркутск: Изд-во ИГУ. – 2019. – 149 с.
2. Янушкевич, В.Ф. Электромагнитные методы поиска и идентификации углеводородных залежей / В.Ф. Янушкевич. – Новополоцк, ПГУ, 2017. – 232с.
3. Токарева, М.Г. Одна из реализаций решения задачи ВП на примере реальной геофизической среды. // Труды пятой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного машиностроения». – Новосибирск, 2000. – Т.3. – с.52 – 55.
4. Asch, T. Mapping and monitoring electrical resistivity with surface and surface electrode arrays / T. Asch, Morrison // Geophysics, 1989. – С. 235 – 244.
5. Легейдо, П.Ю. Дифференциально-нормированные методы геоэлектроразведки / Под ред. М.М. Мандельбаума. Методическое пособие. – Иркутск, 1996. – 145 с.
6. Weitemeyer, K. A. First results from a marine controlled-source electromagnetic survey to detect gas hydrates offshore Oregon / K. A. Weitemeyer, // – 2006. Geophysical Research Letters. – Vol. 33. – №. 3. – Р. L03304.
7. Бурдаков, Д.А. Мониторинг фронта завода карбонатных коллекторов нижнего кембрия методом 4Д электроразведки / Бурдаков, Д.А. [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 9. – С. 30 – 34.
8. Моисеев, В.С. Метод вызванной поляризации при поисках нефтеперспективных площадей / В.С. Моисеев. –Новосибирск: Наука, 2002. – 135с.
9. Commer, M. Massively parallel electrical-conductivity imaging of hydrocarbons using the IBM Blue Gene/L supercompute IBM / M. Commer [et al.] // Journal of Research and Development. – 2008. – Vol. 52. – №. 1. Р. 93 – 103.
10. Kaufman, A.A. The transient field electrical dipole source on a conductive medium / A.A. Kaufman. – New York, 1988. – P.50.
11. Jang, H. Transient Electromagnetic Responses with Induced Polarization Effects of Deep-Sea Hydrothermal Deposits / H. Jang, H.J. Kim, M.J. Nam // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2016. – Vol. 54. – P. 7272 – 7278.

УДК 004.056; УДК 005.935.33

ЦИФРОВАЯ ГРАМОТНОСТЬ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ. МЕТОДЫ ЭФФЕКТИВНОЙ БОРЬБЫ С КИБЕРБУЛЛИНГОМ

Д. П. КАРАБЕЦ

(Представлено: канд. тех. наук, доц. И. Б. БУРАЧЁНОК)

В статье рассмотрено понятие цифровой грамотности. Рассмотрены методы эффективного и безопасного использования цифровых технологий. Приведено понятие кибербуллинга и изучены его основные формы. Разработан и предложен вариант теста для оценки уровня цифровой грамотности, включая вопросы осведомленности граждан в вопросах кибербуллинга, для разных возрастных групп. Приведены результаты исследования.

Ключевые слова: цифровая грамотность, кибербуллинг, кибербезопасность, повышение цифровой грамотности, метод опроса.

Введение. Оскорблений, травля, запугивания и публичное унижение в интернете в современном мире наносят реальный вред психике человека, разрушая его самооценку и чувство безопасности. Проблема усугубляется тем, что многие не знают, как распознать признаки кибербуллинга, не умеют правильно реагировать на его отдельные формы и часто оказываются в изоляции. Поэтому решение этой проблемы возможно лишь с применением системного подхода к формированию цифровой грамотности каждого, отдельно взятого человека. Причем под этой грамотностью понимается не только умение пользоваться компьютером или смартфоном. Это прежде всего комплексное развитие у человека навыков его безопасного поведения в сети, умение различать достоверную информацию, мошеннических схем и фишинга, понимание основ работы цифровых технологий и сервисов, защищать свои личные данные, противостоять манипуляциям и, что особенно важно, не оставаться безучастным к насилию в онлайн-пространстве. Поэтому разработка новых методов оценки цифровой грамотности населения и выявление наиболее слабых (уязвимых) мест в отдельно взятых возрастных группах является актуальной задачей.

Целью представленной работы является оценка уровня цифровой грамотности населения методом опроса разных возрастных групп и выработка рекомендаций и предложений для предотвращения кибербуллинга.

Основные понятия. Для достижения поставленной цели первоначально рассмотрим основные понятия «грамотность», «цифровая грамотность» и «кибербуллинг».

Понятие грамотности в нашей стране и за рубежом развивалось в соответствии с потребностями общества, производства – от простейших умений до владения минимумом общественно необходимых знаний и навыков. За основу понятия цифровая грамотность возьмем определение ООН, согласно которому «цифровая грамотность – это способность безопасно и надлежащим образом управлять, понимать, интегрировать, обмениваться, оценивать, создавать информацию и получать доступ к ней с помощью цифровых устройств и сетевых технологий для участия в экономической и социальной жизни» [1].

В понятии «цифровая грамотность» выделяются шесть главных умений:

- находить нужную информацию в интернете и уметь оценивать её достоверность и качество;
- анализировать проблему и подбирать цифровые инструменты, с помощью которых можно найти её решение;
- непрерывно обучаться на протяжении всей жизни, используя доступ к информации;
- оценивать постоянно изменяющиеся технологические инструменты и выбирать из них наиболее подходящие для решения конкретных задач;
- адаптироваться и перестраиваться для успешной работы с постоянно обновляющимися цифровыми технологиями;
- комбинировать различные цифровые инструменты и настраивать их под собственные потребности для достижения поставленной цели [2].

Исследования и оценка цифровой грамотности человека сводится к единой цели – систематизации теоретических знаний и применением их на практике в цифровой среде. Г.У. Солдатовой предложена четырёхкомпонентная структура цифровой компетентности, включающая в себя: знания, умения и навыки, мотивацию, ответственность, в том числе в вопросах безопасности [2].

Каждый из указанных компонентов может быть реализован в различных сферах деятельности с информационными и интернет-источниками (при работе с контентом, в коммуникации, в сфере технологий, при потреблении) в разной степени. Выделение ключевых элементов цифровой грамотности позволяет точнее определить, какие знания и навыки необходимо развивать у различных групп населения для

повышения их устойчивости к цифровым угрозам и успешной адаптации к требованиям современного информационного общества. Далее в таблице 1 представлены основные элементы цифровой грамотности, формирующие её содержательную основу.

Таблица 1. – Основные элементы цифровой грамотности

Название	Определение	Пример
Работа с информацией	Навыки поиска, обработки, оценки и применения цифровой информации. Это включает умение находить достоверные источники, анализировать данные и использовать их для принятия решений	Способность эффективно искать информацию в интернете, проверять её достоверности анализировать данные для подготовки отчётов или презентаций
Цифровая коммуникация	Навыки общения и взаимодействия через цифровые каналы. Это включает электронную почту, мессенджеры, видеоконференции, социальные сети и другие онлайн-платформы	Использование корпоративных мессенджеров и инструментов для удалённой работы, таких как Zoom или Microsoft Teams, для координации работы с коллегами
Безопасность и конфиденциальность	Знание основных принципов кибербезопасности и способность защищать свою цифровую информацию. Это включает использование паролей, двухфакторной аутентификации и антивирусного ПО, а также понимание рисков, связанных с киберугрозами	Умение создавать безопасные пароли, использовать VPN для защиты данных и избегать фишинговых атак
Функциональное Использование цифровых технологий	Способность использовать цифровые инструменты для решения задач, связанных с работой, обучением или повседневной жизнью. Это включает использование программного обеспечения для управления проектами, анализа данных и автоматизации процессов	Использование инструментов для управления проектами, таких как Trello или Asana, для координации задач и отслеживания прогресса
Творческое Использование цифровых технологий	Навыки создания контента и применения цифровых технологий для разработки новых продуктов, услуг или идей. Это может включать использование различных графических редакторов, видеомонтажных и аудио программ для креативных решений	Создание презентаций с использованием Canva или редактирование видеоконтента для корпоративных целей с помощью Adobe Premiere
Этика и цифровое гражданство	Осознанное и ответственное использование цифровых технологий, уважение авторских прав, признание других пользователей и участие в цифровом обществе	Соблюдение норм поведения в интернете, уважение авторских прав и ответственное участие в онлайн-дискуссиях и сообществе

Таким образом, цифровая грамотность представляет собой комплексное и многокомпонентное явление, включающее не только технические навыки работы с цифровыми устройствами, но и когнитивные, коммуникативные, этические и социальные компетенции. Современное понимание цифровой грамотности выходит за рамки простого владения технологиями и подразумевает осознанное, безопасное и продуктивное использование цифровой среды для обучения, профессиональной деятельности и повседневного взаимодействия. Развитие цифровых компетенций способствует формированию ответственного поведения пользователей в сети, укреплению личной информационной безопасности и повышению уровня участия граждан в социально-экономической и культурной жизни общества.

Что же такое кибербуллинг? Исследователь Дэвид Фейган определяет кибербуллинг как применение силы и личной значимости, прямо или косвенно (устно, письменно или физически), либо путем обнародования снимков, символики и/или чего-либо прочего с целью травли, запугивания, угроз при помощи интернета и других современных технологий. Среди российских исследователей стоит выделить Е.С. Ефимову: «кибербуллинг – преследование электронными сообщениями, которые оскорбляют, унижают, запугивают получателя при помощи интернет – сервисов» [3].

Как и традиционный буллинг (травля), кибербуллинг может быть прямым и косвенным. Прямой кибербуллинг – это непосредственные атаки на человека через письма или сообщения. При косвенном в процесс травли жертвы вовлекаются другие люди (как дети, так и взрослые), не всегда с их согласия; преследователь может взломать аккаунт жертвы и, мимикрируя под хозяина, рассыпать с этого аккаунта сообщения знакомым жертвы, разрушая коммуникативное поле жертвы и порождая сомнение в его моральных качествах. Одна из наиболее угрожающих ситуаций – когда преследователь публикует в сети информацию, которая в действительности подвергает жертву опасности, например, от ее имени размещает объявление о поиске сексуальных партнеров. Как и традиционная травля, кибербуллинг включает

в себя континуум поступков, на одном полюсе которого действия, с трудом распознающиеся окружающими как преследование, а на другом – жестокое поведение агрессора, которое может приводить даже к смерти жертвы.

Выделяют несколько форм кибербуллинга [4-6]:

- бойкот. Это ситуация, когда жертва игнорируется в социальных сетях и общих чатах, вплоть до удаления из переписки;
- доксинг. Процесс раскрытия личной информации о жертве в интернете, включая данные о месте жительства, номер телефона, реквизиты банковских карт и прочую чувствительную информацию;
- сталкеринг. Агрессивное поведение, при котором человек внимательно наблюдает за страницами жертвы, собирая персональную информацию и фотографии без ее согласия;
- домогательства. Ситуация, в которой агрессор (чаще всего мужского пола) навязывается жертве с вопросами, шантажом или принуждением к общению;
- троллинг. Форма агрессии, нацеленная на высмеивание внешности или личных качеств жертвы в уничтожительном тоне;
- диссинг. Размещение личной информации, которая может негативно сказаться на репутации жертвы, например, публикация компрометирующих фотографий без ее согласия;
- фрейпинг. Когда агрессор получает доступ к аккаунту жертвы и публикует материалы от ее имени, не получив на это согласие;
- кетфишинг. Схож с фрейпингом, но в этом случае агрессор создает аккаунт, который точно копирует аккаунт жертвы, и затем устраивает провокации от ее имени;
- секстинг. Отправка сообщений сексуального характера. Такая переписка может содержать текст, эмодзи, фото и видео, содержащие наготу или демонстрирующие имитацию половых органов. Возможна также отправка тематических голосовых сообщений;
- флейминг. Это бесцельная дискуссия в чате, личной переписке или комментариях, сопровождающаяся негативными эмоциями;
- хейтинг. Немотивированно злобные, оскорбительные и агрессивные комментарии, посты и сообщения в социальных сетях;
- груминг. Общение взрослого человека с несовершеннолетним в сети с целью совращения.

Таким образом, кибербуллинг представляет собой одну из наиболее опасных форм насилия в цифровой среде, затрагивающую как психологическое, так и социальное благополучие личности. Он отличается от традиционного буллинга своей анонимностью, постоянной доступностью и масштабом распространения информации, что значительно усложняет процесс защиты жертвы и делает последствия травли более длительными и разрушительными.

Разнообразие форм кибербуллинга – от бойкота и троллинга до доксинга и груминга – свидетельствует о том, что цифровое пространство становится не только инструментом коммуникации и самовыражения, но и потенциальной зоной риска. В связи с этим особую актуальность приобретает развитие цифровой грамотности и формирование культуры ответственного поведения в сети. Осознание пользователями механизмов кибербуллинга, а также знание способов защиты и реагирования на подобные угрозы, являются ключевыми условиями обеспечения личной безопасности в современном информационном обществе.

Методы исследования. Для получения объективных данных о текущем уровне знаний участников и выявления пробелов в понимании ключевых аспектов цифровой безопасности использовался метод опроса разных возрастных групп. На основании опроса осуществлена оценка цифровой грамотности и владения вопросами кибербуллинга респондентами. Метод опроса позволил также определить направления для последующей просветительской и профилактической работы. Кроме того, результаты тестирования послужили доказательной базой для подтверждения гипотезы о важности системного подхода к формированию цифровой культуры среди населения.

Опрос проведен с использованием сервиса «Google Формы». Это позволило эффективно собрать и обработать данные в онлайн-формате. Выбор данной платформы обусловлен ее доступностью, удобным интерфейсом для респондентов, а также широкими возможностями для автоматического подсчета результатов и анализа ответов. Формат Google Form обеспечил анонимность участия, что способствовало большей откровенности и достоверности полученных данных.

В рамках исследования цифрового грамотности разработан тест «Повышение цифровой грамотности в киберпространстве», содержащий 25 вопросов охватывающие различные компоненты цифровой грамотности. По каждому вопросу предлагалось респондентам ответы с вариантами для одиночного выбора.

Тест основан на ключевых аспектах, необходимых для безопасного и осознанного поведения в цифровой среде. Его структура охватывает такие темы, как защита персональных данных, оценка

надежности интернет-ресурсов, создание и использование надежных паролей, правила поведения при взаимодействии с незнакомыми пользователями, а также реагирование на киберугрозы. Отдельное внимание уделено теме кибербуллинга – его формам, последствиям, способам противодействия и профилактики.

Вопросы теста позволяют оценить уровень осведомленности респондентов о цифровой безопасности, их способность распознавать потенциальные угрозы и принимать верные решения в различных ситуациях, связанных с общением в интернете и защитой личной информации.

Примеры некоторых вопросов и вариантов ответов из предлагаемого теста:

Как вы определяете, безопасен ли сайт?

- Проверяю наличие "https" в адресной строке и значка замка.
- Смотрю на дизайн сайта – если красивый, то безопасный.
- Доверяю, если сайт рекомендуют знакомые.
- Никогда не задумывался о безопасности сайта.

Если в соцсетях вам пишут незнакомые люди с просьбой помочь в финансовом вопросе, вы не будете?

- Переводить деньги, если история кажется правдоподобной.
- Игнорировать такие сообщения.
- Проверять информацию и источники, прежде чем реагировать.
- Сообщать о таких сообщениях в службу поддержки.

Как вы реагируете на оскорбления или кибербуллинг в соцсетях?

- Оскорбляю в ответ.
- Зову друзей, чтобы они помогли забуллить обидчика.
- Игнорирую.
- Участвую в конфликте.

Полученные результаты. В опросе приняли участие 88 человек, возрастом от 12 до 23 лет включительно. Респонденты были поделены на две возрастные группы: первая группа от 12 до 17, и вторая группа от 18 до 23. Важно отметить преобладание респондентов определенного возраста, в частности от 17 до 19. Уже на данном этапе это показывает заинтересованность и демонстрирует осведомленность участников опроса в представленной тематике.

В таблице 2 заметна значительная разница между набранными баллами двух возрастных групп.

Таблица 2. – Данные опроса

Возрастная группа респондентов	12-17 лет		18-23 лет	
Количество респондентов	33 человека		55 человек	
Минимальная и максимальная оценка результата (баллов)	13	22	8	25
Усредненный результат всех респондентов (баллов)	18,67		20,98	

Выводы. В результате проведенного исследования удалось выявить существенные различия в уровне цифровой грамотности между двумя возрастными группами: подростками от 12 до 17 лет и молодыми взрослыми от 18 до 23 лет. Участники старшей группы в целом демонстрируют более высокий уровень знаний и осведомленности в вопросах безопасного поведения в интернете, лучше понимают риски, связанные с киберугрозами, и чаще выбирают правильные стратегии защиты.

Полученные данные подтверждают, что цифровая грамотность напрямую связана с возрастом и жизненным опытом. Старшие респонденты чаще осознают важность защиты личных данных, умеют распознавать потенциально опасные ситуации в сети и знают, как реагировать на угрозы вроде кибербуллинга и интернет-мошенничества. Проведенное исследование также показало, что среди младшей группы больше распространены ошибки и недостаток базовых знаний в сфере цифровой безопасности. Это говорит о необходимости формирования цифровой грамотности, особенно среди подростков, которые наиболее уязвимы к онлайн-угрозам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка уровня цифровой грамотности населения методом опроса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.psu.by/handle/123456789/46111>. – Дата доступа: 06.04.2025.
2. К вопросу о понятии цифровой грамотности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-ponyatiu-tsifrovoi-gramotnosti/viewer>. – Дата доступа: 06.04.2025.

3. Кибербуллинг: виды и особенности проявления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiberbulling-vidy-i-osobennosti-proyavleniya/viewer>. – Дата доступа: 06.04.2025.
4. Кибербуллинг – травля в интернете. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://reputation.moscow/2018/06/25/kiberbulling_travlya_v_internete/ – Дата доступа: 06.04.2025.
5. Виды кибербуллинга и их связь с типом межличностного поведения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/vidy-kiberbullinga-i-ikh-svyaz-s-tipom-mezhlichnostnogo-povedeniya.html> – Дата доступа: 06.04.2025.
6. Кибербуллинг: виды и особенности проявления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiberbulling-vidy-i-osobennosti-proyavleniya/viewer> – Дата доступа: 06.04.2025.

УДК 004.056; УДК 005.935.33

КРИТЕРИИ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ МЕТОДОМ ОПРОСА РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Д. П. КАРАБЕЦ

(Представлено: канд. тех. наук, доц. И. Б. БУРАЧЁНОК)

В статье осуществлен анализ направлений экономического развития, неотъемлемой частью которых является цифровая грамотность. Обоснованы критерии оценки цифровой грамотности. Получены данные методом опроса разных возрастных групп. Выполнена статистическая обработка полученных данных. Приведены рекомендации по повышению уровня цифровой грамотности.

Ключевые слова: цифровая грамотность, кибербезопасность, метод опроса, статистическая обработка данных, критерии цифровой грамотности.

Введение. Люди, обладающие базовыми цифровыми навыками, способны распознавать потенциальные угрозы, защищать свои персональные данные, избегать мошеннических схем в интернете и грамотно использовать цифровые устройства. В условиях роста числа киберпреступлений цифровая грамотность становится неотъемлемым условием личной безопасности.

Не менее важной является связь цифровой грамотности с профессиональной деятельностью. Большинство современных профессий требует уверенного владения цифровыми инструментами – от офисных программ и мессенджеров до облачных сервисов и специализированного программного обеспечения. Соответственно, уровень цифровой грамотности напрямую влияет на конкурентоспособность специалиста на рынке труда и его способность к профессиональному росту.

Отдельного внимания заслуживает роль цифровой грамотности в процессе образования. В современном образовательном пространстве, особенно с развитием дистанционного обучения, умение эффективно работать с онлайн-ресурсами, участвовать в вебинарах, пользоваться электронными библиотеками и обучающими платформами стало неотъемлемой частью учебного процесса. Цифровая грамотность способствует также развитию навыков самостоятельного обучения, критического мышления и работы с информацией. Студенты и школьники, владеющие цифровыми навыками, имеют гораздо больше возможностей для самостоятельного поиска информации, что значительно повышает их академическую успеваемость и способность к инновационному мышлению.

Важной составляющей цифровой грамотности является способность к оценке и критическому восприятию информации. В условиях информационной перегрузки и распространения фейков, манипулятивного контента и дезинформации, умение анализировать источники, проверять факты и формировать собственное мнение на основе достоверных данных приобретает особую значимость. Это способствует не только личной информационной безопасности, но и развитию гражданской ответственности. Поэтому поиск новых методов повышения и оценка цифровой грамотности молодого поколения в условиях цифровой социализации в рамках расширяющейся цифровой среды актуальны как никогда.

Целью представленной работы является исследование существования положительной взаимосвязи между возрастом, жизненным опытом и уровнем цифровой компетентности по результатам оценки полученных данных методом опроса разных возрастных групп.

Ранее в статье (см. выше) были представлены основные элементы цифровой грамотности населения, а также представлены основные вопросы и некоторые из ответов на них, по которым проводился опрос разных возрастных групп с целью оценки их цифровой грамотности. Основная задача опроса – определение особенностей восприятия, знаний и практических навыков (цифровых компетенций) у представителей различных возрастных групп.

В опросе приняли участие две возрастные группы: подростки (в возрасте от 12 до 17 лет) и молодые взрослые (в возрасте от 18 до 23 лет). В опросе приняли участие 88 человек в возрасте от 12 до 23 лет включительно. Такое деление позволило выявить различия между более юными респондентами, которые находятся на этапе активного формирования цифровых навыков, и молодыми взрослыми, уже обладающими определенным опытом взаимодействия с цифровой средой.

Результаты исследования. На рисунке 1 представлены гистограммы, демонстрирующие распределение участников по возрасту. Визуальный анализ данных позволяет отметить неравномерность распределения выборки: наблюдается явное преобладание респондентов определенного возраста, преимущественно в диапазоне от 17 до 19 лет. Это свидетельствует о том, что в исследовании большее количество участников относится к старшему подростковому и младшему взрослому возрасту. Кроме того, значения распределения заметно отклоняются от нормальной кривой, что указывает на неоднородность выборки по возрастному признаку.

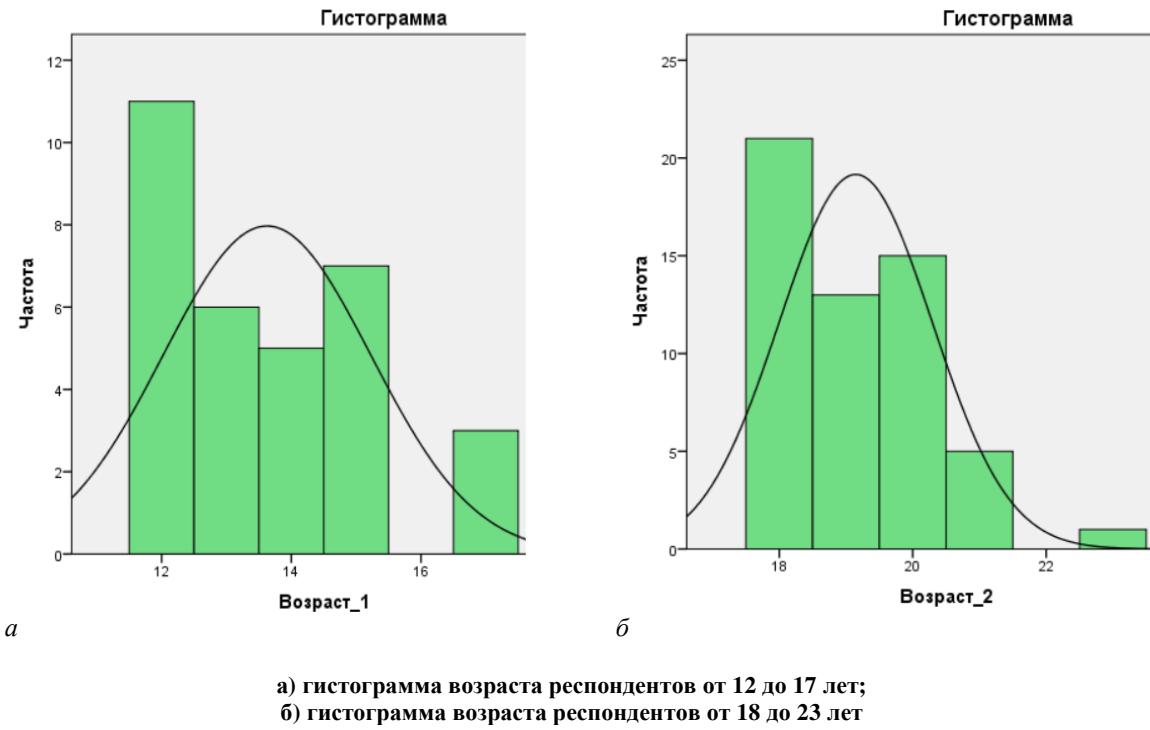


Рисунок 1. – Гистограмма двух возрастных групп

Аналогичная тенденция прослеживается и при анализе результатов тестирования, представленных в виде гистограммы на рисунке 2.

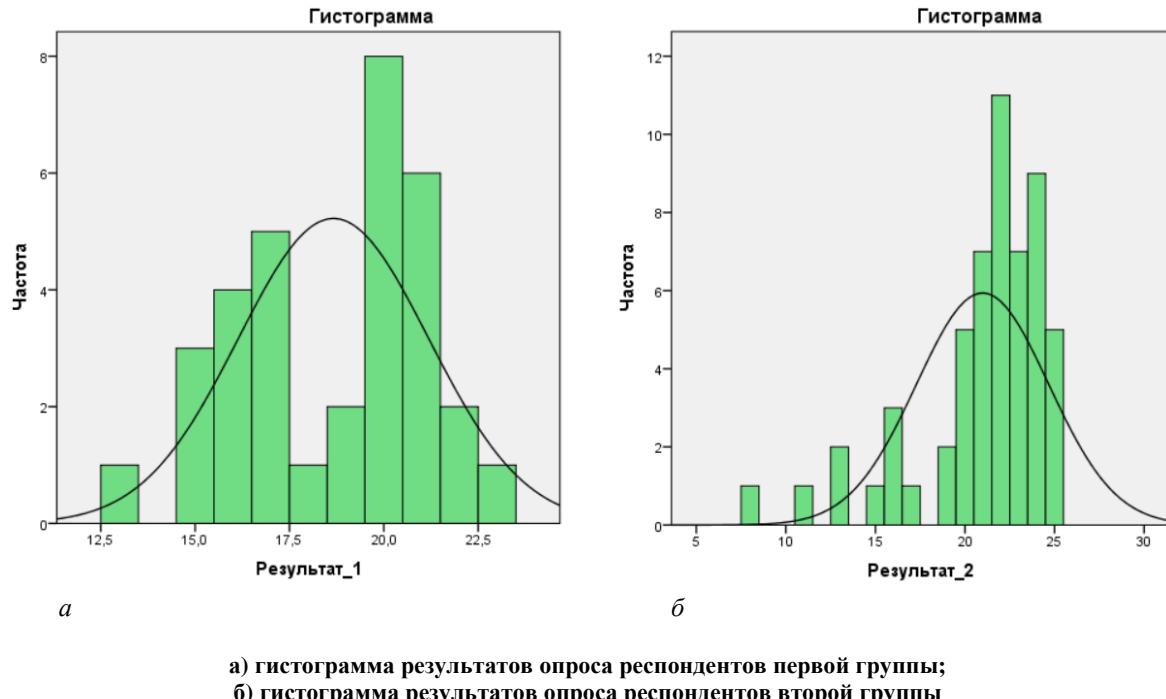


Рисунок 2. – Гистограмма результатов опроса

На данном графике можно увидеть, что большинство респондентов набрали от 19 до 23 баллов, что отражает концентрацию оценок в верхней части шкалы. Это может свидетельствовать о достаточно высоком уровне цифровой грамотности среди участников опроса, но вместе с тем – о наличии смещения распределения, при котором часть респондентов демонстрирует результаты, заметно превы-

шающие средние значения. Таким образом, уже на этапе первичного анализа распределения данных становится очевидным, что исследуемая выборка не является полностью однородной. Это необходимо учитывать при дальнейшем применении статистических методов анализа, особенно тех, которые чувствительны к нормальности распределения данных.

Используя одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова [5], удостоверимся, что распределение данных не является нормальным. Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова применяется для проверки гипотезы о том, что выборка принадлежит определённому теоретическому распределению, чаще всего – нормальному. Он позволяет оценить, насколько эмпирическое распределение данных совпадает с заданным теоретическим. Критерий основывается на сравнении: эмпирической функции распределения, построенной по выборке, и теоретической функции распределения, соответствующей предполагаемому распределению, например, нормальному.

При использовании результатов первой возрастной группы двусторонняя асимптотическая значимость равна 0,090079 и она больше 0,05, участники составляют нормально распределенную выборку. При использовании результатов второй возрастной группы четко видно, что двусторонняя асимптотическая значимость 0,014896 меньше 0,05. Таким образом, по результатам участники составляют не нормально распределенную выборку, необходимо быть осторожным при использовании методов, чувствительных к нормальности, либо применять альтернативные подходы анализа.

Неравномерность распределения можно определить еще и с помощью критерия хи-квадрата Пирсона [6]. Критерий хи-квадрата Пирсона – это непараметрический метод статистического анализа, предназначенный для проверки гипотезы о соответствии распределения наблюдаемых данных ожидаемому, а также для анализа связи между категориальными переменными. Асимптотическая значимость критерия для первой возрастной группы равна 0,352 и она больше 0,05, что указывает на равномерно распределенные выборки по данному признаку. Асимптотическая значимость критерия для первой возрастной группы равна 0,000112 и она меньше 0,05, что указывает на неравномерно распределенные выборки по данному признаку.

Диаграмма рассеяния, иллюстрирующая зависимость результатов от возраста респондентов, позволяет выявить определённые закономерности и особенности распределения данных. Она представлена на рисунке 3. Точки данных распределены неравномерно по графику. Хотя нельзя утверждать о чёткой линейной зависимости между возрастом и результатом, наблюдается определённая тенденция к увеличению результатов с ростом возраста. Особенно ярко это проявляется в возрастной группе от 17 до 20 лет, где большинство респондентов показали высокие результаты (от 20 до 25 баллов). Это может свидетельствовать о более высоком уровне зрелости, цифровой грамотности или осведомлённости у старших участников. У более молодых респондентов (в возрасте от 12 до 15 лет) диапазон результатов более широкий и варьируется от низких до средних значений (примерно от 13 до 23 баллов). Это может указывать на неконсистентность знаний в данной возрастной группе, обусловленную разной степенью вовлечённости, опытом или образованием. В более старших группах (17–20 лет) наблюдается устойчивое повышение среднего уровня результатов и меньший разброс. На диаграмме отмечаются единичные выбросы – респонденты с очень низкими результатами (8–10 баллов) в возрастной категории около 19–20 лет, что выбивается из общей тенденции. Эти случаи могут быть обусловлены индивидуальными особенностями, низким уровнем интереса или внимательности при прохождении опроса, и требуют дополнительного анализа.

Более подробно рассмотреть корреляцию можно с помощью коэффициентов корреляции r -Спирмена и t -Кендалла. Коэффициент корреляции Спирмена – это непараметрическая мера статистической зависимости между двумя переменными [7]. Он используется, когда данные представлены в ранговой шкале или не удовлетворяют условиям нормальности распределения. Коэффициент Спирмена измеряет силу и направление монотонной связи между двумя переменными. В отличие от корреляции Пирсона, не требует нормальности распределения и устойчив к выбросам. Коэффициент корреляции t -Кендалла – это непараметрическая мера связи между двумя переменными, основанная на сравнении пар наблюдений [8]. Он используется для ранговых данных и особенно эффективен при небольших выборках или наличии привязанных рангов (одинаковых значений). Коэффициент корреляции равен 0,122 у первой группы и 0,033 у второй. Это говорит о положительной слабой корреляции между возрастом и результатами и означает, что с увеличением возраста результаты, как правило, увеличиваются, но не строго линейно. Коэффициентов корреляции r -Спирмена дает слабую положительную корреляцию равные 0,158 и 0,042. Как и в случае с Кендаллом, по мере увеличения возраста наблюдается тенденция к увеличению результатов.

Критерий Манна-Уитни [9] используется для проверки статистических различий между двумя независимыми группами по порядковым или непрерывным данным, не предполагая нормальности распределения. Данный метод хорошо подходит для анализа двух групп респондентов, которые были поделены

ранее. Участники второй группы демонстрируют существенно более высокие показатели, чем участники первой группы. Это подтверждается как разницей в средних рангах (30,14 и 53,12), так и крайне низким уровнем значимости (меньше 0,001), что исключает вероятность случайного различия между группами.

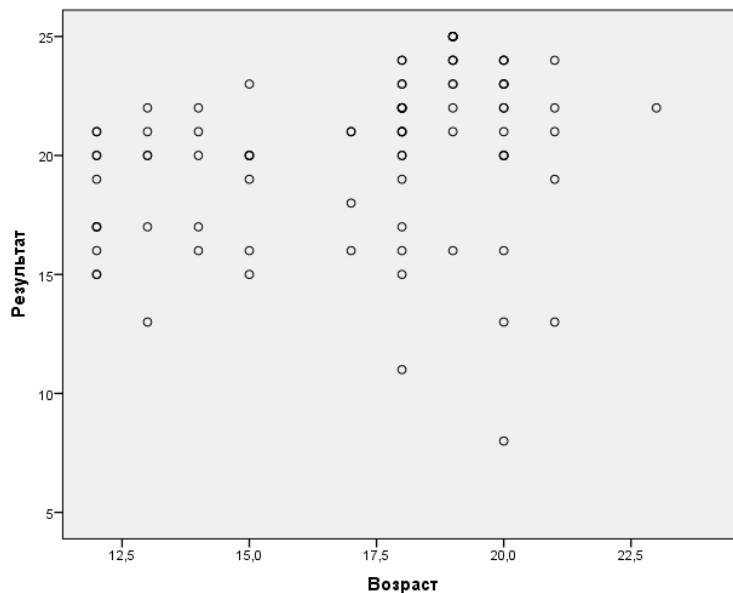


Рисунок 3. – Диаграмма рассеивания

Критерий t-Стьюдента [10] – это классический параметрический метод, используемый для проверки значимости различий между средними значениями двух групп. Он особенно эффективен, когда данные приблизительно нормально распределены, а выборки – независимы и/или имеют примерно одинаковую дисперсию. Сравнительный анализ результатов двух групп с применением данного критерия для независимых выборок позволил выявить статистически значимые различия в уровне изучаемого показателя. Среднее значение в первой группе составило 18,67, тогда как во второй группе – 20,98. Уже на уровне описательной статистики наблюдается разница в показателях между группами. Перед применением t-критерия была проверена гипотеза о равенстве дисперсий с использованием критерия Ливиня. Полученное значение равная 0,352 (больше уровня значимости 0,05) свидетельствует о том, что различия дисперсий между группами статистически незначимы, и, следовательно, допустимо использовать t-критерий при предположении о равенстве дисперсий. Значение уровня значимости (двусторонняя значимость) составило менее 0,05 (0,001 и 0,002), можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между двумя группами. Учащиеся второй группы продемонстрировали более высокие результаты, чем учащиеся первой группы.

Вывод. Проведённое исследование позволило установить наличие статистически значимых различий в уровне цифровой грамотности между двумя возрастными группами респондентов — подростками (12–17 лет) и молодыми взрослыми (18–23 года). Анализ показал, что представители старшей группы демонстрируют более высокий уровень знаний, осведомлённости и практических навыков в области безопасного поведения в сети Интернет. Они лучше ориентируются в вопросах, связанных с киберугрозами, осознают риски, связанные с неосторожным обращением с персональными данными, и чаще выбирают эффективные стратегии защиты.

Результаты исследования подтверждают существование положительной взаимосвязи между возрастом, жизненным опытом и уровнем цифровой компетентности. Старшие респонденты характеризуются более устойчивыми знаниями и ответственным отношением к информационной безопасности, тогда как среди подростков отмечается более широкий разброс показателей, связанный с недостатком базовых представлений и практического опыта.

Полученные данные указывают на необходимость разработки и внедрения системных мер, направленных на формирование цифровой грамотности в подростковой среде. Особое внимание следует уделять вопросам кибербезопасности, защите личных данных и развитию критического мышления при взаимодействии с цифровыми источниками. Усиление образовательных и просветительских программ в данном направлении позволит повысить уровень цифровой компетентности и снизить уязвимость молодёжи перед современными онлайн-угрозами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка уровня цифровой грамотности населения методом опроса. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elib.psu.by/handle/123456789/46111>. – Дата доступа: 06.04.2025.
2. К вопросу о понятии цифровой грамотности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-ponyatii-tsifrovoy-gramotnosti/viewer>. – Дата доступа: 06.04.2025.
3. Цифровая грамотность: понятие, компоненты и оценка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-gramotnost-ponyatie-komponenty-i-otsenka/viewer>. – Дата доступа: 06.04.2025.
4. Результаты апробации модели мониторинга цифровой грамотности школьников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-aprobatsii-modeli-monitoringa-tsifrovoy-gramotnosti-shkolnikov/viewer>. – Дата доступа: 06.04.2025.
5. Однообразный критерий Колмогорова-Смирнова: тест для одной выборки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/cd?topic=tests-one-sample-kolmogorov-smirnov-test> – Дата доступа: 06.04.2025.
6. Что такое хи-квадрат в статистике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ssl-team.com/blog/chto-takoe-hi-kvadrat-v-statistike/> – Дата доступа: 06.04.2025.
7. Коэффициент корреляции Спирмена. [Электронный ресурс]. – Казанский федеральный университет, 2020. – Режим доступа: https://kpfu.ru/portal/docs/F_1850064889/NPS_20.Spirmen.Zhelnova.pdf. – Дата доступа: 15.10.2025.
8. Коэффициент корреляции «т» Кендалла. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ppt-online.org/370582> – Дата доступа: 06.04.2025.
9. Критерий Манна–Уитни. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://студентупсихологу.рф/stati/article_post/kriteriy-manna-uitni. – Дата доступа: 15.10.2025.
10. Статистические гипотезы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Faculties/PF/Phys-mat/Stat_Hypoth.pdf. – Дата доступа: 15.10.2025.

УДК 004.89:17

ЭТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ПОВТОРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

М. Д. КАРЕЛИНА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. С. А. ИГНАТЬЕВА)

В статье рассмотрены технологии распознавания и повторной идентификации человека, основанные на применении алгоритмов искусственного интеллекта. Проанализированы области их практического использования, а также выявлены основные этические риски, связанные с обработкой биометрических данных, нарушением приватности и возможными ошибками идентификации. Целью данной работы является изучение этических аспектов использования технологий повторной идентификации человека в современном цифровом обществе.

Развитие цифровых технологий изменяет привычное представление о том, что такое личное пространство и анонимность. Современные системы видеонаблюдения уже не просто фиксируют происходящее, но и способны анализировать и распознавать людей. Одна из таких технологий называется повторной идентификацией (Re-Identification или ReID). Она позволяет определить, что на разных видеозаписях изображён один и тот же человек, даже если он изменил одежду, находится в другом месте или при других условиях освещения. Иными словами, это технология, которая позволяет «узнавать» человека в потоке других людей, используя алгоритмы искусственного интеллекта.

Такие системы применяются в самых разных сферах: в обеспечении общественной безопасности, в транспорте, в торговых центрах, на предприятиях и даже в образовательных учреждениях. Они помогают находить пропавших людей, предотвращать преступления и повышать уровень защиты на массовых мероприятиях. Тем не менее, наряду с очевидными преимуществами такие технологии поднимают важные этические вопросы – от границ допустимого наблюдения до рисков вмешательства в личную жизнь и возможности их недобросовестного применения.

Главный этический вопрос связан с тем, что человек теряет контроль над своими изображениями. Камеры фиксируют миллионы лиц ежедневно, и большинство людей даже не знает, что их изображения могут храниться, анализироваться и использоваться для сопоставления с другими записями. Это вызывает вопрос: остаётся ли у человека право на анонимность в современном обществе, где за каждым шагом может следить камера?

Конституция Республики Беларусь гарантирует каждому «право на защиту от незаконного вмешательства в его частную жизнь» [1]. Государство обязано создавать условия для защиты персональных данных и безопасности личности. Законодательство классифицирует информацию о частной жизни и персональные данные как сведения ограниченного доступа, сбор и обработка которых допускается только с согласия субъекта или на иных законных основаниях [2, 3]. По официальным данным МВД, к 2025 году в Беларусь уже установлено около 60 тыс. «умных» камер видеонаблюдения, которые способны «отслеживать человека, распознавать лица, читать номерные знаки» [4]. В таких условиях возможность оставаться анонимным в общественных местах фактически утрачена.

Многие исследователи отмечают, что постоянное наблюдение может привести к так называемой самоцензуре [5]. Под этим понимается ситуация, когда человек начинает ограничивать своё поведение – не потому, что нарушает закон, а потому что боится, что его действия будут неправильно поняты или зафиксированы системой наблюдения. Такое состояние снижает ощущение свободы и формирует психологическое давление: даже в безопасной обстановке человек чувствует себя под контролем.

Кроме того, постоянное наблюдение может повлиять на социальную динамику в обществе. Люди начинают вести себя более сдержанно, избегают нестандартных поступков и проявлений индивидуальности. Это может привести к снижению уровня доверия между гражданами, ослаблению общественной активности и даже к самоизоляции. В долгосрочной перспективе такие изменения способны трансформировать общественные нормы и повлиять на демократические процессы.

Ещё одной важной проблемой является отсутствие прозрачности. Люди, даже при наличии уведомления о видеонаблюдении, зачастую не информируются о том, какая информация собирается, с какой целью и как долго она хранится, назначении. В результате возникает недоверие к таким системам и организациям, которые их используют. Без понимания принципов работы технологии у граждан создаётся ощущение несправедливости и вторжения в личную жизнь.

С этической точки зрения большое значение имеет и качество работы самих алгоритмов. Ошибки в системах распознавания могут привести к неправильной идентификации человека. Например, система

может ошибочно распознать человека, который не имеет отношения к событию, зафиксированному камерой. В реальной жизни подобные сбои могут привести к самым разным последствиям – от простых недоразумений до серьёзных ложных обвинений [6]. Кроме того, исследования показывают, что алгоритмы могут работать по-разному с людьми разных внешностей, возраста или пола. Это связано с тем, что модели искусственного интеллекта обучаются на ограниченных наборах данных и иногда отражают предвзятости, присутствующие в обществе. Например, программа может хуже распознавать лица женщин или людей с определённым типом внешности.

Таким образом, технологии повторной идентификации не только технический, но и социально-нравственный феномен. Они затрагивают вопрос доверия между человеком и обществом. Чтобы такие системы использовались во благо, необходимо соблюдать принципы прозрачности, ответственности и уважения к личной свободе.

Первым шагом к этически ответственному использованию технологий распознавания является информирование. Граждане должны знать, где и зачем применяется видеонаблюдение, кто хранит данные и как долго они сохраняются. Простое предупреждение о наличии системы уже создаёт основу доверия и снижает риск недопонимания. Второй важный шаг – это ограничение объёма собираемых данных. Не всегда необходимо сохранять изображение лица; иногда достаточно общих признаков, таких как одежда или силуэт. Соблюдение принципа минимизации данных снижает риски их неправомерного использования.

Третий аспект связан с безопасностью хранения и обработки информации. Биометрические данные должны быть защищены от несанкционированного доступа, утечек и неправильного использования. Это требует строгих технических мер, включая шифрование, контроль доступа и удаление устаревших данных. Также важно, чтобы каждый, кто работает с такими системами, понимал свою ответственность и проходил специальное обучение по правилам обращения с персональными данными.

Наконец, необходимо развивать общественную дискуссию. Технологии не должны внедряться незаметно. Важно обсуждать их преимущества и риски, искать баланс между безопасностью и личной свободой. Общество должно участвовать в принятии решений о том, где и как допустимо использование систем распознавания и наблюдения. Участие граждан в определении допустимых сфер и форм использования подобных систем способствует формированию доверия и справедливому регулированию личных данных.

Этическое будущее цифровых систем зависит от того, насколько осознанно и ответственно они будут применяться. Технологии распознавания человека могут быть полезными инструментами, если они служат интересам общества, а не становятся средством тотального контроля. Необходимо формировать культуру цифровой этики – систему ценностей, в основе которой лежит уважение к личности, её праву на частную жизнь и достоинство. Только в этом случае инновации будут восприниматься как шаг вперёд, а не как угроза свободе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конституция Республики Беларусь: от 15 марта 1994 г. № 2875-ХII [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=V19402875> – Дата доступа: 26.09.2025.
2. Закон Республики Беларусь от 10 ноября 2008 г. № 455-3 «Об информации, информатизации и защите информации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=H10800455> – Дата доступа: 26.09.2025.
3. Закон Республики Беларусь от 7 мая 2021 г. № 99-3 «О защите персональных данных» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=H12100099> – Дата доступа: 26.09.2025.
4. Умных видеокамер, которые следят за беларусами, за 5 лет стало больше в 600 раз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://devby.io/news/umnyh-videoekamer-stalo-bolshe-v-600-raz> - Дата доступа: 27.09.2025.
5. Volosevici D., Isbasoiu G.D. Surveillance as a Socio-Technical System: Behavioral Impacts and Self-Regulation in Monitored Environments [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/7/614> – Дата доступа: 28.09.2025.
6. Facial Recognition Leads To False Arrest Of Black Man In Detroit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.npr.org/2020/06/24/882683463/facial-recognition-leads-to-false-arrest-of-black-man-in-detroit> – Дата доступа: 28.09.2025.

УДК 004.624, 004.5

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЁМКОСТНОЙ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ARDUINO UNO

С. Р. КИСЕЛЁВ
(Представлено: Н. В. ВАБИЩЕВИЧ)

Представлен прототип ёмкостной панели управления на базе платформы *Arduino Uno*, включающей в себя несколько сенсорных зон и оснащённая системой автономного питания и системой помехоустойчивости. Практическая значимость устройства обусловлена возможностью его использования в образовательных программах учебных дисциплин инженерно-технического профиля.

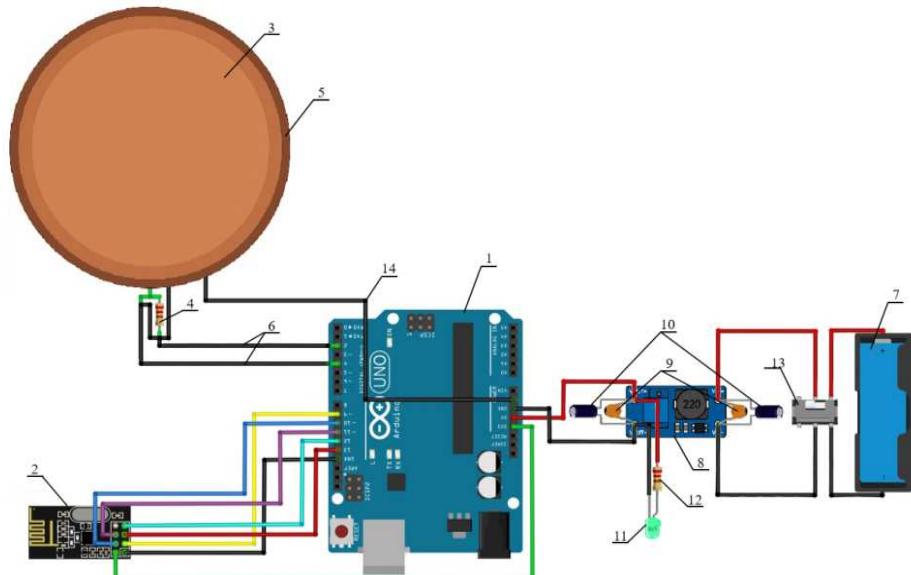
Введение. История использования ёмкостных технологий начинается с промышленной автоматизации второй половины XX века. В настоящее время ёмкостные сенсоры, действие которых основано на изменении электрической ёмкости проводников при приближении или касании их телом человека, являются одним из наиболее востребованных направлений развития интерфейсов взаимодействия человека и техники и широко применяются в электронике, медицине, робототехнике, автомобильной отрасли и т.д. [1,2]

Особое внимание в последние годы уделяется поиску современных компактных и экономически оправданных технических решений по разработке устройств сенсорного управления, которые могли бы применяться как в реальных технических устройствах, так и для внедрения инновационных методов и технологий в образовательный процесс при подготовке и переподготовке специалистов инженерно-технического профиля.

Цель настоящей работы состояла в разработке прототипа ёмкостной панели управления на базе платформы *Arduino Uno*, включающий в себя несколько сенсорных зон и систему обработки жестов.

Основная часть. Принцип работы ёмкостного сенсора. Общий принцип действия ёмкостных сенсоров, являющихся основным элементом разработанной панели управления, основан на измерении изменений электрической ёмкости проводника при приближении тела человека.

В настоящей работе для создания прототипа ёмкостной панели управления использовалась платформа *Arduino Uno* [3-5]. Общая принципиальная схема устройства представлена на рисунке 1.



1 – платформа *Arduino Uno*; 2 – радиомодуль *nRF24L01*; 3 – медный электрод ёмкостного сенсора; 4 – резистор 10 МОм; 5 – экранирующая оболочка с изоляцией от сенсора; 6 – экранированная линия связи; 7 – литий-ионный аккумулятор 18650, 3.7V; 8 – повышающий DC-DC преобразователь на микросхеме MT3608; 9 – керамический конденсатор (0.1 мкФ); 10 – электролитический конденсатор (100 мкФ); 11 – светодиод индикации; 12 – резистор 220 Ом; 13 – выключатель/вкл/выкл панели; 14 – центральная точка заземления («звезда»)

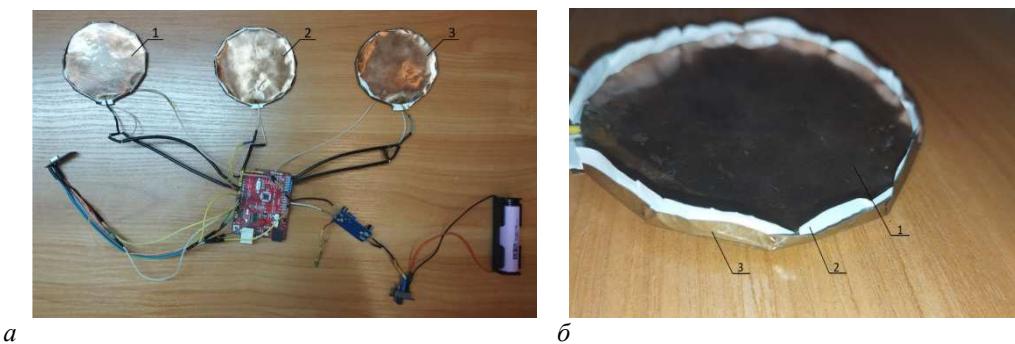
Рисунок 1. – Принципиальная электрическая схема ёмкостной сенсорной панели

Принцип работы каждого сенсора реализован на базе библиотеки CapacitiveSensor и заключается в методе ёмкостного заряда и разряда. Цифровой вывод Arduino Uno, Send Pin генерирует импульс, который через токоограничивающий резистор номиналом 10 МОм заряжает медный электрод. Второй цифровой вывод, Receive Pin, измеряет время, необходимое для разряда электрода до низкого логического уровня. Это время прямо пропорционально общей ёмкости системы. Ёмкость системы изменяется при приближении руки человека к поверхности сенсора, что срабатывает в системе как добавление параллельно подключённого конденсатора. Увеличение общей ёмкости системы приводит к заметному росту времени разряда, которое фиксируется микроконтроллером, чем и регистрируется факт приближения или касания.

В соответствии с алгоритмом работы с целью повышения стабильности сигнала и снижения уровня шума каждого сенсора осуществляется усреднение 10 последовательных измерений. Полученное усреднённое значение сравнивается с динамически определяемым порогом срабатывания. При его превышении генерируется цифровой сигнал, который передаётся по радиоканалу на приёмное устройство.

Стабильность работы микроконтроллера и радиомодуля nRF24L01+, обеспечивающих автономность и беспроводное взаимодействие компонентов системы, критически зависит от качества напряжения питания [5]. Для его обеспечения была реализована схема автономного питания на базе литий-ионного аккумулятора 18650 (3.7 В) и повышающего преобразователя на микросхеме MT3608. На вход и выход преобразователя установлены фильтрующие керамические и электролитические конденсаторы для эффективного подавления высокочастотных и низкочастотных пульсаций соответственно.

Конструктивное исполнение сенсорной панели представляет собой отладочный прототип, общий вид и компоновка которого представлены на рисунке 2.



а) общий вид панели: 1 – сенсор 1; 2 – сенсор 2; 3 – сенсор 3.

б) многослойная структура сенсора:

1 – медный электрод (покрыт лаком); 2 – бумага; 3 – экранирующий слой

Рисунок 2. – Компоновка сенсорной панели

Сенсоры были компактно размещены на общей плоскости (рисунок 2.а)). Экранирующие слои каждого сенсора и экранирующая оплётка соединительных кабелей объединены по схеме «звезда» и подключены к единой точке заземления на плате Arduino Uno, что позволяет минимизировать контурные токи и повышать помехоустойчивость устройства.

Каждый сенсорный элемент конструкции представляет собой трёхслойную структуру (рисунок 2 б)). Покрытие медных электродов тонким слоем акрилового лака предохраняет медь от окисления и коррозии при длительной эксплуатации, а также обеспечивает дополнительную электрическую изоляцию от внешних воздействий.

Система беспроводной связи и питания. Аппаратными компонентами системы, обеспечивающими её автономность и беспроводное взаимодействие являются радиомодуль nRF24L01+ и система на базе аккумулятора и повышающего преобразователя [3,5].

Трансивер nRF24L01+, работающий на частоте 2.4 ГГц, был выбран по причине его малого энергопотребления, достаточной дальности связи и простоты интерфейса подключения к микроконтроллеру. Модуль подключается к микроконтроллеру через интерфейс SPI и два цифровых вывода для управления [3-5].

Поскольку радиомодуль nRF24L01+ работает в высокочастотном диапазоне 2.4 ГГц, а ёмкостные сенсоры опрашиваются на низких частотах (единицы-сотни кГц), определяемых временем заряда-разряда RC-цепи, то что высокочастотные помехи от радиоприёмника практически не влияют на работу аналоговой части ёмкостных сенсоров. Это является ключевым фактором, обеспечивающим стабильную и помехоустойчивую работу всей системы в целом, и избавляет от необходимости применения дополнительных сложных схем фильтрации.

С целью обеспечения мобильности и автономности разработанного устройства была реализована система автономного питания на основе литий-ионного аккумулятора формата 18650 с номинальным напряжением 3.7 В и ёмкостью 2500 мА*ч. Для получения стабильного напряжения +5 В, необходимого для питания платы Arduino Uno, применялся повышающий импульсный преобразователь на микросхеме MT3608. Для подавления импульсных помех преобразователя на его вход и выход были установлены двухзвенные RC-фильтры, состоящие из электролитических (100 мкФ) и керамических (0.1 мкФ) конденсаторов. Цепь питания включает механический тумблер для полного отключения системы и светодиод индикации наличия напряжения на выходе преобразователя.

Экранирование и помехоустойчивость. Для обеспечения надёжной помехоустойчивости ёмкостных сенсоров была применена комплексная система экранирования.

Во-первых, подключение сенсоров к плате Arduino Uno в устройстве осуществлено экранированным кабелем, центральная жила которого используется для передачи сигнала, а экранирующая оплётка выполняет функцию защиты от электромагнитных помех.

Конструкционная система экранирования включают два уровня защиты: локальное экранирование каждого сенсора, заключающееся в том, что медный электрод отделён от общего экрана слоем диэлектрика, что формирует направленную диаграмму чувствительности, и глобальное экранирование системы, при котором все экранирующие элементы объединены в единственную точку («звезда»), которая подключена к земляной шине (GND) Arduino [4]. Выбранная схема заземления позволяет избежать возникновения контурных токов и значительно снижает влияние внешних электромагнитных помех и взаимное влияние между соседними сенсорами.

Выводы. В результате выполнения работы разработан прототип сенсорной панели с тремя ёмкостными зонами, в которой реализована индивидуальная калибровка каждого канала, оснащённая системой автономного питания и системой помехоустойчивости. Конструкция прототипа обеспечивает высокую повторяемость измерений и защиту от внешних электромагнитных помех. Прототип полностью готов к интеграции в корпус для конечного применения как в реальных технических устройствах, так и для внедрения инновационных методов и технологий в образовательный процесс для демонстрации принципов ёмкостного взаимодействия и проектирования человеко-машинных интерфейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емкостные датчики: принцип работы, виды, применение - полезная статья от компании ОвенКомплектАвтоматика. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.owenkomplekt.ru/okompanii/stati/emkostnye-datchiki-prinzip-raboty-vidy-primenenie/> – Дата доступа: 16.09.2025.
2. Mordor Intelligence. Глобальный рынок ёмкостных датчиков приближения. – Электрон. дан. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/global-capacitive-proximity-sensors-market-industry> – Дата доступа: 16.09.2025.
3. Интерфейс передачи данных - SPI [Электронный ресурс] / 3DiY. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-spi/> – Дата доступа: 16.09.2025.
4. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino/ В.А.Петин. - 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 560 с.
5. Подключение к Arduino радиочастотного модуля nRF24L01: схема и программа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/kak-rabotaet-modul-nrf24l01-i-kak-ego-podklyuchit-k-arduino/> – Дата доступа: 16.09.2025.

УДК 004.624, 004.45

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЁМКОСТНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

С. Р. КИСЕЛЁВ
(Представлено: Н. В. ВАБИЩЕВИЧ)

Представлено встраиваемое программное обеспечение, разработанное на базе платформы Arduino Uno, для реализации логики управления ёмкостными сенсорами, алгоритма автоматической калибровки и протокола беспроводной связи. Разработанное на Python кроссплатформенное приложение позволяет осуществлять мониторинг работы панели в реальном времени. Представленная разработка может быть интегрирована в лабораторное оборудование и образовательные проекты, что позволит облегчить обучающимся освоение технологий сенсорного управления.

Введение. С начала 2000-х в мире наблюдается активный рост применения технологий бесконтактного управления электронными устройствами, что обусловлено такими их преимуществами по сравнению с кнопочным управлением как надёжность, долговечность, соблюдение стерильности, минимизация физического износа устройств [1]. Особый интерес проявляется в настоящее время к поиску и разработке компактных и недорогих устройств сенсорного управления. Автором настоящей работы был создан прототип ёмкостной панели управления на базе платформы Arduino Uno, включающий в себя несколько сенсорных зон и систему обработки жестов, в связи с чем появилась задача написания программного обеспечения для обеспечения работы сенсоров и визуализации данных, поступающих с сенсорной панели, диагностики системы и анализа её работы в реальном времени.

Цель работы состояла в разработке встраиваемого программного обеспечения (ПО) для управления ёмкостными сенсорами прототипа беспроводной ёмкостной панели управления, разработанной на базе Arduino Uno.

Основная часть. Встраиваемое ПО передатчика. Программа, являющаяся основой ПО сенсорной панели, состоит из двух основных процедур: *setup()*, выполняемой однократно при запуске, и *loop()*, работающей в бесконечном цикле. Код написан на языке C++ [2] в среде Arduino IDE [3] с использованием ключевых библиотек: *CapacitiveSensor.h* для работы с ёмкостными датчиками, *RF24.h* для управления трансивером nRF24L01+ и *SPI.h* для реализации низкоуровневого интерфейса связи с радиомодулем [4, 5].

Программно реализовано применение конечного автомата с двумя состояниями: калибровка и рабочий режим.

Алгоритм калибровки активируется при старте системы и выполняет следующие действия:

- Инициализация периферии - настройка цифровых портов, инициализация аппаратного интерфейса SPI для обмена данными с радиомодулем, настройка самого радиомодуля.
- Отключение автокалибровки библиотеки для предотвращения конфликта алгоритмов, так как встроенный механизм постоянно адаптирует базовый уровень под средние значения, в то время как наша реализация использует пиковые значения фона для установки статичного порога срабатывания.
- Определение базового уровня: В течение 100 итераций система считывает показания с каждого сенсора с 10-кратным усреднением (*capacitiveSensor(10)*), определяя максимальные зафиксированные значения фона.
- Установка порога с гистерезисом: К полученным максимальным значениям добавляется статичное значение гистерезиса (40 единиц). Этот приём исключает ложные срабатывания от незначительных колебаний окружающей среды и обеспечивает чёткий момент активации.

Рабочий режим реализован в функции *loop()* и представляет собой следующий алгоритм:

- Опрос сенсоров - циклическое чтение текущих значений с всех трёх сенсоров с 10-кратным усреднением.
- Формирование и отправка данных - после считывания сигналов формируется сообщение, которое немедленно передаётся по радиоканалу методом *radio.write()*. Отправка каждого пакета данных осуществляется через низкоуровневый интерфейс SPI, который обеспечивает высокоскоростную и надёжную передачу.
- Введение задержки для стабилизации измерений (исключение влияние заряда, накопленного на сенсоре, на следующее измерение) и снижения общего энергопотребления системы за счёт уменьшения времени активности процессора.

Фундаментальным фактором, обеспечивающим работу всей системы, является корректная инициализация объектов сенсоров с указанием физических выводов микроконтроллера. Ключевым программным компонентом, обеспечивающим работу ёмкостных сенсоров в настоящем проекте является библиотека *CapacitiveSensor*, преимуществом использования которой стало обеспечение точного измерения

малых значений электрической ёмкости. Использование указанной библиотеки позволило создать простой и эффективный алгоритм управления сенсорными элементами разработанной системы.

Прежде всего, для обеспечения независимости управления каждым отдельным сенсором были созданы программные объекты, каждый из которых связан с конкретной парой физических выводов микроконтроллера, используемых в цифровом режиме.

Принцип работы библиотеки *CapacitiveSensor* основан на методе заряда и разряда RC-цепи. Алгоритм измеряет время, необходимое для разряда ёмкостного электрода через резистор известного номинала. Основной метод измерения *capacitiveSensor(10)* выполняет 10 последовательных циклов измерений с последующим усреднением результата, что позволяет повысить стабильность показаний за счёт подавления случайных выбросов и уменьшить влияние высокочастотных помех и получить репрезентативное значение ёмкости.

Библиотека обеспечивает разрешающую способность порядка 0.1 пикофарада, что достаточно для уверенного детектирования приближения руки на расстоянии ≈ 4 см от поверхности используемых сенсоров. Стабильность показаний достигается благодаря как программному усреднению, так и правильной организации заземления экранирующих элементов.

Библиотека *CapacitiveSensor* возвращает результат измерения в условных единицах (количество тактов, затраченных на процесс заряда и разряда RC-цепочки). В основе расчёта лежит подсчёт числа циклов, которое требуется для разряда сенсорного электрода через резистор до низкого логического уровня. Таким образом, получаемые значения являются относительными и зависят от параметров RC-цепи, но прямо коррелируют с изменением ёмкости сенсора. В практическом применении это выражается в том, что рост значения соответствует увеличению ёмкости (например, при приближении руки), а снижение — её уменьшению. Такой формат данных удобен тем, что не требует пересчёта в физические единицы (фарады), а используется для сравнения с базовой линией (baseline) и последующей обработки алгоритмами фильтрации.

Таким образом, являясь надёжным и эффективным инструментом для измерения ёмкостных измерений, библиотека *CapacitiveSensor* позволила в настоящей работе реализовать основной функционал сенсорной панели с минимальными аппаратными затратами.

Фильтрация и буферизация данных. Проблема обеспечение устойчивости показаний ёмкостных сенсоров к помехам в настоящей работе решалась комплексно в сочетании аппаратных методов экранирования с программными алгоритмами фильтрации и буферизации данных.

Алгоритмическая фильтрация была реализована по многоуровневой схеме:

1. Аппаратное усреднение на уровне библиотеки: выполнение методом *capacitiveSensor(10)* 10 последовательных измерений за один вызов с последующим усреднением результата, что эффективно подавляет случайные выбросы на самом низком уровне.

2. Статический порог срабатывания с индивидуальным гистерезисом. После калибровки для каждого сенсора устанавливается персональный порог срабатывания. Величина гистерезиса (40 единиц) была использована на этапе разработки для компенсации характерного уровня шумов наиболее стабильного сенсора.

3. Циклическая буферизация опроса сенсоров с фиксированным интервалом 50 мс использовалась в разрабатываемом ПО для обеспечения предсказуемой нагрузки на процессор и радиоканал, исключения взаимного влияния последовательных измерений и снижения потребления энергии по сравнению с непрерывным опросом.

Адаптация к различной чувствительности сенсоров потребовала разработки гибкой системы анализа, для чего в алгоритм была заложена возможность индивидуальной настройки параметров для каждого канала:

Встраиваемое ПО приёмника. Программное обеспечение приёмной стороны отвечает за приём сигналов с сенсоров, их интерпретацию, распознавание жестов на основе временных комбинаций и управление исполнительными устройствами. Алгоритм реализован для платформы Arduino Uno с использованием библиотеки *RF24.h* для работы с радиомодулем nRF24L01+ [3, 5].

Аппаратная основа приёмника представляет собой связку из платы Arduino Uno, радиомодуля nRF24L01 для приёма данных и RGB-светодиода в качестве исполнительного устройства для визуализации распознанных команд. Светодиод подключён через ШИМ-выводы (пины 3, 5, 6), что позволяет программно формировать любой цвет свечения путём широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сигнала.

Программная архитектура построена вокруг концепции конечного автомата (state machine), главными состояниями которого являются:

- Ожидание команды (IDLE) — состояние покоя, в котором система прослушивает эфир.
- Запись сигналов (RECORDING) — состояние, активируемое при получении данных.
- Анализ буфера (PROCESSING) — состояние, в котором сигналы проверяются на превышение пороговых значений, интерпретируются, и осуществляется разбор накопленной последовательности и выполнение соответствующего действия.

Реализация данной логики потребовала объявления следующего набора переменных, каждая из которых выполняет строго определённую роль:

```

#include <SPI.h>                                // Для работы с аппаратным интерфейсом SPI
#include <RF24.h>                                // Для управления радиомодулем
RF24 radio(9, 10);                            // Создание объекта радио: CE на пин 9, CSN на пин 10
const byte address[6] = "00001";                // Уникальный адрес канала для связи с передатчиком

int redPin = 6, greenPin = 5, bluePin = 3;      // Пины ШИМ для подключения каналов R, G, B
int red = 0, green = 0, blue = 0;                // Текущие значения яркости для каждого канала (0-255)
String inputBuffer = "";                        // Динамическая строка для накопления входящих команд
unsigned long lastReceiveTime = 0;              // Временная метка последней полученной команды
const unsigned long comboTimeout = 300;          // Временное окно (мс) для формирования //комбинации

char lastKey = 0;                                // Идентификатор последнего принятого сенсора
unsigned long lastKeyTime = 0;                    // Временная метка последнего принятого сигнала
const unsigned long debounceTime = 50;            // Временной интервал (мс), в течение которого
                                                // повторные сигналы от одного сенсора игнорируются

bool blinkMode = false;                          // Флаг активного режима мигания
unsigned long blinkStartTime;                   // Время активации режима мигания
const unsigned long blinkInterval = 300;          // Интервал (мс) между сменой состояний
                                                // в режиме мигания

```

Таким образом, программная архитектура приёмника основана на чётком разделении функций между переменными, что обеспечивает надёжную работу системы распознавания жестов, фильтрации помех и управления исполнительными устройствами.

Ключевой особенностью системы является алгоритм распознавания не только одиночных нажатий, но и их комбинаций, выполняемых в быстрой последовательности. Для этого реализован механизм буферизации с плавающим таймаутом.

Функция *processBuffer()* выполняет сопоставление содержимого буфера с заложенной в систему логикой управления. В данном проекте управление реализовано для RGB-светодиода, который реагирует на команды изменением цвета и режимами работы (постоянное свечение, мигание).

Реализация режима мигания обеспечивает визуальную индикацию особых состояний системы. Данный режим активируется при распознавании определённых комбинаций ("12" или "21") и работает по принципу циклического переключения состояний по истечении заданного интервала времени (*blinkInterval*). В основном цикле *loop()* постоянно проверяется условие: если флаг *blinkMode* установлен в *true*, то система сравнивает текущее время, прошедшее с момента активации режима (*millis() - blinkStartTime*), с заданным интервалом. При превышении интервала состояние светодиода инвертируется (происходит переключение с красного цвета на синий), а время последнего переключения обновляется. Это создаёт периодический эффект мигания, который продолжается до тех пор, пока не будет распознана другая команда.

Таким образом, программное обеспечение приёмной стороны представляет собой гибкую систему, способную не только детектировать факт касания, но и анализировать сложные жестовые комбинации, преобразуя их в понятные команды управления.

Кроссплатформенное приложение для мониторинга. Для визуализации данных, поступающих с сенсорной панели, диагностики системы и анализа её работы в реальном времени было разработано специализированное кроссплатформенное приложение на языке Python [3, 6]. Интерфейс приложения интуитивно понятен и разделен на несколько логических областей. Техническая реализация приложения использует библиотеки *pyserial* для связи с Arduino, *tkinter* для создания GUI и *matplotlib* для построения графиков (рисунок 1). Расположенная под графиками информационная панель включает текстовое поле лога событий с временными метками, индикатор текущей распознанной команды и отображение текущих значений порогов для каждого сенсора (рисунок 2)

Многопоточная архитектура обеспечивает плавную работу интерфейса пока ведётся фоновая обработка данных из последовательного порта.

Таким образом, приложение предоставляет комплексный инструмент для визуального мониторинга работы системы, позволяя в реальном времени наблюдать за сигналами сенсоров, процессами калибровки и распознавания жестов, что существенно упрощает отладку и демонстрацию возможностей разработанной сенсорной панели.

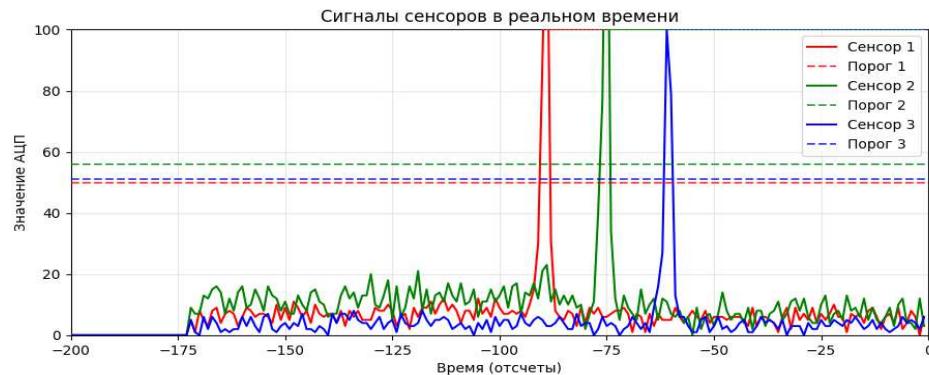


Рисунок 1. – Пример работы графиков приложения

```

12:37:38 - Обнаружено Arduino на порту: COM6
12:37:38 - Доступные порты: COM6
12:37:38 - Программа запущена на Windows
12:37:38 - Для начала работы подключите Arduino и нажмите 'Подключить'
12:37:43 - Подключено к COM6
12:37:43 - Ожидание данных от панели...
12:37:49 - Пороги получены: [48, 56, 51]
12:37:57 - Начало записи команды...
12:37:58 - Выполняется: Действие 13
12:37:58 - Начало записи команды...
12:37:58 - Выполняется: Действие 13
12:37:58 - Начало записи команды...
12:37:58 - Выполняется: Действие 1
12:38:07 - Начало записи команды...
12:38:07 - Выполняется: Действие 2

```

Рисунок 2. – Пример лога событий и распознавания команд

Вывод: Создана система беспроводной передачи данных для управления электронными устройствами, в рамках которой разработанное на базе платформы Arduino Uno встраиваемое программное обеспечение реализует логику управления ёмкостными сенсорами, алгоритм автоматической калибровки и протокол беспроводной связи. Разработанное на языке Python и представленное в настоящей работе кроссплатформенное приложение позволяет осуществлять мониторинг работы панели в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емкостные датчики: принцип работы, виды, применение. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://leuze.ru/emkostnye-datchiki> – Дата доступа: 16.09.2025.
2. Кривцов, А. Н. Алгоритмизация и программирование. Основы программирования на С/С++ : учебное пособие / А. Н. Кривцов, С. В. Хорошенко. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2020. — 202 с.
3. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino/ В.А.Петин. - 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 560 с.
4. Интерфейс передачи данных - SPI [Электронный ресурс] / 3DiY. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeysi-peredachi-dannykh-spi/> – Дата доступа: 16.09.2025.
5. Подключение к Arduino радиочастотного модуля nRF24L01: схема и программа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/kak-rabotaet-modul-nrf24l01-i-kak-ego-podklyuchit-k-arduino/> – Дата доступа: 16.09.2025.
6. Python и Arduino - их совместное использование с помощью PySerial для управления светодиодом. [Электронный ресурс]. — Дата доступа: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/ispolzovanie-yazyka-programmirovaniya-python-vmeste-s-arduino/> – Дата доступа: 16.09.2025.

УДК 004.732

СТАНДАРТИЗАЦИЯ РАБОТЫ БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

М. В. КОВАЛЕВСКАЯ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. А. ДОВГЯЛО)

Рассмотрены основные характеристики стандартов группы IEEE 802.11, методы передачи данных, позволяющие передать кадр подуровня MAC с одной станции на другую. Приведена общая диаграмма перекрытия частотных каналов в диапазоне 2,4-2,5ГГц.

Введение. Стандарты IEEE 802.11, известные как Wi-Fi, представляют собой набор спецификаций, определяющих работу беспроводных локальных сетей (WLAN). Эти стандарты развиваются с течением времени, добавляются новые возможности и повышается производительность сетей, например, стандарты 802.11a/b/g/n/ac/ax/be обеспечивают увеличение скорости, уменьшение задержек и расширение дальности действия, а дополнения типа 802.11k/v/r помогают улучшить роуминг клиентов между точками доступа.

Основная часть. Разработка стандартов IEEE 802. Разработкой стандартов IEEE 802 занимается организация IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Стандарт IEEE 802.11 разработан в 1996 году в лаборатории CSIRO (Канберра, Австралия) и является базовым для всех последующих спецификаций (802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac). Коммерческое название этих сетей - Wi-Fi (Wireless Fidelity)- «беспроводная точность», что говорит о гарантировано-качественной беспроводной связи.

В стандарте IEEE 802.11 регламентируется работа оборудования на центральной частоте 2,4 ГГц с максимальной скоростью до 2 Мбит/с. [1].

Технология Wi-Fi используется для организации сетей, работающих в международном нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц и 5 ГГц:

- Industrial/Промышленный: 902 – 928 МГц (ширина 26 МГц);
- Scientific/Научный: 2400 – 2500 МГц (ширина 100 МГц);
- Medical/Медицинский: 5725 – 5875 МГц (ширина 150 МГц).

Для сетей стандарта Wi-Fi используется в основном часть диапазона 2400 - 2500 МГц. В полосе частот Wi-Fi 2.4 ГГц доступны 3 неперекрывающихся канала: 1, 6, 11. Данное выделение строится на требовании IEEE по обеспечению минимума в 25 МГц для разнесения центров неперекрывающихся частотных каналов Wi-Fi. При этом ширина канала составляет 22 МГц.

На физическом уровне базового протокола IEEE 802.11 реализовано 2 метода передачи данных, позволяющих передать кадр подуровня MAC с одной станции на другую:

- метод скачкообразной перестройки частоты с расширением спектра FHSS;
- опционный метод прямой последовательности расширения спектра DSSS.

Общая диаграмма перекрытия частотных каналов в диапазоне 2,4-2,5ГГц изображена на рисунке 1.

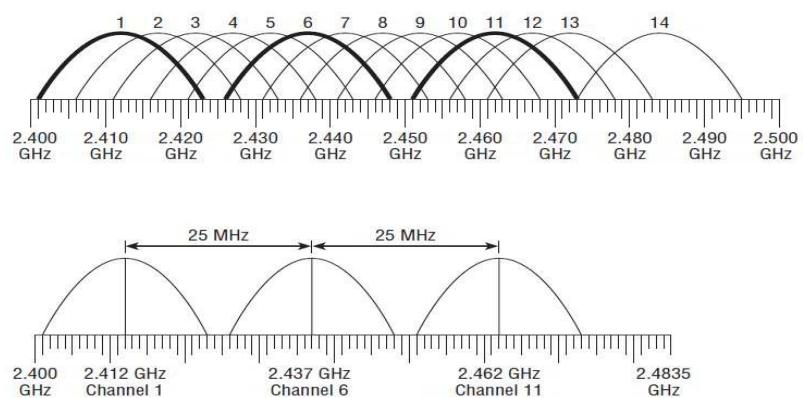


Рисунок 1. – Общая диаграмма перекрытия частотных каналов в диапазоне 2,4-2,5ГГц

Диапазон 5 ГГц (также известный как UNII) фактически состоит из трех субдиапазонов: UNII 1 (5.15 – 5.25 ГГц), UNII 2 (5.25 – 5.35 ГГц) и UNII 3 (5.725 – 5.825 ГГц). При использовании одновременно

двух субдиапазонов UNII 1 и UNII 2 получаем до восьми непересекающихся каналов против всего лишь трех в диапазоне 2.4 ГГц. Для поиска свободного канала связи необходимо скоординировать подключение сети с администрациями других сетей. Каждая сеть должна использовать канал-частоту, отделенную от другого канала полосой 25 МГц [2].

Беспроводной доступ на частотах 5150 – 5350 МГц и 5650 – 6425 МГц обеспечивает высокую скорость передачи данных в сети Интернет и для работы в указанных диапазонах не требуется специального разрешения. Формирование каналов WiFi в 5 ГГц изображено на рисунке 2.

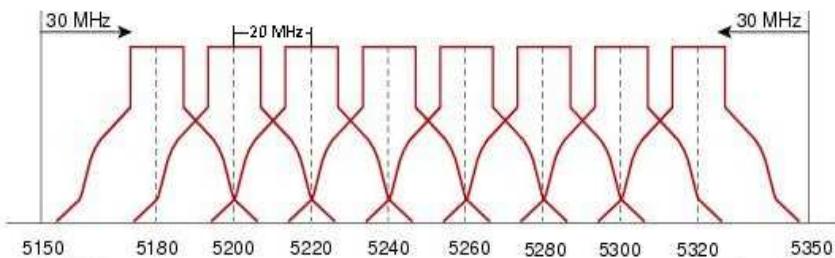


Рисунок 2. – Формирование каналов WiFi в 5 ГГц

В стандарте IEEE 802.11 для передачи сигналов используются фазовые модуляции (ФМ): BPSK, DQPSK, QPSK.

BPSK (Binary Phase Shift Keying) – двоичная фазовая модуляция, являющаяся самой простой формой фазовой модуляции. Работа схемы двоичной ФМ заключается в смещении фазы несущего колебания на одно из двух значений, нуль или π (180°). Двоичную фазовую модуляцию можно также рассматривать как частный случай квадратурной модуляции (QAM-2).

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) – при квадратурной фазовой модуляции используется со-звездие из четырёх точек, размещенных на равных расстояниях на окружности. За счет использования четырех фаз, в QPSK на один символ приходится два бита. Анализ показывает, что скорость может быть увеличена в два раза относительно BPSK при той же полосе сигнала, либо скорость остается прежней, но полоса пропускания уменьшается вдвое.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – для передачи на более высоких скоростях используется квадратурная амплитудная модуляция. Данный тип модуляции подразумевает, что информация кодируется не только за счёт изменения фазы сигнала, но и за счёт его амплитуды. В протоколе 802.11a используются модуляции 16-QAM и 64-QAM. В первом случае имеется 16 различных состояний сигнала, что позволяет закодировать четыре бита в одном символе. Во втором случае имеется уже 64 возможных состояния сигнала, что позволяет закодировать последовательность шесть битов в одном символе. Модуляция 16-QAM применяется на скоростях 24 и 36 Мбит/с, а модуляция 64-QAM – на скоростях 48 и 54 Мбит/с [3].

Сегодня широко используются только несколько стандартов группы IEEE 802.11. В таблице 1 представлены основные технические параметры, регламентированные в стандартах.

Таблица 1. – Основные характеристики стандартов группы IEEE 802.11

Стандарт	Спецификации				
	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Частотный диапазон, ГГц	5	2.4	2.4	2.4 и 5	5
Скорость передачи, Мбит/с	до 54	до 11	до 54	до 300	до 600
Ширина канала, МГц	20	22	20	20 или 40	20, 40, 80 или 160
Антennaя технология	SISO	SISO	SISO	MIMO	MIMO, MU-MIMO
Технология расширения спектра	OFDM	HR-DSSS	DSSS, OFDM	OFDM	OFDM
Метод кодирования	BCC	Baker11, CCK	Baker11, CCK	BCC, LDPC	BCC, LDPC
Метод модуляции	BPSK, QPSK, QAM-16, QAM-64	DBPSK, DQPSK	DBPSK, DQPSK, BPSK, QPSK, QAM-16, QAM-64	BPSK, QPSK, QAM-16, QAM-64, QAM-256	BPSK, QPSK, QAM-16, QAM-64, QAM-256
Количество пространственных потоков	1	1	1	от 1 до 4	от 1 до 8

Заключение. В настоящее время наиболее широко используются стандарты 802.11n и 802.11ac. В диапазоне 2.4 ГГц работает большое количество устройств, в том числе и некоторые бытовые приборы, поэтому он наиболее сильно подвержен электромагнитным помехам. Диапазон 5 ГГц менее загружен и способен стабильно транслировать сигнал на высокой скорости, при этом имеет до 23-х непересекающихся каналов, что обеспечивает широкие возможности выбора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации : учеб.пособие / В.М. Вишневский [и др.]; под общ. ред. В.М. Вишневского. – Москва : Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Алексеев, В. А. Беспроводные локальные сети IEEE 802.11 Wi-Fi / В.А. А Алексеев. – методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Сети ЭВМ и телекоммуникации. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.– 26 с.
3. 3.Что такое модуляция сигнала //D-linkforbusiness [Электронный ресурс].2013. –Режим доступа: <http://ftp.dlink.ru/pub/Wireless/knowlegebase/f29.pdf>–Дата доступа: 25.09.2025.

УДК 004.733

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА АДАПТИВНОЙ МОДУЛЯЦИИ

В. В. КОВАЛЕВСКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. А. ДОВГЯЛО)

Рассмотрена адаптивная модуляция для предоставления пользователям Республиканского унитарного предприятия электросвязи «Белтелеком» качественных мультимедийных услуг: передача голоса, передача данных и IPTV.

Введение. Адаптивная модуляция – это технология в беспроводной связи, которая динамически изменяет параметры модуляции и кодирования сигнала в зависимости от текущих условий радиоканала, чтобы обеспечить наилучшее соотношение между скоростью передачи данных и надежностью связи.

Актуальной задачей является установление параметров модуляции, при которых сохранится требуемая скорость передачи данных и качество предоставляемых услуг абонентам.

Основная часть. Для предоставления пользователям качественных мультимедийных услуг с высокой скоростью, в стандарте IEEE 802.16d реализована технология адаптивной модуляции.

При реализации услуги tripleplay в системе WiMAX необходимо в одном физическом канале передать три информационных сигнала: передачу голоса, передачу данных и IPTV. Такой канал должен обладать высокой пропускной способностью, что обеспечивает необходимую скорость передачи. Скорость передачи, в свою очередь, зависит от показателя отношения сигнал/шум присутствующего в системе. Перечисленные показатели определяют тот или иной тип модуляции. Для предоставления абоненту определенного вида услуг, необходима соответствующая полоса пропускания, чтобы услуга передавалась без задержек и с требуемым качеством. Следовательно, задачей адаптивной модуляции будет являться способность определять и использовать оптимальную, с точки зрения предоставления качественных услуг, схему модуляции, которая будет определяться показателем отношения сигнал/шум в радиоканале.

Радиоканал с высоким качеством позволяет использовать наивысшую схему модуляции, что может дать системе дополнительную емкость. Если же сигнал подвержен затуханию, то для поддержания стабильности канала система WiMAX изменяет схему модуляции на более помехоустойчивую. В этой связи, чтобы сохранить емкость базовой станции и увеличить количество абонентов необходимо добиваться высоких показателей отношения сигнал/шум. Оптимальный тип модуляции будет определен после анализа условий распространения радиосигнала в радиоканале.

Для оценки эффективности применения оптимального, с точки зрения, предоставления услуги tripleplay, вида модуляции, проведен эксперимент, позволяющий исследовать статистический характер адаптивной модуляции.

При проведении эксперимента задействовано действующее оборудование базовой станции Aperto PacketMax-5000, и программное обеспечение «HarrisStratexWiMAXNetworkManagement», предназначенное для управления, сбора и регистрации статистических данных.

В качестве цели эксперимента ставится исследование различных видов модуляции, на частоте 3,3 ГГц при полосе пропускания 7 МГц и скорости передачи 7 Мбит/с. Различные модуляции радиосигнала могут применяться в системе WiMAX в тот или иной момент времени, чтобы показатели канала при передаче услуги tripleplay не выходили за пределы допустимых.

Секторная антенна базовой станции, J33015V01-90N компании LairdTechnologies, имеет вертикальную поляризацию, диаграмму направленности 90° и предназначена для работы в диапазоне 3,3-3,8 ГГц.

В качестве абонентской используется станция StarMAX 2160 производства Aviatnetworks. Диаграмма направленности абонентской станции в горизонтальной плоскости 15°, коэффициент усиления антенны 15 дБ, максимальная выходная мощность на антенном разъеме 24 дБм.

На рисунке 1 представлена схема подключения абонентов, с основными элементами базовой станции (БС) WiMAX, а также необходимым абонентским оборудованием для приема услуги tripleplay.

Из рисунка 1 видно, что в конструкции БС WiMAX применяется принцип модульности, т.е. БС разделена на блок внутреннего исполнения и блок внешнего исполнения.

Блок внутреннего исполнения предназначен для разделения функций БС между различными блоками, а также лучшей масштабируемости сети, оборудован слотами для установки модуля PMP (Point-to-multipoint).

В состав оборудования БС включен модуль GPS. Данный модуль предназначен для синхронизации при использовании системой WiMAX временного дуплекса. Синхронизация является важным

моментом, который необходимо учитывать при построении сети, поскольку время приёма/передачи должно быть синхронизировано как для разных секторов одной БС, так и для других базовых станций, являющихся соседними для рассматриваемой.

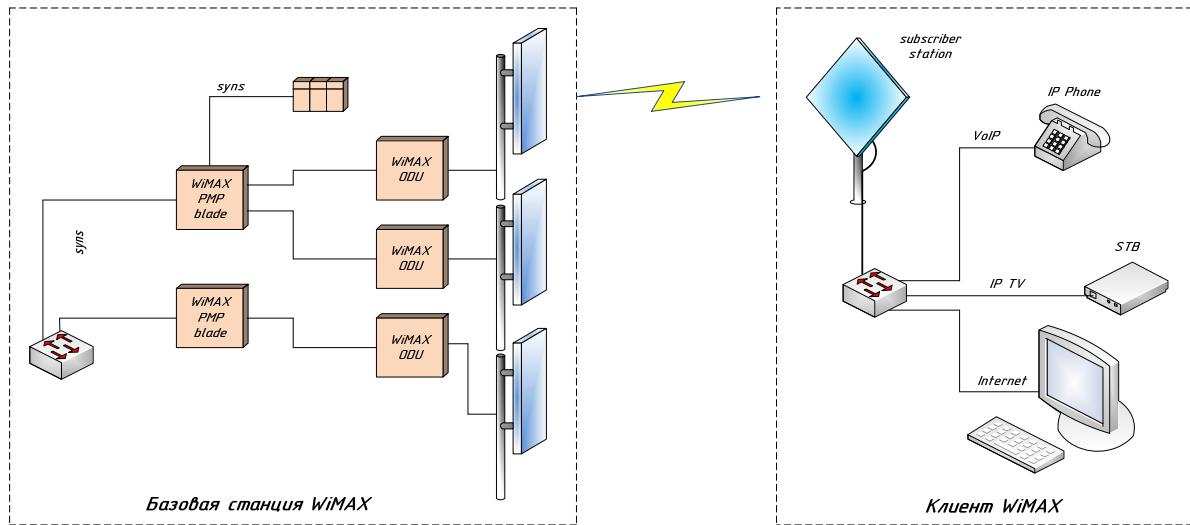


Рисунок 1. – Схема подключения клиентов

На абонентской стороне имеется приемная антенна, многопортовый маршрутизатор, который предназначен для предоставления услуги tripleplay и оборудование, соответствующие каждой услуге. В эксперименте используется сигнал с множеством поднесущих и с полосой пропускания 7 МГц.

Для определения видов модуляций, способных поддержать заданную скорость без ухудшения качественных показателей канала при передаче услуги tripleplay, в течение суток исследуется канал передачи данных. Одной из важных характеристик канала, используемых для анализа, являлось отношение CINR(Carrier-to-Interference + Noise Ratio) на линии «базовая станция – абонентская станция» или линия «вниз» (DL). На рисунке 2 показан график изменения отношения сигнал-шум CINR в зависимости от времени.

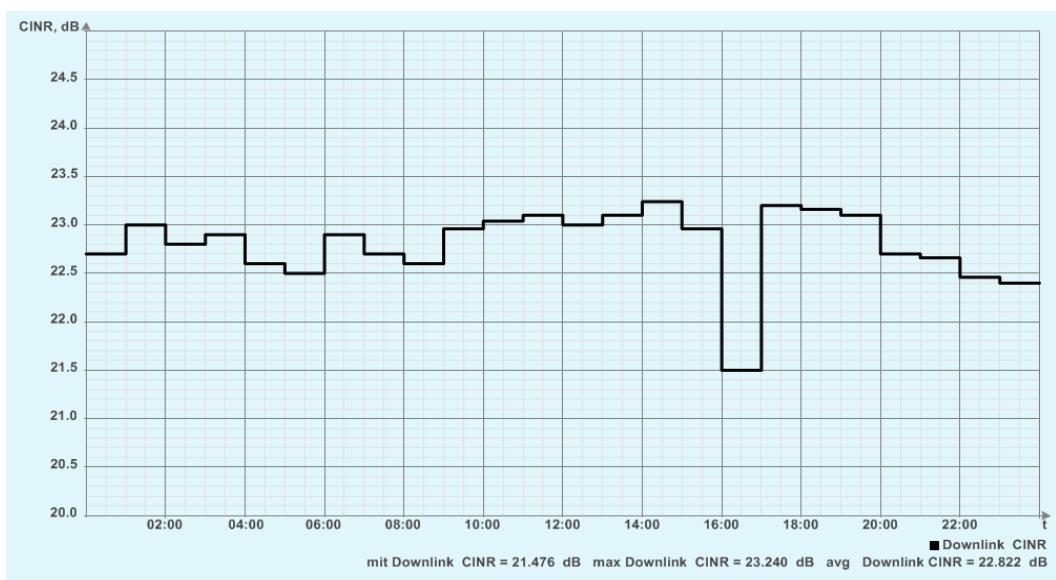


Рисунок 2. – Изменение значения CINR DL в течение суток

Измерения приводились с 00.00 часов до 24.00 часов. Как видно из графика, среднее значение CINR DL в течение суток составляет 22,822 дБ, что соответствует нормам модуляции 64QAM 3/4. [1] Однако в промежутке времени с 16:00 до 17:00 наблюдался значительный спад отношения сигнала-шум до 21,476 дБ. В этот момент был осуществлен переход на модуляцию 16QAM 3/4, которая является менее эффективным, но более надежным видом модуляции.

Для сравнения экспериментальных данных и показателей, гарантированных производителем, в таблице 1 приведены возможные скорости передачи при использовании того или иного вида модуляции и отношения сигнал/шум необходимые для максимально допустимого уровня битовой ошибки равной $BER=10^{-6}$ и определенные IEEE 802.16d [2].

Таблица 1. – Основные характеристики адаптивной модуляции

Модуляция	Скорость передачи, Мбит/с при ширине полосы канала, МГц						Отношение сигнал-шум, дБ
	1,75	3,5	7	3	5,5	10	
BPSK 1/2	0,7	1,5	2,9	1,3	2,3	4,2	5-10
QPSK 1/2	1,5	2,9	5,8	2,5	4,6	8,4	7-12
QPSK 3/4	2,2	4,4	8,7	3,8	6,9	12,6	10-15
16QAM 1/2	2,9	5,8	11,6	5,0	9,2	16,8	13-18
16QAM 3/4	4,4	8,7	17,5	7,5	13,8	25,1	16-22
64QAM 2/3	5,8	11,6	23,3	10,0	18,3	33,5	21-24
64QAM 3/4	6,5	13,1	26,2	11,3	20,6	37,7	22-40

Заключение. При сравнении полученных результатов и значений, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что в рассматриваемый промежуток времени доступная полоса пропускания базовой станции понизится, но при этом гарантия качества для абонентов сохраняется, несмотря на ухудшение энергетических показателей канала, так как модуляция 16QAM 3/4 способна поддержать установленную скорость. Из этого следует, что абоненты будут получать требуемую скорость работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сравнение 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM 128-QAM, 256-QAM // fmuser [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.fmuser.net/content/?1604.html> –Дата доступа: 21.09.2025.
2. Широкополосные беспроводные сети передачи информации : учеб.пособие / В.М. Вишневский [и др.]; под общ. ред. В.М. Вишневского. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.

УДК 004.89

**ВИРТУАЛЬНЫЕ ПОМОЩНИКИ
КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЦИФРОВОГО БАРЬЕРА:
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ И ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ
НОВОЙ СИСТЕМЫ**

Л. Н. ЛЕЙЧЕНКО, М. М. ТОЛСТИК
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)

В статье рассматривается проблема цифрового разрыва, в особенности среди старшего поколения. Проведен анализ современных виртуальных помощников, таких как Siri, Google Assistant, Alexa и Cortana, выявлены их ограничения. Обоснована необходимость разработки нового ассистента, ориентированного на офлайн-работу, глубокую персонализацию и интуитивное взаимодействие для упрощения использования компьютерных систем.

Ключевые слова: виртуальный помощник, искусственный интеллект, цифровой барьер, анализ рынка, персонализация, офлайн-режим.

Введение. В современном мире цифровые технологии играют ключевую роль во всех сферах жизнедеятельности человека, трансформируя способы коммуникации, работы и доступа к информации. Этот процесс, известный как Четвертая промышленная революция, характеризуется стиранием границ между физическим, цифровым и биологическим мирами. Одним из наиболее перспективных направлений развития человека-машинного взаимодействия является создание виртуальных помощников – интеллектуальных систем, способных не только выполнять рутинные задачи по запросу, но и прогнозировать потребности пользователя, proactively предлагая решения. Их развитие движется в сторону создания проактивных цифровых компаний, которые участвуют в жизни пользователя на постоянной основе. Такие помощники уже стали неотъемлемой частью цифровой экосистемы: голосовые ассистенты Siri и Google Assistant помогают в организации повседневных задач и управлении устройствами, системы автоматизации в умных домах, такие как Alexa, централизованно управляют бытовой техникой, а корпоративные решения, включающие чат-ботов и AI-ассистентов, оптимизируют обработку клиентских запросов и внутренние бизнес-процессы, сокращая операционные издержки до 30% [1]. Эти примеры подчеркивают не только практическую значимость, но и экономическую эффективность внедрения виртуальных помощников, что делает их одним из ключевых драйверов цифровой трансформации бизнеса и повседневной жизни.

Эволюция виртуальных помощников насчитывает несколько десятилетий, пройдя путь от простых детерминированных систем, основанных на жестких правилах (rule-based systems), до сложных когнитивных архитектур, использующих машинное обучение и обработку естественного языка (Natural Language Processing - NLP). Этот путь можно разделить на три основных волны развития: эпоха экспертных систем (1960-1990), где доминировали статические базы знаний; эпоха статистических методов (1990-2010), когда появились первые обучаемые алгоритмы; и современная эпоха глубокого обучения (после 2010 года), характеризующаяся использованием больших данных и сложных нейросетевых архитектур. Например, в 1960-х годах программа ELIZA, используя технику парсинга ключевых слов, имитировала диалог с психотерапевтом, демонстрируя иллюзию понимания [2]. В отличие от нее, современные системы, такие как GPT-модели, основаны на глубоких нейронных сетях-трансформерах, способных генерировать связные, контекстно-зависимые ответы, поддерживать многозадачность и демонстрировать элементы трансферного обучения. Разрыв между этими поколениями иллюстрирует фундаментальный сдвиг от имитации интеллекта к созданию систем, демонстрирующих элементы подлинного когнитивного поведения.

Особую социальную и технологическую актуальность виртуальные помощники приобретают в контексте преодоления цифрового разрыва (digital divide), особенно выраженного среди старшего поколения. Эта проблема имеет несколько измерений: доступ к технологиям, навыки их использования и мотивация. Согласно исследованиям Pew Research Center, более 65% лиц в возрасте старше 65 лет сталкиваются со значительными трудностями при использовании персональных компьютеров и сложных интерфейсов [3]. При этом пандемия COVID-19 наглядно продемонстрировала, что отсутствие цифровых навыков напрямую ведет к социальной изоляции. Виртуальный ассистент, обладающий интуитивным мультимодальным интерфейсом (голос, жесты), способен стать ключевым решением данной проблемы, абстрагируя пользователя от сложности файловых систем и графических интерфейсов командной строки (GUI/CUI). Это делает цифровые технологии инклюзивными и доступными для пользователей независимо от их возраста, технической грамотности и физических возможностей, что соответствует принципам универсального дизайна (universal design) в ИТ. Более того, такой помощник может выполнять образовательную функцию, постепенно и ненавязчиво повышая цифровую грамотность пользователя через интерактивное объяснение своих действий.

Анализ существующих решений. Выбор темы разработки специализированного виртуального помощника обусловлен ее растущей актуальностью на фоне цифровой трансформации общества. С экспоненциальным ростом объемов информации и количества ежедневных рутинных операций, выполняемых пользователями, возникает парадокс: вместо того чтобы облегчать жизнь, технологии зачастую усложняют ее, создавая "цифровую усталость". Это формирует устойчивый спрос на интеллектуальные системы-посредники, которые могут взять на себя исполнение повторяющихся сценариев (скриптов). Согласно данным исследовательской компании Gartner, к 2025 году около 75% домохозяйств будут использовать хотя бы одного виртуального помощника, а рынок этих технологий будет расти на 20-25% ежегодно, достигнув объема в \$35 млрд к 2027 году [4]. Помимо экономии временных ресурсов, современные ассистенты способствуют снижению когнитивной нагрузки пользователя, что напрямую влияет на продуктивность и качество жизни. Экономический эффект проявляется не только в прямом сокращении затрат на персонал в корпоративном секторе, но и в снижении порога входа для новых пользователей технологий, что расширяет общий рынок и стимулирует инновации.

Сравнительный анализ платформ позволяет выявить их ключевые архитектурные и функциональные особенности, а также лежащие в их основе бизнес-модели:

1. Siri (Apple) [5, 6]: Базируется на идеологии глубокой интеграции в аппаратно-программную экосистему Apple. Использует он-девайс обработку для базовых команд для обеспечения конфиденциальности и оффлайн-доступности. Ее бизнес-модель заключается не в прямой монетизации ассистента, а в увеличении ценности и лояльности к экосистеме Apple, что позволяет поддерживать высокие цены на устройства. Основное ограничение — закрытость API для глубокой интеграции со сторонними десктопными приложениями и операционными системами, что делает ее непригодной для кроссплатформенных сценариев.

2. Google Assistant [7]: Его сила — в мощной облачной AI-инфраструктуре Google и доступе к мировому массиву данных через поисковый индекс. Обладает превосходным пониманием контекста благодаря моделям типа BERT и LaMDA. Его бизнес-модель напрямую связана с монетизацией данных и рекламы. Критический недостаток — гиперзависимость от облака, что делает его функциональность урезанной без стабильного интернет-соединения и raises вопросы о конфиденциальности данных, так как практически каждый запрос отправляется на серверы компании.

3. Alexa (Amazon) [8, 9]: Сфокусирован на управлении "умным" домом через платформу Alexa Skills Kit. Имеет наиболее развитый рынок голосовых приложений (skills). Его монетизация строится на продвижении электронной коммерции Amazon и продаже устройств для умного дома. Однако страдает от фрагментации команд и низкой точности распознавания сложных, многосоставных запросов. Проблема "условных обозначений" — пользователь должен знать точный синтаксис для активации того или иного skill, что противоречит идеи интуитивности.

4. Cortana (Microsoft) [10]: Изначально позиционировалась как корпоративный помощник, интегрированный с Microsoft 365. После стратегического пересмотра в 2023 году ее функционал был значительно урезан и встроен в качестве подсистемы в Windows и Teams, что свидетельствует о свертывании развития как самостоятельного кроссплатформенного продукта. Это пример того, как даже мощная технологическая компания может проиграть конкурентную борьбу на рынке массовых ассистентов, не найдя устойчивой монетизации.

5. Bixby (Samsung) [11] и Alisa (Яндекс) [12]: Являются примерами нишевых и региональных решений. Bixby силен в автоматизации сценариев на устройствах Samsung (Bixby Routines), что является попыткой дифференциации на переполненном рынке. Alisa — в превосходной поддержке морфологии русского языка и глубокой интеграции с локальными сервисами (Яндекс.Такси, Доставка и т.д.), что является ключевым конкурентным преимуществом в регионах, где глобальные игроки проявляют меньшую гибкость.

Заключение. Проведенный комплексный анализ подтверждает не только высокую актуальность разработки виртуальных помощников как класса программного обеспечения, но и выявляет конкретные, не заполненные ниши на рынке, связанные с преодолением цифрового барьера и созданием по-настоящему персонального интерфейса взаимодействия с компьютером. Несмотря на обилие существующих коммерческих решений, они обладают рядом системных ограничений, главными из которых являются жесткая привязка к экосистемам ("walled gardens"), критическая зависимость от интернет-соединения, недостаточный уровень персональной адаптации и неспособность к сложной многозадачности в рамках одного рабочего процесса. Эти ограничения носят не случайный, а системный характер, будучи прямым следствием бизнес-моделей и стратегических целей компаний-разработчиков.

На основе проведенного анализа были сформулированы ключевые требования к перспективной системе виртуального ассистента, которые могут лежать в основу технического задания для разработки:

1. Поддержка истинно мультимодального взаимодействия, где голос, текст и графический интерфейс дополняют друг друга, а не дублируют, позволяя пользователю бесшовно переключаться между режимами ввода-вывода в зависимости от контекста и предпочтений.

2. Архитектура, ориентированная на оффлайн-первичность (offline-first), с возможностью выполнения базовых сценариев без сетевого подключения для обеспечения отзывчивости и конфиденциальности, с использованием легковесных моделей машинного обучения, способных работать на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами.

3. Способность к непрерывному самообучению (continuous learning) на основе анонимизированных данных о поведении пользователя для обеспечения глубокой персонализации, выходящей за рамки простых шаблонов и предсказаний.

4. Глубокая системная интеграция на уровне операционной системы для управления файлами, процессами и настройками, выходящая за рамки возможностей стандартных API, что требует разработки специализированных низкоуровневых драйверов и агентов.

Реализация проекта, отвечающего этим требованиям, позволит создать не просто еще одного голосового ассистента, а универсальный адаптивный интерфейс-посредник между человеком и цифровой средой. Такой инструмент сможет не только оптимизировать повседневные задачи, но и стать катализатором цифровой инклузии, сделав технологии по-настоящему доступными для пользователей всех возрастов и уровней подготовки, тем самым внося вклад в сокращение цифрового разрыва в обществе. Дальнейшие исследования в этой области должны быть сконцентрированы на решении конкретных технологических вызовов, таких как создание эффективных он-девайс языковых моделей, разработка стандартов безопасности для локально обрабатываемых персональных данных и проектирование UX для проактивных систем, которые не будут восприниматься как навязчивые. Успех в этом направлении откроет путь к новой парадигме взаимодействия "человек-компьютер", где вычислительные системы станут не инструментами, а настоящими партнерами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический отчет по внедрению чат-ботов и AI-ассистентов в бизнесе [Электронный ресурс] // Deloitte Insights. – 2022. – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends.html> (дата обращения: 20.02.2025).
2. Вайзенбаум Дж. ELIZA — компьютерная программа для изучения естественного языкового общения между человеком и машиной [Электронный ресурс] // GeeksforGeeks. – 2023. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/eliza-the-first-step-in-human-computer-interaction-through-natural-language-processing/> (дата обращения: 25.02.2025).
3. Цифровой разрыв 2021 [Электронный ресурс] // Pew Research Center. – Washington, D.C., 2021. – Режим доступа: <https://www.pewresearch.org/internet/2021/04/07/digital-divide-persists-even-as-americans-with-lower-incomes-make-gains-in-tech-adoption/> (дата обращения: 12.03.2025).
4. Gartner Predicts the Future of AI and Virtual Assistants [Электронный ресурс] // Gartner. – Stamford, 2023. – Режим доступа: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-08-15-gartner-predicts-the-future-of-ai-and-virtual-assistants> (дата обращения: 17.03.2025).
5. Обзор возможностей голосового помощника Siri [Электронный ресурс] // CallTouch Blog. – 2023. – Режим доступа: <https://www.calltouch.ru/blog/kto-takaya-siri-i-chto-ona-umeet-obzor-vozmozhnostej-golosovogo-pomoshchnika/> (дата обращения: 30.03.2025).
6. Что такое Siri? [Электронный ресурс] // Skyeng Magazine. – Москва, 2023. – Режим доступа: <https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-siri/> (дата обращения: 30.03.2025).
7. Velazco C. What is Google Assistant? [Электронный ресурс] / C. Velazco // Digital Trends. – Portland, 2023. – Режим доступа: <https://www.digitaltrends.com/mobile/what-is-google-assistant/> (дата обращения: 30.03.2025).
8. Что такое Alexa и как она работает? [Электронный ресурс] // CloudAV. – Москва, 2023. – Режим доступа: <https://www.cloudav.ru/mediacenter/technology/what-is-alexa-and-how-does-she-work/> (дата обращения: 30.03.2025).
9. Что такое Alexa AI Assistant? [Электронный ресурс] // Wondershare Filmora. – 2023. – Режим доступа: <https://filmora.wondershare.com.ru/ai/alexa-ai-assistant.html> (дата обращения: 30.03.2025).
10. Что такое Cortana? [Электронный ресурс] // Skyeng Magazine. – Москва, 2023. – Режим доступа: <https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-cortana/> (дата обращения: 30.03.2025).
11. Hill S. How to use Bixby: A guide to Samsung's AI assistant [Электронный ресурс] / S. Hill // Digital Trends. – Portland, 2023. – Режим доступа: <https://www.digitaltrends.com/mobile/how-to-use-bixby/> (дата обращения: 30.03.2025).
12. Что такое Яндекс Алиса? [Электронный ресурс] // Skyeng Magazine. – Москва, 2023. – Режим доступа: <https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-iandeks-alisa/> (дата обращения: 30.03.2025).

УДК 004.89

ПРОЕКТ ВИРТУАЛЬНОГО АССИСТЕНТА «ЕВА»: АРХИТЕКТУРА, ФУНКЦИОНАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

Л. Н. ЛЕЙЧЕНКО, М. М. ТОЛСТИК
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)

Представлен проект виртуального ассистента «ЕВА», разрабатываемого для оптимизации работы с компьютерными системами. Описаны ключевые функции: голосовое управление, ведение диалогов, управление рутинными задачами и работа в оффлайн-режиме. Рассмотрена архитектура системы, этапы разработки и потенциальные сферы применения проекта в корпоративном, домашнем и образовательном сегментах.

Ключевые слова: виртуальный помощник, искусственный интеллект, мультимодальное взаимодействие, файловый менеджер, архитектура системы, этапы разработки.

Введение. Во введении к предыдущей работе был проведен анализ современных виртуальных помощников и обоснована необходимость создания новой системы, лишенной их ключевых недостатков, таких как зависимость от экосистем, ограниченная оффлайн-функциональность и недостаточная персонализация. Настоящая статья посвящена описанию проекта виртуального ассистента «ЕВА» (Эргономичный Виртуальный Ассистент), разрабатываемого в соответствии с выявленными требованиями. Проектирование и внедрение виртуальных помощников нового поколения непосредственно в операционную среду персональных компьютеров открывает новые горизонты в повышении удобства использования техники, экономии временных ресурсов и кардинальном улучшении качества выполнения задач за счет глубокой интеграции и проактивного поведения.

Актуальность проекта «ЕВА» обусловлена необходимостью преодоления цифрового барьера, особенно среди пользователей старшего поколения и лиц с ограниченными техническими навыками. В отличие от мобильных ассистентов, заточенных под конкретные платформы, «ЕВА» концептуально разрабатывается как кроссплатформенное решение с открытой архитектурой, способное стать универсальным посредником между пользователем и сложной цифровой средой персонального компьютера. Его ядром является гибридная модель искусственного интеллекта, сочетающая скорость и конфиденциальность локальных вычислений с мощью облачных сервисов при наличии подключения, что обеспечивает беспрецедентную отзывчивость и доступность.

Архитектура и функционал проекта «ЕВА». Проект ЕВА направлен на системное устранение недостатков существующих решений. Его архитектура строится на принципах оффлайн-первичности (offline-first) и модульности, что позволяет обеспечивать конфиденциальность данных и гибкость разработки.

Ключевые архитектурные компоненты системы включают:

1. Многоуровневый диалоговый менеджер: Обрабатывает запросы пользователя, поддерживает контекст беседы и управляет состоянием диалога. Для работы в оффлайн-режиме используется легковесная локальная модель для распознавания намерений (intent recognition) и извлечения сущностей (entity extraction), например, на основе библиотеки Rasa [1] или аналогичной.

2. Двигок выполнения задач (Task Engine): Ядро системы, ответственное за исполнение команд. Содержит библиотеку «навыков» (skills) – независимых модулей, отвечающих за конкретные функции: управление файлами, работа с календарем, поиск в интернете, управление медиа и т.д.

3. Модуль интеграции с ОС: Обеспечивает низкоуровневое взаимодействие с операционной системой (Windows, Linux, macOS) через системные API и CLI для управления файлами, процессами и настройками.

4. Локальный менеджер знаний: База данных (например, на основе SQLite или PostgreSQL), хранящая персональные предпочтения пользователя, историю взаимодействий, контекст рабочих процессов и шаблоны для автоматизации. Это основа для системы непрерывного обучения и персонализации.

5. Адаптивный интерфейс пользователя: Реализован как оверлейное окно, всплывающее по команде, с поддержкой голосового ввода и текстового чата. Интерфейс динамически меняет сложность отображаемой информации в зависимости от оцененного уровня компетенции пользователя.

Расширенный функционал проекта включает:

1. Голосовое управление и ведение диалогов: Используется комбинация онлайновых (Google Speech-to-Text, Yandex SpeechKit) и оффлайновых (Mozilla DeepSpeech, Vosk [2]) движков распознавания речи для баланса между точностью и доступностью. Диалоговый менеджер способен поддерживать многоуровневый контекст (multi-turn dialogue), запоминая сущности из предыдущих реплик (например, «Найди документы по проекту “ЕВА”» -> «А покажите, что изменились на прошлой неделе»).

2. Управление рутинными задачами и проактивная автоматизация: Помимо реактивного выполнения команд («создай заметку»), «ЕВА» обучается распознаванию рутинных паттернов. Например, ассистент может самостоятельно предложить создать резервную копию рабочих документов в пятницу вечером или напомнить о необходимости раз в месяц очищать кэш браузера, основываясь на анализе истории действий.

3. Интеграция нейросети и самообучение: На основе локального менеджера знаний и методов анализа временных рядов система выявляет регулярные действия пользователя. Для сложных задач, таких как классификация фотографий по альбомам или написание простых текстов по шаблону, используется легковесная версия трансформер-модели (например, DistilBERT [3]), дообучаемая на персональных данных пользователя.

4. Глубокая поддержка в управлении компьютером: Это ключевое преимущество «ЕВА». Ассистент способен выполнять сложные многошаговые операции: «Найди все файлы Excel, измененные вчера, и скопируй их в папку “Отчеты”», «Проверь, какие программы груят процессор, и заверши ненужные», «Настрой Wi-Fi на автоматическое подключение к этой сети».

Усовершенствованная этапность разработки:

1. Проектирование архитектуры: Выявление основных компонентов системы (интерфейс, обработка данных, нейросеть). Использование языков программирования Python для ИИ-компонентов и JavaScript (в связке с Electron.js [4]) для реализации кроссплатформенного интерфейса. Применение фреймворков TensorFlow Lite [5] и PyTorch Mobile [6] для создания и обучения мобильных нейросетей. Интеграция с базами данных на основе PostgreSQL для хранения данных о пользователях и логах системы. Выбор облачных платформ, таких как AWS или Google Cloud, для обеспечения масштабируемости и высокой производительности. Использование REST API и gRPC для реализации взаимодействия между компонентами системы.

2. Создание и обучение нейросети: Обучение модели на базах данных с различными сценариями взаимодействия. Постоянное обновление и совершенствование модели.

3. Интеграция функций: Разработка системы голосового управления. Внедрение функционала для работы с файлами и программами.

4. Тестирование и оптимизация: Проверка работы системы в различных сценариях. Устранение ошибок и повышение производительности.

5. Запуск и поддержка: Распространение продукта. Обеспечение обновлений и техподдержки.

Перспективы внедрения и выводы. Проект ЕВА имеет широкий потенциал для применения в различных сферах, выходящий далеко за рамки помощи отдельному пользователю:

1. Домашнее использование: Умный помощник для работы и отдыха, управление мультимедиа, организация семейных дел и интеграция с устройствами умного дома. Например, «ЕВА» может стать центральным хабом, который по голосовой команде «Подготовься к просмотру фильма» затемнит освещение через smart-lighting, запустит медиаплеер и отрегулирует громкость.

2. Корпоративный сегмент: Помощь в организации рабочих процессов, автоматизация документооборота, управление задачами и анализ данных. Внедрение «ЕВА» в корпоративную среду позволяет создать персонального цифрового секретаря для каждого сотрудника. Ассистент может автоматически формировать еженедельные отчеты на основе данных из Excel и CRM, распределять входящие письма по папкам, подготавливать материалы к совещаниям и бронировать переговорные, интегрируясь с корпоративными сервисами [7].

3. Образование: Поддержка в обучении и анализе информации, помочь в подготовке к экзаменам, написании рефератов и поиске научных источников. «ЕВА» может адаптировать сложный учебный материал под уровень ученика, генерировать интерактивные тесты для самопроверки, помогать структурировать исследовательские работы и находить релевантные академические источники через интеграцию с научными базами данных.

4. Социальная сфера и инклюзия: Проект может быть адаптирован для помощи людям с ограниченными возможностями. Голосовое управление компьютером и проактивная помощь в навигации по интерфейсам могут вернуть цифровую самостоятельность пользователям с нарушениями моторики или зрения.

Внедрение таких технологий, как виртуальные помощники, оказывает значительное влияние на развитие общества и технологий в целом. Проект ЕВА имеет все шансы стать важным этапом в этой области, объединяя в себе современные достижения и инновационные подходы. Долгосрочные цели проекта включают в себя создание адаптивного и самообучающегося инструмента, который станет неотъемлемой частью цифровой экосистемы. ЕВА может не только оптимизировать повседневные задачи, но и внести вклад в развитие искусственного интеллекта, предоставляя новые способы взаимодействия человека с технологиями. Успех проекта способен значительно повысить продуктивность пользователей, сделать технологии более доступными и удобными, а также стимулировать развитие инновационных решений в различных отраслях.

Выводы:

1. Разработана концепция виртуального ассистента «ЕВА», архитектура которого основана на принципах оффлайн-первичности, модульности и глубокой интеграции с ОС.
2. Определен расширенный функционал системы, включающий проактивную автоматизацию, многоуровневые диалоги и сложное управление компьютерными ресурсами.
3. Выявлены перспективные направления внедрения проекта, включая корпоративный сектор, образование и социальную инклюзию, что подтверждает его высокую практическую значимость и потенциал для преодоления цифрового разрыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bocklisch T., et al. Rasa: Open Source Language Understanding and Dialogue Management [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2017. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1712.05181> (дата обращения: 01.04.2025).
2. Официальная документация по Vosk API для оффлайн-распознавания речи [Электронный ресурс] // Vosk. – 2023. – Режим доступа: <https://alphacepheli.com/vosk/> (дата обращения: 02.04.2025).
3. Sanh V., et al. DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2019. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1910.01108> (дата обращения: 02.04.2025).
4. Официальная документация по фреймворку Electron [Электронный ресурс] // Electron. – 2023. – Режим доступа: <https://www.electronjs.org/ru/> (дата обращения: 02.04.2025).
5. Официальная документация по TensorFlow Lite [Электронный ресурс] // TensorFlow. – 2023. – Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/lite> (дата обращения: 03.04.2025).
6. Официальная документация по PyTorch Mobile [Электронный ресурс] // PyTorch. – 2023. – Режим доступа: <https://pytorch.org/mobile/home/> (дата обращения: 04.04.2025).
7. Отчет о внедрении AI-ассистентов в корпоративный сектор [Электронный ресурс] // McKinsey & Company. – 2022. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/> (дата обращения: 05.04.2025).

УДК 004.624

**АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ДАННЫХ
В ЦЕПОЧКЕ МЕЖСИСТЕМНОГО ОБМЕНА ФОРМАТАМИ**

**С. В. ЛУКАШЕВИЧ, В. Л. ШАБАЛОВ, В. В. ЛУКАШЕВИЧ
(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)**

В статье рассматривается проблема потери и искажения данных при передаче информации между различными программными системами. Анализируется типичная цепочка обмена: Excel → CSV → Python → JSON → веб-форма → база данных. Оцениваются этапы, на которых наиболее вероятны ошибки, и предлагаются рекомендации по их минимизации.

Ключевые слова: обмен данными, совместимость форматов, CSV, JSON, Excel, Python, база данных.

Введение. В условиях цифровой трансформации всё чаще возникает необходимость передачи данных между разнородными системами: от офисных приложений до веб-сервисов и баз данных. Однако, несмотря на стандартизацию форматов, на практике при конвертации данных между системами часто происходят потери информации или её искажение. Особенно уязвимыми оказываются текстовые данные, даты, числа с плавающей точкой и специальные символы. Цель данной работы – выявить критические точки в цепочке обмена данными и проанализировать причины возникающих ошибок.

Основная часть. Типичная цепочка обмена данными может выглядеть следующим образом:

1. Исходные данные создаются в Microsoft Excel.
2. Файл экспортируется в формат CSV.
3. Данныечитываются скриптом на языке Python.
4. Преобразуются в формат JSON.
5. Передаются через веб-форму (например, REST API).
6. Сохраняются в реляционной базе данных (например, PostgreSQL).

На каждом из этих этапов возможны потери или искажения.

Для проверки этого взяты проверочные данные, представленные на рисунке 1.

	1	2	3	4
1	ФИО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	СРЕДНИЙ БАЛЛ	КОММЕНТАРИЙ
1	Иванов И.И.	01.03.2004	8,75	Студент, "отличник", №123
2				

Рисунок 1. – Входные данные

В самом начале цепочки обмена данными – уже на этапе экспорта из Microsoft Excel в формат CSV – происходит первая и зачастую самая критичная трансформация. Excel, будучи мощным инструментом для анализа и визуализации, сохраняет в своих файлах не только значения ячеек, но и богатую метаинформацию: формулы, условное форматирование, комментарии, типы данных, а также локальные настройки пользователя. Однако при экспорте в CSV вся эта семантическая нагрузка теряется безвозвратно – остаются лишь «голые» строки. Более того, в русскоязычных версиях Excel по умолчанию применяется кодировка Windows-1251, а в качестве разделителя полей используется точка с запятой (;), что обусловлено региональными настройками операционной системы. Это принципиально расходится с международным стандартом RFC 4180, который предписывает использовать запятую в качестве разделителя и рекомендует кодировку UTF-8. В результате при попытке открыть такой CSV-файл в системах, ориентированных на глобальные стандарты (например, Linux-серверах, облачных сервисах или скриптах на Python), кириллические символы отображаются как набор иероглифов или знаков вопроса, а структура таблицы нарушается из-за неправильного определения колонок. Даже если файл открывается корректно в другом экземпляре Excel, это создаёт ложное ощущение совместимости, которое рушится при передаче данных в сторонние системы.

Следующим этапом является чтение CSV-файла с помощью скрипта на языке Python, чаще всего с использованием библиотеки pandas. Здесь возникает целый спектр потенциальных ошибок, связанных с неявными предположениями. Если разработчик не указывает явно параметры encoding и sep, библиотека пытается автоматически определить их, что часто приводит к неверным выводам. Например, при чтении файла в кодировке cp1251 как UTF-8 текст превращается в «кракозябры», а при неверном выборе разделителя вся строка может быть интерпретирована как одно поле. Особенно уязвимыми оказываются текстовые поля, содержащие запятые, кавычки, символы новой строки или другие специальные знаки.

Согласно стандарту CSV, такие поля должны быть заключены в двойные кавычки, а внутренние кавычки – удвоены. Однако Excel не всегда следует этому правилу строго, особенно при наличии сложных символов. В результате парсер может разбить одну логическую ячейку на несколько колонок, что вызывает каскадное смещение данных по всей строке. Ещё более коварной проблемой является обработка дат: Excel хранит их как целые числа – количество дней, прошедших с 1 января 1900 года (с известной ошибкой, учитывающей несуществующий 29 февраля 1900 года). Если ячейка с датой не была явно отформатирована как текст перед экспортом, в CSV попадает именно это число. Python, в свою очередь, прочитает его как обычное целое и не сможет восстановить исходную дату без дополнительной логики, что приводит к необратимой потере временной информации.

Далее данные преобразуются в формат JSON для передачи через веб-интерфейс. На этом этапе возникают новые сложности, обусловленные фундаментальными различиями в типовых системах Python и JSON. Формат JSON поддерживает лишь ограниченный набор типов: строки, числа, логические значения, массивы, объекты и null. Всё остальное – включая объекты datetime, десятичные числа Decimal, множества или пользовательские классы – должно быть явно сериализовано. Без этого преобразование завершится ошибкой. Даже при корректной сериализации возможны потери: например, числа с плавающей точкой могут изменить своё значение из-за особенностей представления в стандарте IEEE 754, особенно при многократных преобразованиях. Кроме того, JSON требует строгого экранирования специальных символов: двойные кавычки, обратные слэши, управляющие символы (включая переводы строк) должны быть заменены на соответствующие escape-последовательности ("\", \\, \n и т.д.). Если это не сделано, полученный документ перестаёт быть валидным JSON, и любой стандартный парсер откажется его обрабатывать, что приведёт к полному сбою передачи данных.

После формирования JSON данные поступают в веб-форму – например, через REST API или HTML-интерфейс. На этом этапе они подвергаются строгой валидации со стороны серверного приложения. Современные веб-фреймворки (Django, Flask, Express.js и др.) часто используют схемы данных (например, Pydantic, JSON Schema), которые задают точные требования к каждому полю: тип, формат, длина, допустимые символы. Если дата передана в привычном пользователю формате DD.MM.YYYY, но сервер ожидает ISO 8601 (YYYY-MM-DD), запрос будет отклонён или автоматически преобразован, что может привести к искажению смысла (например, 01.03.2024 может быть ошибочно интерпретирована как 1 марта или 3 января в зависимости от локали). Текстовые поля также могут подвергаться санитизации: для защиты от XSS-атак фреймворки по умолчанию удаляют или экранируют HTML-теги и потенциально опасные символы. В результате фраза вроде Студент "отличник" №123 может превратиться в Студент отличник №123, где кавычки исчезли, а символ номера заменён на HTML-сущность. Такие изменения часто происходят незаметно для пользователя и разработчика, создавая иллюзию корректной работы.

Завершающим этапом является сохранение данных в реляционной базе данных, такой как PostgreSQL, MySQL или SQLite. Здесь возможны ошибки, связанные с несоответствием типов и ограничений схемы. Например, если в колонку с типом NUMERIC или FLOAT попытаться вставить строку "8,75" (с запятой как десятичным разделителем), СУБД вернёт ошибку, так как запятая не распознаётся как часть числа. Аналогично, если текстовое поле определено как VARCHAR(50), а входная строка содержит 60 символов, она будет автоматически усечена – без предупреждения, если настройки базы не предусматривают строгую проверку. Особенно сложной остается работа с датами и временем: если значение передаётся без указания временного пояса, СУБД может интерпретировать его в своей локальной зоне, что приведёт к расхождению при последующем извлечении в другом часовом поясе. Кроме того, некоторые базы данных (например, MySQL) менее строги к формату дат и могут «угадывать» значение, что иногда приводит к неожиданным результатам вроде автоматической подстановки 0000-00-00 вместо невалидной даты.

Таким образом, на каждом этапе цепочки обмена данными – от экспортта в CSV до записи в базу – существует реальный и измеримый риск потери, искажения или полного отклонения информации. Особенно уязвимыми оказываются этапы экспорта из Excel и передачи через веб-интерфейс, где отсутствие единых соглашений о формате, кодировке, типах данных и методах валидации приводит к систематическим, но трудноуловимым ошибкам. Только при строгом соблюдении открытых стандартов (UTF-8, ISO 8601, RFC 4180), явном контроле типов и кодировок на всех этапах, а также внедрении сквозной валидации и логирования можно обеспечить надёжную, предсказуемую и безопасную передачу данных между разнородными системами. Данные которые дошли до базы данных представлены на рисунке 2.

FULL_NAME	BIRTH_DATE	AVG_SCORE	COMMENT
Иванов И.И.	NULL	NULL	Студент, отличник, №123

Рисунок 2. – Конечный результат

Заключение. Цепочка обмена данными между системами – это последовательность трансформаций, каждая из которых несёт риск потери или искажения информации. Наиболее уязвимыми этапами являются экспорт из Excel в CSV и передача через веб-интерфейс. Для минимизации ошибок рекомендуется:

- Использовать UTF-8 с BOM при экспорте CSV;
- Явно указывать разделители и кодировки при чтении;
- Применять стандартизованные форматы (например, ISO 8601 для дат);
- Валидировать данные на каждом этапе передачи.
- Только системный подход к совместимости форматов позволяет обеспечить целостность и достоверность данных в межсистемном взаимодействии.

ЛИТЕРАТУРА

1. McKinney, W. Python for Data Analysis. – O'Reilly Media, 2022.
2. Bray, T. (Ed.). The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. – RFC 8259, 2017.
3. Microsoft. Excel Specifications and Limits. – Документация Microsoft, 2023.
4. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL Documentation. – <https://www.postgresql.org/docs/>

УДК 004.624

АНАЛИЗ ТИПИЧНЫХ ОШИБОК ПРИ ОБМЕНЕ ДАННЫМИ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ

С. В. ЛУКАШЕВИЧ, В. Л. ШАБАЛОВ, В. В. ЛУКАШЕВИЧ
(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)

В статье рассматриваются типичные ошибки, возникающие при передаче данных между различными программными системами. Особое внимание уделяется проблемам, связанным с кодировками текста, выбором разделителей полей, интерпретацией дат и представлением чисел с плавающей точкой. Анализируются причины возникновения ошибок и предлагаются практические рекомендации по их предотвращению.

Ключевые слова: обмен данными, совместимость форматов, кодировка, CSV, дата, числа с плавающей точкой, межсистемное взаимодействие.

Введение. В условиях активного развития цифровых технологий обмен данными между различными системами – от табличных редакторов до облачных баз данных – стал повседневной практикой. Однако, несмотря на стандартизацию многих форматов, на практике часто возникают ошибки, приводящие к искажению или потере информации. Особенно уязвимыми оказываются текстовые данные, содержащие специальные символы, даты и числа, записанные с учётом локальных особенностей. В данной работе анализируются наиболее распространённые источники ошибок и предлагаются пути их минимизации.

Основная часть. Одной из наиболее распространённых и коварных проблем при межсистемном обмене данными является некорректная обработка текстовых кодировок. Кодировка представляет собой соглашение о том, как последовательность байтов в цифровом файле интерпретируется как человекочитаемые символы – буквы, цифры, знаки препинания, специальные символы и управляющие последовательности. При несовпадении кодировок между отправляющей и принимающей системами текст может не только искажаться, но и полностью утратить смысл, что приводит к нарушению целостности данных, ошибкам в бизнес-логике и даже сбоям в работе программного обеспечения.

Наиболее ярко эта проблема проявляется при работе с CSV-файлами, экспортируемыми из табличных редакторов, таких как Microsoft Excel. Несмотря на кажущуюся простоту формата, CSV не имеет строгого стандарта, регулирующего кодировку текста. В результате поведение систем при экспорте и импорте может сильно различаться. Например, на русскоязычных версиях операционной системы Windows табличный редактор Excel по умолчанию сохраняет CSV-файлы в кодировке Windows-1251 (также известной как CP1251), которая была разработана Microsoft для поддержки кириллических символов в среде Windows. Эта кодировка эффективна в локальном контексте, однако она не является универсальной.

В то же время большинство современных программных инструментов – включая языки программирования (например, Python, JavaScript, Java), веб-серверы, облачные сервисы и реляционные базы данных – по умолчанию работают с кодировкой UTF-8. Это международный стандарт, закреплённый в спецификациях IETF и W3C, который поддерживает символы практически всех письменностей мира, включая эмодзи и специальные технические символы. UTF-8 также является основной кодировкой для веба: согласно данным W3Techs, более 98 % веб-сайтов используют именно её.

Если CSV-файл, сохранённый в кодировке Windows-1251, будет прочитан как UTF-8, кириллические символы будут интерпретированы неверно. Например, слово «Текст» превратится в последовательность вида РўРµРєСЃС.. Такое искажение возникает потому, что каждый байт (или пара байтов) в исходной кодировке интерпретируется как совершенно другой символ в целевой кодировке. В данном случае символ «Т» (код 0xD2 в CP1251) читается как два байта UTF-8, соответствующих символам «Р» и «ў», и так далее по цепочке. Подобные ошибки особенно опасны, поскольку внешне файл выглядит корректно – текст присутствует, но его содержание бессмысленно.

Ещё одна сложность связана с наличием или отсутствием BOM (Byte Order Mark) – специальной метки в начале текстового файла, указывающей на используемую кодировку. Формат UTF-8 не требует BOM, и многие Unix- и Linux-системы считают его избыточным или даже вредным. Однако Microsoft Excel при сохранении CSV в UTF-8 автоматически добавляет BOM (последовательность байтов EF BB BF). В результате, если такой файл будет обработан парсером, не ожидающим BOM (например, стандартным модулем csv в Python без указания кодировки utf-8-sig), первое поле первой строки может содержать «мусор» в виде невидимого символа или даже отображаться как й. Имя. Это особенно критично при автоматической обработке данных, где имена столбцов используются как ключи.

Помимо различий между Windows-1251 и UTF-8, существуют и другие кодировки, применявшиеся в разные эпохи и в разных экосистемах. Например, KOI8-R широко использовалась в раннем русскоязычном интернете и Unix-системах, ISO-8859-5 – в международных стандартах, а MacCyrillic – на компьютерах Apple до перехода на Unicode. Хотя сегодня эти кодировки встречаются редко, они всё ещё

могут присутствовать в архивных данных, устаревших информационных системах или при миграции данных из легаси-систем. Отсутствие единства в выборе кодировки между участниками обмена многократно увеличивает риск ошибок, особенно в условиях глобализированных проектов, где данные генерируются в разных странах и обрабатываются разнородными системами.

Второй распространённой проблемой при обмене табличными данными является выбор разделителя полей. В формате CSV (Comma-Separated Values) предполагается использование запятой (,) в качестве разделителя. Однако на практике это правило часто нарушается из-за региональных настроек операционной системы. В англоязычных странах действительно используется запятая, тогда как в странах СНГ, Германии, Франции и других европейских государствах Excel автоматически выбирает точку с запятой (;) как разделитель, поскольку запятая там традиционно применяется как десятичный разделитель в числах. Если принимающая система (например, скрипт на Python или веб-сервис) не учитывает эту особенность и пытается разобрать файл с разделителем; как стандартный CSV с ,, поля будут неправильно разграничены. Это приведёт к смешению данных: значение из столбца «Email» может попасть в поле «Телефон», а числовые данные – интерпретироваться как текст.

Особую сложность представляет работа с датами. Формат записи даты сильно зависит от региональных и культурных норм. В США принят формат MM/DD/YYYY, в большинстве европейских стран – DD/MM/YYYY, а в Японии и Китае – YYYY/MM/DD. При этом технические системы, особенно веб-API и базы данных, предпочтуют использовать международный стандарт ISO 8601 – YYYY-MM-DD (например, 2024-03-04). При передаче даты 03/04/2024 из одной системы в другую возможна двусмысленность: для американца это 3 апреля, для европейца – 4 марта. В худшем случае дата может быть вообще проигнорирована, преобразована в строку или интерпретирована как число. Например, Excel хранит даты как количество дней, прошедших с 1 января 1900 года (или 1904 года на macOS), поэтому дата может превратиться в число вроде 45352, что сделает её бессмысленной при импорте в другую систему без дополнительной обработки.

Не менее критичной является проблема представления чисел с плавающей точкой. В русскоязычных и многих европейских локациях десятичным разделителем служит запятая (3,14), тогда как в англоязычной традиции и во всех основных форматах обмена данными (JSON, XML, SQL, YAML) требуется точка (3.14). При импорте числа 2,718 в систему, ожидающую точку, оно может быть интерпретировано как строка, как два отдельных числа (2 и 718), или вызвать ошибку парсинга. Это особенно опасно в финансовых, научных и инженерных приложениях, где даже небольшая ошибка в интерпретации числа может привести к катастрофическим последствиям.

Для решения указанных проблем необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

Всегда явно указывать кодировку при сохранении и чтении текстовых файлов. Для CSV-файлов, содержащих не-ASCII символы, предпочтительно использовать UTF-8 с BOM при работе с Excel и UTF-8 без BOM при интеграции с веб-сервисами.

Устанавливать единые соглашения по формату данных между всеми участниками обмена – в виде технических спецификаций, контрактов API или схем данных.

Применять международные стандарты: ISO 8601 для дат и времени, точку как десятичный разделитель, RFC 4180 для CSV.

Валидировать данные на каждом этапе передачи с помощью строгих парсеров, схем (например, JSON Schema, XML Schema) или библиотек с поддержкой типизации (например, Pydantic в Python).

При работе с CSV указывать разделитель явно, например, используя параметр `sep=';'` в библиотеке pandas или `delimiter=';'` в модуле csv языка Python.

Таким образом, проблемы совместимости форматов данных – особенно в части кодировок, разделителей, дат и чисел – требуют не только технического понимания, но и дисциплинированного подхода к проектированию межсистемного взаимодействия. Только при соблюдении единых стандартов и тщательной валидации можно обеспечить надёжную, точную и безопасную передачу информации в современных распределённых системах.

Заключение. Типичные ошибки при обмене данными – не просто технические нюансы, а серьёзные риски для целостности и достоверности информации. Кодировки, разделители, даты и числа требуют особого внимания при проектировании межсистемного взаимодействия. Соблюдение единых стандартов, явное указание параметров форматов и тщательная валидация данных позволяют значительно снизить вероятность ошибок и обеспечить надёжную передачу информации между разнородными системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. McKinney, W. Python for Data Analysis. – O'Reilly Media, 2022.
2. Bray, T. (Ed.). The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. – RFC 8259, 2017.
3. Microsoft. Excel Specifications and Limits. – Документация Microsoft, 2023.
4. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL Documentation. – <https://www.postgresql.org/docs/>

УДК 004.624

СРАВНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФОРМАТОВ ДАННЫХ К ПОВРЕЖДЕНИЯМ ПРИ МЕЖСИСТЕМНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

С. В. ЛУКАШЕВИЧ, В. Л. ШАБАЛОВ, В. В. ЛУКАШЕВИЧ
(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)

В статье рассматриваются вопросы надёжности различных форматов данных – CSV, JSON, XML и Excel – при частичной потере или повреждении информации в процессе передачи между системами. Оцениваются такие параметры, как восстановляемость данных, чувствительность к синтаксическим ошибкам и возможность частичного чтения.

Ключевые слова: форматы данных, надёжность, повреждение данных, CSV, JSON, XML, Excel, межсистемный обмен.

Введение. При интеграции различных программных систем данные часто передаются через промежуточные форматы, такие как CSV, JSON, XML или файлы Excel. Однако на практике каналы передачи могут быть ненадёжными: возможны обрывы соединения, ошибки записи на диск, несовместимость кодировок или человеческий фактор. В таких условиях важно понимать, насколько устойчив выбранный формат к частичным повреждениям и способен ли он сохранить хотя бы часть полезной информации.

Основная часть. CSV (*Comma-Separated Values*). CSV – это простой текстовый формат, в котором каждая строка представляет собой запись, а поля внутри строки разделяются запятыми (или другими символами, например, точкой с запятой). Формат не имеет строгой стандартизации, хотя существует рекомендация RFC 4180.

Особенности структуры:

- Нет встроенной информации о типах данных (всё – строки).
- Заголовок (если есть) не обязательен.
- Специальные символы (запятые, кавычки, переносы строк) должны экранироваться с помощью двойных кавычек.

Устойчивость к повреждениям:

- Низкая. Даже незначительное повреждение (например, пропущенная кавычка или лишняя запятая) может нарушить выравнивание колонок во всех последующих строках.
- Отсутствие метаданных не позволяет парсеру понять, где заканчивается одна запись и начинается другая.

– При обрыве передачи невозможно определить, завершена ли последняя строка.

Пример уязвимости. Если в поле «Комментарий» содержится текст "Важно, срочно!", но кавычки не экранированы, парсер интерпретирует запятую как разделитель полей, что приведёт к смещению данных.

JSON (JavaScript Object Notation). JSON – это лёгкий текстовый формат обмена данными, основанный на синтаксисе объектов JavaScript. Он поддерживает вложенные структуры, массивы, строки, числа, логические значения и null.

Особенности структуры:

- Строгий синтаксис: обязательные двойные кавычки для ключей и строк, запятые между элементами, правильное вложение фигурных и квадратных скобок.
- Не поддерживает комментарии.
- Часто используется в веб-API и конфигурационных файлах.

Устойчивость к повреждениям:

- Очень низкая для классического JSON. Любая синтаксическая ошибка (например, отсутствие запятой или скобки) делает весь документ недействительным – парсер не сможет прочитать ни одного элемента.
- Однако существует альтернатива – JSONL (JSON Lines), где каждый объект записан в отдельной строке. В этом случае повреждение одной строки не влияет на остальные, что значительно повышает надёжность.

Пример уязвимости. Если при передаче обрывается последняя скобка {}), стандартный JSON-парсер выдаст ошибку и не вернёт никаких данных, даже если 99% документа корректны.

XML (eXtensible Markup Language). XML – это разметочный язык, предназначенный для хранения и передачи структурированных данных. Он поддерживает иерархию, атрибуты, пространства имён и валидацию через схемы (XSD).

Особенности структуры:

- Данные заключаются в открывающие и закрывающие теги (<name>Иван</name>).
- Поддерживает вложенность и самодокументируемость.
- Может включать инструкции по обработке и ссылки на схемы.

Устойчивость к повреждениям:

- Средняя. XML требует корректного завершения всех тегов и соблюдения иерархии. Однако многие парсеры (особенно SAX-типа) могут работать в режиме «восстановления после ошибки» (error recovery), пропуская повреждённые фрагменты.
- Если повреждён только один узел (например, не закрыт тег <note>), парсер может продолжить обработку других частей документа.
- Тем не менее, повреждение корневого элемента или пролога (<?xml ...?>) часто делает файл полностью непригодным.

Пример устойчивости. При потере одной записи в большом XML-файле с журналом событий система может извлечь остальные записи, если используется потоковый парсер.

Excel (.xlsx). Формат .xlsx (начиная с Microsoft Office 2007) основан на стандарте Office Open XML (ECMA-376). Файл представляет собой ZIP-архив, содержащий множество XML-файлов, описывающих листы, стили, связи и метаданные.

Особенности структуры:

- Модульная архитектура: каждый лист хранится отдельно (/xl/worksheets/sheet1.xml).
- Поддержка формул, форматирования, изображений и макросов (в .xlsm).
- Встроенные механизмы контроля целостности (например, резервные копии в некоторых версиях Excel).

Устойчивость к повреждениям:

- Высокая по сравнению с текстовыми форматами. Благодаря архивной структуре, повреждение одного компонента (например, одного листа) не всегда делает недоступным весь документ.
- Современные программы (Excel, LibreOffice, библиотеки Python openpyxl, pandas) могут восстанавливать часть данных даже из частично повреждённых файлов.
- Однако если повреждён корневой файл архива ([Content_Types].xml) или архив не может быть распакован, восстановление становится невозможным.

Пример устойчивости. Если при передаче повреждён XML-файл с третьим листом, Excel может открыть первые два листа без ошибок, предупредив пользователя о проблеме.

Анализ показал, что устойчивость форматов данных к повреждениям варьируется в широких пределах. CSV и JSON обладают низкой надёжностью из-за отсутствия механизмов локализации ошибок и строгой зависимости от целостности всего документа. XML предлагает средний уровень устойчивости при использовании потоковых парсеров. Наиболее надёжным в условиях частичной потери данных оказывается формат Excel (.xlsx) благодаря своей модульной архитектуре и встроенной избыточности.

При проектировании систем межсистемного взаимодействия рекомендуется учитывать не только удобство обработки, но и потенциальные риски повреждения данных. В критически важных сценариях следует применять форматы с поддержкой частичного чтения, использовать контрольные суммы и предусматривать механизмы восстановления.

Заключение. Устойчивость формата данных к повреждениям – важный, но часто недооцениваемый фактор при проектировании систем обмена информацией. Текстовые форматы, такие как CSV и JSON, просты в использовании, но крайне уязвимы к синтаксическим ошибкам. В то же время структурированные и модульные форматы, включая XML и Excel, демонстрируют большую гибкость при частичной потере данных. При разработке надёжных систем следует выбирать форматы с поддержкой частичного чтения, использовать механизмы валидации и предусматривать резервные пути восстановления информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. McKinney, W. Python for Data Analysis. – O'Reilly Media, 2022.
2. Bray, T. (Ed.). The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. – RFC 8259, 2017.
3. Microsoft. Excel Specifications and Limits. – Документация Microsoft, 2023.
4. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL Documentation. – <https://www.postgresql.org/docs/>

УДК 004.514

СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ В СОЗДАНИИ УМНЫХ ПОМОЩНИКОВ

Д. М. НОВИКОВА
(Представлено: Е. И. ЮРЧИШКО)

В статье рассматривается целесообразность использования семантических моделей в современных умных помощниках и интеллектуальных системах. Обозначаются возможности и риски использования систем с интегрированной семантической моделью.

Введение. Умный помощник – это программа, использующая технологии искусственного интеллекта и машинного обучения для взаимодействия с пользователем, понимания его намерений, выполнения задач, адаптации к контексту и предоставления осмысленных ответов.

На протяжении многих лет человечество задавалось вопросами, связанными с тем, что такое искусственный интеллект, способен ли он мыслить и возможно ли его использование во благо себе. Так, спустя годы разработок и исследований компания Apple в 2011 году запустила первый массовый умный голосовой помощник – Siri. Siri способна распознавать естественный язык и контекст, поддерживать диалог и выполнять задачи благодаря интеграции с экосистемой и работе на основе технологий искусственного интеллекта [1].

Однако Siri не относится к умным помощникам, созданным на основе семантической модели, что делает её менее гибкой, точной и более подходящей для повседневных нужд нежели для применения в сферах, требующих более глубокого анализа и точности. Ведь хоть она и способна воспринимать речь и какой-то контекст, она не способна формировать смысловые связи между понятиями и использует статистические модели и шаблоны для понимания команд. В условиях стремительного развития интеллектуальных систем особое значение приобретает способность умных помощников не просто обрабатывать текст, но и понимать его смысл.

Кроме того, важно отметить, что современные пользователи ожидают от умных помощников более персонализированной и глубокой адаптации к индивидуальным предпочтениям, стилю, задачам. Семантическая модель как раз может послужить для такого отличного подспорья. А благодаря устойчивости к шуму, ошибкам и неточностям умный помощник, созданный на основе семантической модели, сможет, исходя в том числе и из прошлых запросов пользователя, предоставить более точный и логически обоснованный ответ даже при искажённой или фрагментарной информации.

Распознавание пользовательских намерений играет ключевую роль в создании умных помощников. Умные помощники, созданные на основе семантической модели, можно считать новым поколением компьютерных систем обладающими такими свойствами как: совместимость, платформенная независимость, гибкость, адаптивность, обучаемость [2]. Что ставит такие системы на ряд выше ныне уже существующих моделей.

Основная часть. Семантическая модель – это способ формального представления знаний, смыслов и связей между понятиями в определённой предметной области [3]. Она описывает, как объекты и явления связаны друг с другом на уровне значений, а не просто данных.

Принцип работы семантической модели заключается в следующем:

1. Система выделяет ключевые понятия («кошка», «питание», «строение организма»).
2. Определяет связи выстраивая между понятиями смысловые отношения: «является», «содержит», «связан» и т.д.
3. Создаёт свойства задавая характеристики понятиям «кошка имеет шерсть», «кошка питается мясом», «кошка живёт на суще».
4. Моделирует логику рассуждая: «если кошка ест мясо значит она хищник», «если кошка хищник она не ест траву».

Интеллектуальная система – это система, обладающая способностью к решению задач, требующих применения интеллекта, и включающая в себя элементы искусственного интеллекта, автоматизации и обработки данных. Такие системы стремятся имитировать человеческие когнитивные функции, такие как обучение, рассуждение, планирование и адаптация [4]. Интеллектуальная система, построенная на основе семантической модели, как раз обладает такими возможностями благодаря логике и принципам семантики.

Для представления, обработки и обмена знаниями в интеллектуальных системах используется SC-код [5]. Он представляет собой графовый язык, где знания описываются в виде узлов (понятий) и дуг (смысловых связей) и является собой не просто текст, а структурированную систему понятную как человеку, так и машине.

Пример SC-кода:

```
concept_cat => nrel_main_idtf: [Кошка];;
concept_cat => rrel_instance: concept_predator;;
concept_cat => nrel_eats: concept_meat;;
concept_cat => nrel_lives_in: concept_land;;
concept_cat => nrel_has_feature: concept_fur;;
concept_cat => rrel_instance: concept_mammal;;
concept_mammal => rrel_subclass_of: concept_animal;;
concept_cat => rrel_instance: concept_animal;;
```

Пример построения графовой модели в SC-коде представлен на рисунке 1.

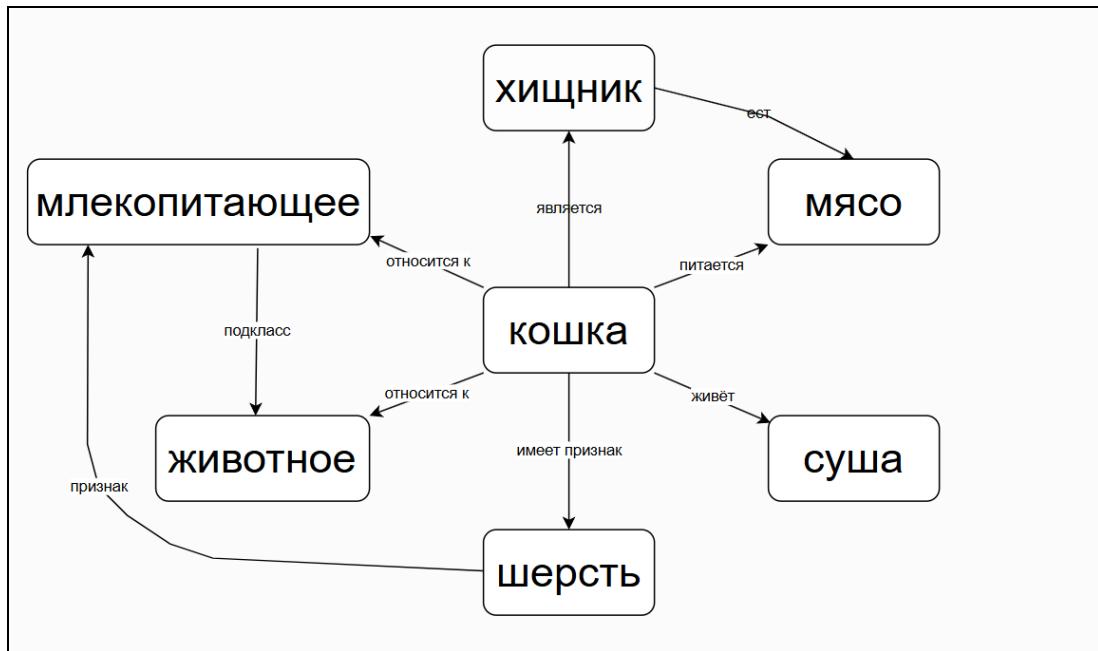


Рисунок 1. – Пример построения графовой модели в SC-коде

Однако структура таких моделей в интеллектуальных системах, использующих SC-код, не является фиксированной, то есть новые узлы, связи и понятия могут добавляться, удаляться или модифицироваться в реальном времени, так как такие системы способны обучаться в процессе своей деятельности. Этот процесс можно сравнить с обучением человека на протяжении всей жизни, с тем лишь отличием, что интеллектуальная система может гораздо быстрее анализировать, просчитывать все варианты, а также хранить полученную информацию в памяти семантических сетей. Такое развитие в процессе работы делает систему очень гибкой и живой способной к смысловому росту.

Несмотря на то, что модели могут бесконечно увеличиваться в процессе своей работы, благодаря наличию понятной графовой системы, всегда можно проследить, на чем строится тот или иной вывод системы. Также система всегда будет приведена к единой форме, что поможет более простой интеграции интеллектуальных систем, построенных на основе семантической модели.

С помощью простой интеграции и вычислительным мощностям исследования станут проще, дешевле и значительно быстрее, а также количество повторов снизится, но у такого подхода есть и минусы: из-за того, что система постоянно увеличивается, объёмы вычислительных мощностей для корректной работы таких интеллектуальных систем постоянно пропорционально растут, что не позволит в нынешних реалиях внедрить их повсеместно.

Также присутствует проблема с существованием омонимов – слов (в разных языках и культурах) и символов, имеющих разное значение, но одинаковое название. Разработчикам предстоит долгий путь для адаптации системы под такие случаи, потому как, всегда существует вероятность замены уже существующих данных на верные, но только для одной культуры, или верные только для одного объекта. Существует риск объединения понятий и связей, характеристики ключевых понятий могут смешаться (например, конь может получить свойство «состоит из дерева»), из-за чего на данном этапе существует необходимость ручной формализации.

На данный момент нет возможностей для массовой интеграции. Обработка естественного языка (NLP) относится к различным методам, которые компьютеры используют для понимания и генерации человеческого языка, в то время как большие языковые модели (LLM) обучаются на огромных объемах данных, чтобы предсказывать наиболее вероятное следующее слово или фразу в последовательности. Одной из проблем для внедрения в системы умных помощники является то, что семантические модели трудно интегрировать с современными моделями NLP и LLM. Также нынешние семантические модели трудно масштабировать на большие динамические системы, они требуют постоянного подключения к модели предметной области.

Однако не стоит отрицать преимущества использования семантической модели в узких областях, потому что в узкой области достигается более высокая точности формализации, в ней проще выделить все ключевые понятия и связи между ними. Онтология в узкой области может быть более точной, полной и непротиворечивой, что является критичным для логических выводов. Узкие области имеют более компактные и обозримые SC-графы что облегчает поиск ошибок, позволяет проще обновлять модель. Узкие области часто имеют регламентированные процессы, которые можно формализовать в SCP-процедурах.

Уже сейчас есть попытки внедрения семантических моделей, например, «Интеллектуальный диалоговый ассистент NiKa» [6]. NiKa – это прототип интеллектуального диалогового ассистента, созданного на основе семантической модели знаний. Он разработан в рамках OSTIS-подхода [7] и предназначен для персонализированного взаимодействия с пользователем в интеллектуальных системах. Сравнительный анализ интеллектуальных диалоговых ассистентов NiKa и Siri представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение Siri и NiKa

Критерий	NiKa	Siri
Архитектура знаний	Семантическая модель: SC-графы, онтологии, SCP-процедуры	Нейросети, скрипты, облачные API
Объяснимость решений	Может объяснить вывод через SC-графы и процедуры	Решения не прозрачны, нельзя проследить на чём и как строился ответ
Адаптация под пользователя	Высокая: адаптирует ответы, стиль и предпочтения исходя из полученных ранее данных от пользователя	Низкая: точность ответа зависит от построения и использования ключевых слов в запросе пользователя; не подстраивается под пользователя исходя из предыдущего взаимодействия
Контекстный диалог	Смысловой, логически связанный, с использованием уточнений и рассуждений	Линейный, часто теряет контекст
Способность развития во время использования	Развивается и улучшается во время использования благодаря новой информации	Нет возможности глобального развития во время использования, обновления и улучшения происходят благодаря поддержке и обновлениям от разработчиков
Формализация знаний	SCs-код, SC-графы, онтологии	Не поддерживает
Масштабируемость в узких областях	Высокая: легко адаптируется к предметной области благодаря формализации	Низкая: требует переобучения или ручной настройки
Целевая область применения	Наука, образование, моделирование знаний	Повседневные задачи

Заключение. Исходя из сравнения двух интеллектуальных систем можно сделать вывод: Siri – умный помощник, созданный для удобства и выполнения повседневных задач, он не адаптируется под уникальные нужды пользователя и при попытке нетипичного запроса может выдавать неправильные и нелогичные скриптовые ответы. NiKa же напротив представляет из себя ассистента нового поколения построенного на основе семантической модели знаний что помогает ей исходить из полученной информации находить логичные ответы на самые уникальные запросы, адаптироваться под пользователя благодаря предыдущему опыту взаимодействия и быть применимой даже в узких предметных областях благодаря своей точности и прозрачности.

Современные тенденции развития умных помощников требуют не столько наличия простой выдачи ответа исходя из ключевых слов, фраз и запрограммированных паттернов поведения, сколько умения находить ответы на уникальные вопросы и задачи. Внедрение семантической модели сможет изменить ключевой принцип построения умных помощников, благодаря использованию семантической модели каждый помощник сможет стать более адаптивным для определенных запросов, будет способен помочь избежать повторения в разработке или анализе, а также выдавать более точные ответы благодаря существующей обширной базе знаний и простой обучаемости, дополняемости и редактуре по мере использования.

Широкое применение умных помощников станет возможным во всех сферах жизни начиная от автоматизации и поиска ответов, заканчивая внедрением таких помощником в сложные исследования благодаря использованию семантической модели. Открытая архитектура и наличие наглядно прослеживающей логики построения ответов будет играть критическим фактором для выбора умных помощников основанных на семантической модели на фоне уже существующих конкурентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. NLP [Электронный ресурс] // Wikipedia – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%D0%B0> – Дата доступа: 15.09.2025.
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://baai.org.by/wp-content/uploads/2019/01/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F-2.pdf> – Дата доступа: 08.10.2025.
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.trinidata.ru/files/SemanticModelDesign.pdf> – Дата доступа: 16.09.2025.
4. IS [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://it.vstu.by/courses/information_systems/Development_and_optimization_of_intellectual_information_systems/theory/intelligence_systems/ – Дата доступа: 08.10.2025.
5. SC-код [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/ostis-ai/sc-machine> Дата доступа: 16.09.2025.
6. Nika [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dt.bsuir.by/jour/article/viewFile/779/293> Дата доступа: 20.09.2025.
7. OSTIS [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/56808/1/Poznyak_Tekhnologiya.pdf Дата доступа: 01.10.2025.

УДК 004.514

СЕМАНТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В EDGE COMPUTING КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Д. М. НОВИКОВА
(Представлено: Е. И. ЮРЧИШКО)

В статье рассматривается применение семантических моделей в Edge Computing для анализа и контроля на производстве. Обозначаются преимущества, особенности и перспективы использования интеллектуальных систем с смысловой интерпретацией.

Введение. Согласно концепции Клауса Шваба, ближайшее будущее будет определяться внедрением киберфизических систем в производство [1]. Киберфизическая система – информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты. Технология Edge Computing – это подход к обработке данных, при котором вычисления выполняются не в централизованном облачном сервере, а ближе к источнику данных, то есть «на границе» сети – становится ключевым элементом таких систем, позволяя снижать задержки, повышать автономность и обеспечивать устойчивость к сбоям [2].

Однако, чтобы добиться максимальной эффективности необходимо разработать такую технологию, которая с точностью сможет интерпретировать знания и полученный контекст для принятия максимально верных и оптимальных решений. Внедрение семантической модели позволит Edge Computing не просто реагировать на события, но и понимать их смысл, выявлять отклонения и сразу же предлагать или применять какие-то действия исходя из ситуации.

Внедрение семантических моделей в Edge Computing позволит отойти от традиционных подходов, основанных на жёстко заданных правилах и нейросетевых предсказаниях, и сделает потребность в человеческом ресурсе для контроля и анализа минимальной.

Использование Edge Computing в производстве трансформирует уже существующие процессы: повысится точность, снизятся простоя и затраты, увеличится скорость реакции системы на события, отклоняющиеся от заданной нормы. Такие системы – это шаг в технологическое будущее, где производство сможет работать и без человека.

Основная часть. На современных производствах большинство оборудования, участвующего в производственной цепи уже так или иначе оснащено датчиками температуры, влажности и т.п., однако большинство запрограммировано так что просто измеряют значения и в случае отклонений от нормы подают сигнал на устройство или сервер, отвечающий за это устройство или производственную цепь, а дальше решения по устранению неполадки полностью принимает человек. Также одним из распространенных видов датчиков являются те, что интегрированы в системы с где снятые показания анализирует нейросеть и в случае неисправности (например перегрев) может: отключить станок, включить аварийное охлаждение, остановить процесс, подать звуковой сигнал.

Однако использование такой системы имеет ряд недостатков, потому что бывают нетипичные случаи, требующие срочного вмешательства в процесс, а старые подходы не могут до конца удовлетворить этот запрос, потому что все ещё есть случаи, где привычный поток действий не сработает, а может даже усугубить ситуацию. Время принятия решения также бывает критически важным на производственных линиях, малейшее промедление может привести к серии брака или поломке оборудования.

Использование Edge Computing способно:

- снизить задержки в принятии решений;
- уменьшить нагрузку на сеть (так как пропадает необходимость передавать данные для анализа и какого-то первичного принятия решений);
- повысить безопасность.

Принцип работы Edge Computing заключается в следующем:

1. Сбор данных (через IoT устройства) [3].
2. Обработка полученных данных (анализ полученных данных на специальном микроконтроллере или шлюзе).
3. Принятие решений на основе полученных данных (зачастую это выдача предупреждения, остановка оборудования, отправка агрегированных данных в облако).

В современном мире Edge Computing это одна из технологий которая скоро будет использоваться повсеместно в связи с увеличением количества объёмов данных для обработки, возросшими требованиями

ми к скорости принятия решений и возможности автономной работы системы (в особенности это важно в ключевых отраслях по типу производства, медицины и т.д.).

Сравнительный анализ существующих систем контроля за датчиками на производстве с системами, сделанными на основе архитектуры Edge Computing представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение стандартных систем и систем Edge Computing

Принцип/параметр	Стандартные системы контроля	Системы с Edge Computing
Место обработки данных	Централизованная: данные передаются на сервер или облако	Локальные: данные обрабатываются на месте, рядом с источником
Архитектура	Монолитная или иерархическая: один центр управления	Распределённая: множество автономных узлов, способных к синхронизации
Скорость реакции на события	Низкая: зависит от передачи, загрузки, обработки, нагруженности сети и т.д.	Высокая: мгновенная реакция на события в реальном времени
Способность работать без связи	При потере связи возможны сбои	Узел может продолжать работу автономно
Количество передаваемой информации на сервер	Высокое: передаются все данные	Низкий: передаются только критические события и агрегированные данные (в форме отчётов)
Интеграция с облаком	Обязательная: для хранения, анализа, принятия решений	Опциональная: для хранения истории
Отдельная настройка конфигурации	Чтобы внести изменения требуется вмешиваться во всю систему	Каждый узел можно настроить отдельно

Однако рассматривая вопрос внедрения Edge Computing на производство, важно не только получить «автономную систему, которая сможет быстро принять решения» но получить «автономную систему, которая сможет быстро принять обоснованные решения, строящиеся сразу на нескольких параметрах и контексте». Для создания такой технологии важно подобрать что-то что будет отвечать за логику и принятие решений в этой системе, при этом это должны быть не запрограммированные действия, а действия схожие с логикой и расчётами человека за исключением того, что на принятие решения должно тратиться минимальное количество времени. Инструментом для решения этих задач может послужить интеллектуальная система, построенная на основе семантического модуля.

В контексте Edge Computing семантическая модель позволяет локальному интеллектуальному узлу не просто фиксировать события, но понимать их значение, выявлять отклонения, интерпретировать причины и формировать логически обоснованные рекомендации.

Семантическая модель – это способ формального представления знаний, смыслов и связей между понятиями в определённой предметной области [4]. Она описывает, как объекты и явления связаны друг с другом на уровне значений, а не просто данных.

Для представления, обработки и обмена знаниями в интеллектуальных системах используется SC-код [5]. Он представляет собой графовый язык, где знания описываются в виде узлов (понятий) и дуг (смысловых связей) и является собой не просто текст, а систему понятную как человеку, так и машине.

Однако структура моделей использующих SC-код не является фиксированной, то есть новые узлы, связи и понятия могут добавляться, удаляться или модифицироваться в реальном времени, так как такие системы способны обучаться в процессе своей деятельности. Такое развитие в процессе работы делает систему очень гибкой и живой способной к смысловому росту.

Использование семантической модели в периферийных вычислениях на производстве имеет ряд преимуществ, потому что в узкой области достигается более высокая точности формализации, в ней проще выделить все ключевые понятия и связи между ними. Онтология в узкой области может быть более точной, полной и непротиворечивой, что является критичным для логических выводов. Узкие области имеют более компактные и обозримые SC-графы что облегчает поиск ошибок, позволяет проще обновлять модель.

Семантические модели в Edge-системах позволяют более точно выявлять проблемы на аппаратуре и производственной цепи, так просто собрав данные о том, что температура выросла больше допустимых значений, но давление осталось неизменным система отправит报 на центральный сервер о том, что возможно не исправен датчик, а не остановит весь производственный процесс. Такой подход позволит оптимизировать работу производства, избежать лишних простоев, а также предотвратить большинство глобальных сбоев, ошибок и поломок (проще заменить датчик если проблема окажется в нём, нежели менять целую систему в случае выхода из строя всего аппаратного комплекса).

Сравнительный анализ традиционных систем контроля за датчиками на производстве с Edge-системами с семантическими моделями представлен в таблице 2.

Таблица 2. – Сравнение традиционных систем и Edge-систем с семантическими моделями

Критерий	Традиционные системы контроля	Edge-системы с семантическими моделями
Обработка данных	Пакетная, с задержкой; часто требуется дополнительная предварительная фильтрация	В реальном времени с возможностью смысловой интерпретации
Реакция на события	Зависит от заранее заданных скриптов и правил	Ответ выстраивается логически с учётом контекста и причинно-следственных связей
Объяснимость решений	Низкая: сложно проследить почему было принято то или иное решение; исключениями являются решения, где система действовала по протоколу (в самих протоколах прописан чёткий поток действий)	Высокая: каждый вывод можно проследить по SC-графу
Гибкость и адаптация	Ограниченнная: изменения логики требуют вмешательства разработчиков	Высокая: модель может дополняться и адаптироваться в процессе работы
Устойчивость к сбоям	Повышен шанс возникновения сбоя так как модель имеет прямую зависимость с сервером или облаком	Риски сбоя минимальны так как система может работать автономно даже при потере связи
Масштабируемость в рамках узкой специализации	Требует вмешательства разработчиков	Может добавлять новые узлы без перегрузки системы
Интерпретация данных	На уровне сигналов, порогов и заложенной логики	На уровне смыслов, понятий и связей

Заключение. Проведённый анализ показывает, что традиционные системы контроля на производстве, основанные на централизованной обработке и фиксированных сценариях, уже не соответствуют требованиям современной индустрии, ориентированной на скорость, автономность и адаптацию. Такие системы способны выполнять базовые функции мониторинга, но не обладают достаточной гибкостью, интерпретируемостью и устойчивостью к нестандартным ситуациям.

В связи с этим индустрия должна задуматься над поиском новых решений, что помогут вывести промышленность на новый уровень. Одним из таких решений могут послужить Edge-системы применяющие в семе семантические модели.

Семантические Edge-системы представляют собой новый класс интеллектуальных решений, способных не только фиксировать события, но и понимать их смысл, анализировать причинно-следственные связи, учитывать контекст и принимать обоснованные решения в реальном времени. Это позволяет перейти от управления, построенного на потернах и правилах к осмысленному и адаптивному контролю, где каждая единица оборудования становится не просто исполнительным механизмом, а полноценным участником производственного процесса.

Благодаря формализации знаний, SC-графам и смысловым процедурам (SCP), такие системы могут:

- выявлять скрытые зависимости между параметрами;
- отличать ложные сигналы от реальных угроз;
- адаптироваться к изменениям в технологической среде;
- объяснять свои действия инженеру-оператору;
- масштабироваться без потери логики и прозрачности.

Особенно важно, что семантические Edge-системы способны работать в условиях ограниченного доступа к облаку, фрагментарных данных и высокой вариативности производственных сценариев. Это делает их незаменимыми в критически важных отраслях – от машиностроения и электроники до фармацевтики и энергетики.

Таким образом, внедрение семантических моделей в архитектуру Edge Computing – это не просто технологическое обновление, а переход к смыслоцентричному производству, где решения принимаются быстро, точно и прозрачно. В ближайшие годы такие системы могут стать основой для построения киберфизических платформ нового поколения, способных к самообучению, объяснению и взаимодействию с человеком на уровне понятий, а не только сигналов.

Именно способность объединить скорость, автономность и смысловую интерпретацию делает Edge-системы с семантическими моделями ключевым элементом цифровой трансформации промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

УДК 004.451.53

OSTree – СЛЕДУЮЩИЙ ШАГ ЭВОЛЮЦИИ LINUX ДИСТРИБУТИВОВ

В. А. ОВЧИННИКОВ
(Представлено: В. А. МАКАРЫЧЕВА)

В статье рассматривается инновационный подход к построению Linux-дистрибутивов на примере Fedora Atomic и технологии OSTree. Этот метод кардинально меняет традиционную модель управления пакетами, предлагая принцип неизменяемой системы.

Введение. Современные Linux дистрибутивы продолжают активно развиваться, предлагая пользователям всё больше и больше новых возможностей. Но даже при всей своей надёжности, Linux-системы остаются уязвимыми к определённым типам сбоев. Особенно часто с этим сталкиваются начинающие пользователи, например, когда после установки нового пакета или обновления системы из официальных репозиториев вдруг обнаруживают, что система перестала загружаться или работает некорректно.

Причины таких сбоев могут быть разными – от конфликтов зависимостей до проблем с проприетарными драйверами, такими как, например, драйверы NVIDIA, которые не всегда идеально интегрируются в обновлённую систему. В традиционных дистрибутивах восстановление после подобных ошибок часто превращается в сложный и нервный процесс, требующий либо глубоких технических знаний, либо наличия резервной копии.

Именно для решения этих проблем была разработана библиотека libostree, которая кардинально меняет подход к управлению системой. В отличие от классических пакетных менеджеров, libostree работает с целостными образами системы, что позволяет буквально в два клика откатить любые изменения и вернуться к работоспособному состоянию операционной системы.

Основной текст

Libostree – альтернативная пакетным менеджерам система, которая обеспечивает поддержку параллельной установки и атомарного обновления операционных систем. OSTree формирует системный образ из Git-подобного хранилища. Такой подход позволяет применять методы версийного контроля к компонентам дистрибутива.

В локальном репозитории хранятся снимки файлов и директорий, позволяя быстро переключать корневую систему, ядро и конфигурацию загрузчика на любой из доступных вариантов. Подобный подход позволяет легко переходить к произвольному состоянию системы в прошлом, что очень удобно решает указанную во введении проблему [1].

OSTree не является ни системой управления пакетами, ни инструментом управления дисковыми образами, но берёт на себя часть функций подобных систем, занимая промежуточную нишу.

Вместо пакетов и установочных образов OSTree манипулирует готовыми загрузочными деревьями файловой системы и может быть охарактеризован как "Git для бинарных файлов ОС". OSTree имеет многослойную архитектуру и изначально рассчитан на работу с различными наборами деревьев, разворачиваемыми поверх базового административного слоя. Репозиторий OSTree размещается в директории /ostree/горо базовой системы, установка вариантов систем производится в /ostree/deploy/OSNAME/CHECKSUM (системы запускаются с использованием chroot) с использованием жестких ссылок на файлы в репозитории, что позволяет физически хранить только одну копию данных [2].

При обновлении вначале по HTTP вносятся дополнения в репозиторий, после чего формируется обновлённое дерево системы, переключение на которое производится атомарно.

Схема работы OSTree представлена на рисунке 1.

Работа libostree будет рассмотрена на примере Fedora Kinoite Atomic. Стоит упомянуть, что "Kinoite" в названии дистрибутива – это часть наименования различных редакций Fedora, обозначающая окружение рабочего стола, так что Kinoite от остальных Atomic дистрибутивов будет отличаться только используемым DE (Desktop Environment), что не влияет на работу OSTree. Поэтому в дальнейшем, для простоты, будет просто использоваться общее название Fedora Atomic.

В нашем случае в качестве окружения рабочего стола используется KDE Plasma 6.

Полная схема всех редакций Fedora Atomic изображена на рисунке 2.

Также следует отметить, что Fedora Atomic – не единственное семейство неизменяемых систем. OSTree используется в Red Hat In-Vehicle Operating System, endless OS, Torizon OS Embedded Linux.

Основная часть системы (бинарные файлы, библиотеки, системные утилиты) в Fedora Atomic находится в /usr. Этот раздел монтируется в режиме только для чтения. В дистрибутиве отсутствуют rpm и dnf, т.к. вместо модификации файлов "на лету" система обновляется целыми снэпшотами, при обновлении скачивается новый образ системы, а не отдельные пакеты. После перезагрузки активируется новая версия, а старая остается как fallback [3].

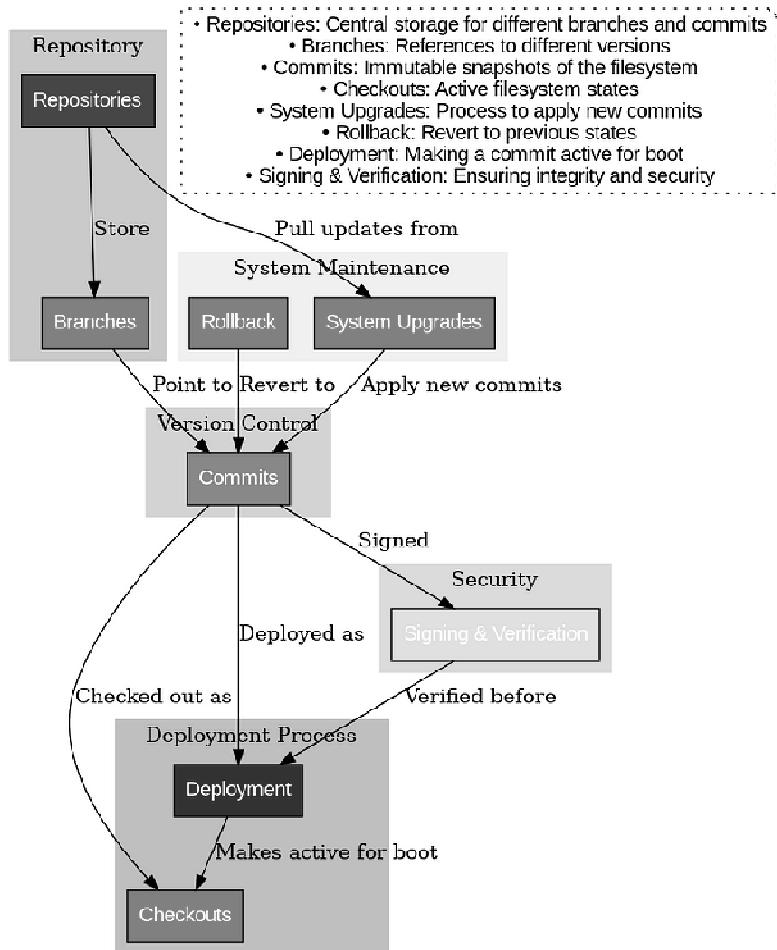


Рисунок 1. – Схема работы OSTree

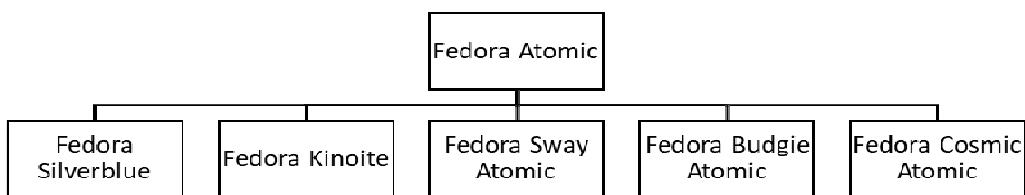


Рисунок 2. – Редакции Fedora Atomic

Важно учесть, что неизменяемость касается только `/usr`, другие ключевые разделы остаются модифицируемыми (`/etc`, `/var`, `/home`).

Возникает несколько вопросов. Например, такой подход требует размещения домашней директории пользователя в `/var/home`, чтобы обновления системы их не затрагивали. Будет ли уже созданное программное обеспечение конфликтовать с новым расположением файлов? Ответ прост: нет, т.к. в подобных дистрибутивах `/home` – символьическая ссылка на `/var/home`.

Еще один вопрос возникает при необходимости установить какой-либо пакет, т.к. в системе отсутствуют пакетные менеджеры. В данном случае Fedora Atomic предлагает несколько решений. Первое решение – гибридный пакетный менеджер `grm-ostree`. Он создан Red Hat для неизменяемых дистрибутивов на базе OSTree. Его главная задача – дать пользователю возможность устанавливать пакеты в неизменяемую систему, сохраняя её стабильность.

В отличие от `dnf` (который изменяет систему напрямую), `grm-ostree` создаёт новый образ системы на основе текущего состояния, накладывает изменения поверх этого образа и требует перезагрузки, чтобы переключиться на новую версию. Этот инструмент лучше всего использовать для установки системных пакетов.

Второе решение проблемы установки пакетов – Toolbox. Toolbox – утилита для создания изолированных контейнеров, созданная Red Hat как часть проекта Fedora Atomic. Она позволяет устанавливать пакеты через dnf (как в обычной Fedora) без изменения основной системы. Внутри утилиты используется Podman (аналог Docker без демона).

Контейнеры изолированы от хоста, но монтируют /home, /var и др., автоматически подключающиеся к графической сессии. Этот инструмент идеально подходит для разработчиков и администраторов, которым нужны CLI инструменты, т.к. контейнер изолирован, а .desktop файлы автоматически не копируются на хост.

Третье решение – Flatpak. Flatpak – система универсальных пакетов для Linux, которая позволяет устанавливать приложения изолированно от основной системы. Разработана как альтернатива традиционным пакетным менеджерам (dnf, apt).

Ключевые особенности Flatpak: изолированные среды (sandbox) – приложения не влияют на систему и друг на друга, универсальные пакеты – один. flatpak работает на любом дистрибутиве, библиотеки внутри пакета – нет конфликтов зависимостей (например, два приложения могут использовать разные версии GTK), автоматические обновления – через flatpak update. Flatpak пакеты рекомендуется использовать для установки приложений, использующих графический интерфейс.

Однако стоит упомянуть, что у flatpack есть и свои минусы. Например, приложения, установленные через Flatpak, занимают много места, т.к. каждое приложение включает свои зависимости (даже если они уже есть в системе), что приводит к дублированию библиотек, приложения запускаются медленнее своих нативных аналогов из-за запуска sandbox и runtime, не всегда корректно может работать аппаратное ускорение, а приложения не всегда имеют хорошую интеграцию с системой и могут работать не стабильно в Wayland-сессиях.

Особенно критичной является проблема с Wayland. Объясняется это тем, что Wayland – новая графическая система, стремительно захватывающая мир Linux-дистрибутивов. Разработанный как современная замена устаревшему X11, этот протокол предлагает принципиально иной подход к работе с графикой.

Разные окружения рабочего стола по-разному реализуют Wayland. А большинство Flatpak приложений разрабатывались для X11, что приводит к проблемам с буфером обмена, перетаскиванием файлов и глобальными горячими клавишами. Но, несмотря на все минусы, Flatpak остается лучшим выбором для изолированных GUI-приложений в неизменяемых системах.

Таблица 1. – Сравнение Toolbox, rpm-ostree и Flatpak

Критерий	Toolbox	Rpm-ostree	Flatpak
Назначение	Разработка	Базовая система	GUI-приложения

Окончание таблицы 1

Критерий	Toolbox	Rpm-ostree	Flatpak
Управление пакетами	dnf/apt (или любой другой пакетный менеджер) в контейнере	RPM + OSTree	Изолированные приложения
Изменения/обновления	Изменяемый контейнер	Commit в репозиторий, атомарные обновления + перезагрузка	Автообновления без перезагрузки
Размер	~300 МБ + пакеты	Пакеты	Большой(зависимости)
Оптимальное использование	Инструменты разработки	Ядро, драйверы, системные библиотеки	GUI приложения

Заключение. Современные Linux-дистрибутивы переживают революцию благодаря OSTree – технологии, которая предлагает принципиально новый подход к управлению системой. В отличие от традиционных пакетных менеджеров, OSTree работает с целыми снимками системы, обеспечивая атомарные обновления, когда изменения применяются полностью или не применяются вообще. Это гарантирует неизменную целостность системы и возможность мгновенного отката к любой предыдущей версии. Особенность OSTree-систем, таких как Fedora Atomic, Silverblue и Kinoite, заключается в их разделении на неизменяемую базовую часть (/usr) и гибкую пользовательскую среду. Базовый слой обновляется только целиком через rpm-ostree, что исключает возможность его повреждения. При этом пользователи получают полную свободу благодаря трем ключевым инструментам: rpm-ostree для системных компонентов, Flatpak для приложений и Toolbox для CLI инструментов.

Главные преимущества такого подхода проявляются на разных уровнях. Обычные пользователи получают стабильность, сравнимую с мобильными операционными системами. Разработчики избавляются от проблем с конфликтами зависимостей. Для предприятий это означает новый уровень безопасности и контроля версий всей операционной системы.

Особенно ценными эти решения становятся в корпоративной среде, при развертывании промышленных систем и IoT-устройств, а также в любых ситуациях, где критически важны надежность и простота администрирования. Fedora Atomic сегодня представляет собой наиболее удобный способ познакомиться с этим подходом – это готовый к использованию дистрибутив, демонстрирующий все преимущества неизменяемых систем уже сейчас.

ЛИТЕРАТУРА

1. OSTree [Электронный ресурс] // Wikipedia. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/OSTree>. – Дата доступа: 17.04.2025.
2. OSTree – атомарные обновления ОС в стиле git [Электронный ресурс] // Habr. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/flant/articles/522234/>. – Дата доступа: 17.04.2025.
3. Fedora Kinoite User Guide [Электронный ресурс] // Fedora Project. – Режим доступа: <https://docs.fedoraproject.org/en-US/fedora-kinoite/>. – Дата доступа: 18.04.2025.
4. Fedora Kinoite User Guide. Getting Started [Электронный ресурс] // Fedora Project. – Режим доступа: <https://docs.fedoraproject.org/en-US/fedora-kinoite/getting-started/>. – Дата доступа: 18.04.2025.

УДК 004.451.53

УПРАВЛЕНИЕ ПАРКОМ НЕИЗМЕНЯЕМЫХ СИСТЕМ В КОРПОРАТИВНОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ

В. А. ОВЧИННИКОВ
(Представлено: В. А. МАКАРЫЧЕВА)

В статье рассматривается решение главных задач современной ИТ-инфраструктуры: обеспечение стабильности, безопасности, единобразия рабочих станций с помощью неизменяемых операционных систем на базе libostree.

Введение. Современные корпоративные и образовательные ИТ-инфраструктуры сталкиваются с большим количеством проблем, связанных с управлением парками рабочих станций. Поддержание стабильности, обеспечение безопасности и соблюдение одинаковой конфигурации на сотнях или тысячах компьютеров требует большого количества человеческих ресурсов.

Особенно эти проблемы касаются образовательных учреждений, где компьютерными классами пользуется большое количество человек и необходимо гарантировать одинаковую среду для проведения занятий, а также в корпоративной среде, где простой одного рабочего места может остановить работу всей компании.

В статье будет изучено, как неизменяемая операционная система, контейнеризированная среда Toolbox и изолированные пользовательские приложения (на примере Flatpak) создают устойчивую, безопасную и легко управляемую экосистему, которая сильно снижает стоимость владения парком рабочих станций и повышает отказоустойчивость ИТ-инфраструктуры.

Основная часть. В традиционных Linux дистрибутивах, в которых пакеты динамически обновляются, например, через APT или DNF, неизбежно такое явление, как «дрейф конфигураций». Дрейф конфигураций – ситуация, когда в самом начале идентичные системы через некоторое время имеют различия из-за установки пользовательского программного обеспечения, обновлений или ручных изменений системных файлов [8]. Это приводит к непредсказуемому поведению, сложностям в диагностике проблем и уязвимостям в безопасности.

На предприятиях чаще всего очень важную роль играет старое, но проверенное программное обеспечение, которое требует для своей работы устаревшие версии системных библиотек. В традиционных дистрибутивах это приводит к конфликтам пакетов, что делает невозможным правильную работу специализированного программного обеспечения и остальной системы. Из-за этого на предприятиях часто используются старые операционные системы, что приводит к серьезным угрозам для безопасности всего предприятия.

Универсальным решением становятся неизменяемые операционные системы, построенные на технологии OSTree.

Libostree – альтернативная пакетным менеджерам система, которая обеспечивает поддержку параллельной установки и атомарного обновления операционных систем. OSTree формирует системный образ из Git-подобного хранилища. Такой подход позволяет применять методы версионного контроля к компонентам дистрибутивах [1].

Вместо пакетов и установочных образов OSTree манипулирует готовыми загрузочными деревьями файловой системы и может быть охарактеризован как "Git для бинарных файлов ОС". OSTree имеет многослойную архитектуру и изначально рассчитан на работу с различными наборами деревьев, развёртываемыми поверх базового административного слоя [5].

В результате администратор работает не с большим набором отдельных пакетов, а с эталонными образами, что гарантирует стопроцентную идентичность базовой системы на всех рабочих станциях парка.

Основой управления является золотой снимок. Золотой снимок – это эталонный снимок операционной системы, который включает в себя ядро, системные утилиты и предустановленное программное обеспечение. Этот образ развертывается на всех рабочих станциях заведения, что обеспечивает их стопроцентную идентичность на базовом уровне и последующее атомарное обновление всех узлов парка [8].

Каждый образ представляет собой отдельный коммит в репозитории OSTree, который идентифицируется хэш-суммой. Любое изменение, будь то обновление безопасности или установка нового пакета, приводит к созданию нового, верифицированного образа. Это исключает возможность «дрейфа конфигураций» и неожиданного сбоя системы, после обновления критических пакетов.

Процесс обновления является атомарным. Новый образ системы загружается и проверяется в фоновом режиме, а активируется только при следующей перезагрузке, путем переключения на новую корневую файловую систему. Если новый образ по какой-либо причине не запускается (например, из-за по-

врежденного драйвера), загрузчик автоматически предлагает вернуться к предыдущему, работоспособному состоянию. Это сводит простой рабочих мест к минимуму и полностью исключает возможность получения системы в нерабочем состоянии после обновления системы.

Архитектура неизменяемых систем предлагает четкое разделение ответственности, что упрощает управление и повышает безопасность. Система делится на три независимых слоя, которые управляются по отдельности:

1. Неизменяемая базовая операционная система
2. Пользовательские приложения
3. Среды разработки и администрирования

Неизменяемая базовая ОС – это и есть тот самый «золотой образ», которым администратор управляет через grm-ostree. Он содержит в себе только базовые компоненты, необходимые для функционирования операционной системы.

Для пользовательских приложений предлагается использовать систему универсальных пакетов Flatpak. Приложения устанавливаются в изолированные среды (sandbox) и не имеют возможности влиять на базовую ОС. Администратор может централизованно управлять корпоративным репозиторием Flatpak, утверждая и распространяя только необходимые версии программ. Это решает проблему конфликта зависимостей, так как разные приложения используют свои собственные, изолированные версии библиотек.

Для задач, требующих гибкости (установка компиляторов, отладочных инструментов, специфического CLI программного обеспечения), используются контейнеризированные среды. Они предоставляют пользователям полную свободу действий в изолированном пространстве, не ставя под угрозу целостность основной операционной системы. Данный подход идеален для ИТ-отделов и учебных классов, где требуется быстрая подготовка различных сред для разных проектов или дисциплин.

Данная архитектура кардинально упрощает такие рутинные, но критически важные операции, как массовое развертывание и восстановление после сбоев.

Новая рабочая станция подготавливается не последовательной установкой сотен пакетов, а развертыванием готового образа.

В случае критического сбоя, вызванного, например, экспериментами пользователя или повреждением данных, систему можно мгновенно вернуть в рабочее состояние. Команда grm-ostree rollback выполняет откат к предыдущему системному образу, а сброс пользовательского пространства через grm-ostree reset позволяет очистить изменяемые разделы до эталонного состояния, заданного администратором.

Для создания «золотых образов» используется утилита grm-ostree. Команда grm-ostree compose tree позволяет администраторам описывать конфигурацию базовой системы в виде декларативного манифеста (часто в формате YAML или JSON) [3]. В манифесте указываются: базовый дистрибутив, список предустановленных пакетов, настройки по умолчанию для загрузчика.

Для полного контроля и безопасности эталонные образы должны храниться на внутреннем сервере. Стандартная утилита ostree serve позволяет легко поднять такой репозиторий. Это дает администраторам возможность выкладывать новые образы в канал «staging» для проверки на контрольной группе устройств перед массовым развертыванием, поддерживать разные версии образов для разных филиалов или проектов, обеспечивать обновления в изолированных средах без доступа к интернету.

Развертывание собственного репозитория Flatpak, наподобие Flathub, например, с помощью flatpak-repo-build позволяет собирать, подписывать и распространять только проверенные версии программного обеспечения в корпоративной среде.

Заключение. Неизменяемые операционные системы – это не просто технологический эксперимент, а важный этап в эволюции ИТ-инфраструктур. Они являются эффективным решением основных проблем администрирования: обеспечение стабильности, безопасности и единства на большом парке развернутых систем. Администратор получает возможность работать не с последствиями бесконечных изменений в динамической системе, а с неизменяемой операционной системой. Атомарность обновлений и мгновенный откат сводят к минимуму простои, а принцип разделения ответственности между неизменяемой базой ОС, изолированными приложениями и контейнеризированными средами создает устойчивую и безопасную архитектуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. OSTree [Электронный ресурс] // Wikipedia. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/OSTree>. – Дата доступа: 17.04.2025.
2. OSTree – атомарные обновления ОС в стиле git [Электронный ресурс] // Habr. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/flant/articles/522234/>. – Дата доступа: 17.04.2025.

3. Fedora Kinoite User Guide [Электронный ресурс] // Fedora Project. – Режим доступа: <https://docs.fedoraproject.org/en-US/fedora-kinoite/>. – Дата доступа: 18.04.2025.
4. Fedora Kinoite User Guide. Getting Started [Электронный ресурс] // Fedora Project. – Режим доступа: <https://docs.fedoraproject.org/en-US/fedora-kinoite/getting-started/>. – Дата доступа: 18.04.2025.
5. OSTree Documentation [Электронный ресурс] // OSTree Project. – Режим доступа: <https://ostreedev.github.io/ostree/>. – Дата доступа: 18.04.2025.
6. Managing containerized applications with Flatpak [Электронный ресурс] // Red Hat Customer Portal. – Режим доступа: https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_enterprise_linux/8/html/managing_containerized_applications_with_flatpak/index. – Дата доступа: 18.04.2025.
7. Silverblue: The Future of Desktop? [Электронный ресурс] // Fedora Magazine. – Режим доступа: <https://fedoramagazine.org/silverblue-the-future-of-desktop/>. – Дата доступа: 18.04.2025.
8. What is an immutable OS? [Электронный ресурс] // Ubuntu Blog. – Режим доступа: <https://ubuntu.com/blog/what-is-an-immutable-os>. – Дата доступа: 18.04.2025.
9. Toolbox: Introduction and Use Cases [Электронный ресурс] // Fedora Magazine. – Режим доступа: <https://fedoramagazine.org/toolbox-introduction-and-use-cases/>. – Дата доступа: 18.04.2025.

УДК 004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕССЕНДЖЕРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНИЦИАТИВ: ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПЕРСПЕКТИВ НА ПРИМЕРЕ TELEGRAM-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕСТОВ

В. Д. ПАУКОВ
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В статье рассматривается использование мессенджера *Telegram* как современного инструмента поддержки образовательных инициатив на примере приложения для прохождения исторических тестов. Обзор показывает, что подобные цифровые решения способствуют привлечению молодежи к изучению истории в игровой форме, стимулируют интерес и создают соревновательную мотивацию. Представлен проект *Telegram*-приложения, позволяющего создавать и проходить персонализированные тесты, а также вести рейтинг пользователей. Анализируются возможности и перспективы использования мессенджеров в образовательном процессе.

Ключевые слова: Мессенджеры в образовании, *Telegram*-приложение, образовательные инициативы, исторические тесты, цифровое обучение, игровые методы обучения, мотивация учащихся, интерактивное обучение, образовательные технологии, рейтинг пользователей, персонализированные тесты, дистанционное обучение, образовательные боты, цифровая педагогика, современное образование.

Введение. Современное образование активно интегрирует цифровые технологии для повышения эффективности обучения и мотивации учащихся. Мессенджеры, в частности *Telegram*, становятся популярной платформой для реализации образовательных инициатив благодаря своей доступности, интерактивности и возможностям создания ботов и приложений. Изучение истории традиционно вызывает сложности у молодежи, однако использование игровых форматов и тестиования через *Telegram*-приложения может повысить интерес и качество усвоения материала. Цель исследования — доказать, что использование *Telegram*-приложения для изучения истории является современным и эффективным подходом, привлекающим молодых людей к обучению в игровой форме. Дополнительные задачи включают анализ существующих образовательных *Telegram*-ботов и оценку перспектив развития подобных инициатив.

Анализ существующих решений. В последние годы на платформе *Telegram* появилось множество образовательных ботов и приложений, предназначенных для изучения различных предметов, в том числе истории. Среди наиболее популярных решений — QuizBot, позволяющий быстро создавать тесты и опросы, а также тематические боты, такие как RU_history_bot, которые предоставляют пользователям возможность проверять свои знания по истории России. Эти инструменты отличаются удобством, доступностью и возможностью адаптации под разные образовательные задачи. Анализ показывает, что *Telegram* активно используется как дополнительная платформа для обучения, особенно среди молодежи, привыкшей к цифровым коммуникациям.

Описание собственного проекта. При разработке *Telegram*-приложения, посвященного изучению истории, основной целью стало создание образовательного процесса, который был бы максимально интерактивным, доступным и вдохновляющим для студентов и всех, кто интересуется историей. Задача заключалась в преобразовании традиционного пассивного усвоения информации в активное взаимодействие с учебным материалом. Формат вопросов и ответов стал ключевым элементом этого подхода, что особенно важно для современной цифровой аудитории. Это позволяет не только привлечь внимание пользователей, но и сделать процесс обучения более увлекательным и эффективным.

В проекте реализована возможность не только проходить готовые исторические тесты, но и создавать собственные, персонализированные задания. Это позволяет адаптировать обучение под индивидуальные потребности каждого пользователя, развивать самостоятельность и творческий подход, а также углубленно изучать интересующие темы. Персонализированные траектории обучения дают студентам свободу выбирать темп освоения материала, возвращаться к сложным вопросам и отслеживать свой прогресс через встроенную статистику и систему достижений.

Особое внимание мы уделили геймификации: введена система баллов, рейтингов пользователей и еженедельная статистика. Это формирует дух соревнования, повышает мотивацию к регулярному обучению и способствует закреплению знаний. Возможность видеть свои успехи относительно других участников стимулирует студентов к поиску новых знаний и развитию навыков самообразования.

Для преподавателей наш *Telegram*-бот предоставляет удобные инструменты для организации контроля знаний: быстрое создание и распространение тестов, автоматизированная проверка и мгновенное получение результатов. Такой подход облегчает мониторинг учебных достижений и позволяет оператив-

но корректировать образовательный процесс. Кроме того, платформа обеспечивает круглосуточный доступ к учебным материалам, что особенно важно для дистанционного и смешанного формата обучения.

Для широкой аудитории и любителей истории приложение становится источником интересных фактов, статей и новостей, расширяя кругозор и формируя устойчивый интерес к гуманитарным наукам. В результате наш проект не только делает обучение истории более эффективным и увлекательным, но и способствует формированию современной цифровой образовательной среды, отвечающей актуальным потребностям общества.

Влияние Telegram-приложений на образовательный процесс. Использование Telegram-приложений в образовательных целях открывает новые возможности для учителей и учеников. Во-первых, такие приложения делают процесс обучения более интерактивным и увлекательным, что особенно важно для молодых людей. Во-вторых, возможность создавать собственные тесты и делиться ими способствует развитию творческого подхода к изучению предмета. В-третьих, рейтинговая система и элементы геймификации усиливают мотивацию к регулярному обучению. В целом, внедрение Telegram-приложений в образовательный процесс способствует повышению интереса к изучаемым дисциплинам, развитию самостоятельности и ответственности у учащихся, а также расширяет доступ к качественным образовательным ресурсам.

Заключение. Использование Telegram-приложений для поддержки образовательных инициатив, в частности изучения истории через тесты, является эффективным и современным подходом. Он способствует вовлечению молодежи в учебный процесс в игровой форме, стимулирует соревновательный дух и улучшает усвоение материала. Разработанный проект демонстрирует практическую реализацию таких возможностей и открывает перспективы для дальнейшего развития цифрового образования с применением мессенджеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ успешного внедрения чат-ботов в электронное обучение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cluelabs.com/blog/анализ-успешного-внедрения-чат-ботов/>.
2. Чат-боты как персонализированные учебные помощники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cluelabs.com/blog/чат-боты-как-персонализированные-уче/>.
3. Чат-боты как одна из тенденций развития современного образования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://s.education.ru/pdf/2022/5/12095.pdf>.
4. ИИ и чат-боты: будущее образования уже здесь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.hse.ru/news/priority/954724617.html>.
5. Чатботы в образовании: перспективы и вызовы 2025 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://4study.pro/blog/chatbot-in-study-2025/>.
6. Влияние чат-ботов на образовательный процесс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-chat-botov-na-obrazovatelnyy-protsess>.
7. Результаты использования чат-бота на основе искусственного интеллекта в образовании [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sgugit.ru/upload/science-and-innovations/conference-ssga/international-scientific-methodical-conference-actual-problems-of-education/collections-of-materials-nmk-2025/tom-1/147-151.pdf>.

УДК 159.99

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УЯЗВИМОСТЕЙ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (CVSS, EPSS И ISO/IEC 27005)

И. О. ПЕТРОЧЕНКО, С. Г. САЕВИЧ
(Представлено: канд. пед. наук, доц. П. П. МАТЕЛЕНОК)

Развитие информационных технологий приводит к усложнению архитектуры информационных систем и увеличению числа потенциальных уязвимостей. На фоне роста количества кибератак, нацеленных на нарушение конфиденциальности, целостности и доступности информации, возрастает потребность в эффективных средствах анализа защищенности. Особую актуальность приобретают подходы, обеспечивающие системную и количественную оценку выявленных уязвимостей. Общепризнанными представителями таких подходов, методик, предназначенных для стандартизированной оценки степени критичности уязвимостей на основе множества факторов являются CVSS, EPSS И ISO/IEC 27005.

Отметим, что понятия угроз и уязвимостей в сфере информационной безопасности часто путают между собой, однако важно понимать их различия. Угрозы представляют собой потенциально возможные события, действия, явления, которые создают опасность нарушения информационной безопасности, что может привести к нанесению материального, морального и иного ущерба защищаемому объекту системы. Все угрозы по целям можно разделить на три основные категории: конфиденциальности данных и программ; целостности данных, программ, аппаратуры; доступности данных [1]. Угрозы обычно исходят из уязвимостей, которые приводят к нарушению безопасности в информационных системах. Уязвимость представляет собой особенности объекта информационной системы, которые могут вызвать нарушение безопасности информации. Эти особенности могут быть связаны с недостатками в функционировании системы, архитектурными особенностями, протоколами обмена, интерфейсами, используемым ПО, аппаратными платформами, а также условиями эксплуатации и размещения системы, а также с невнимательностью сотрудников. Уязвимость может возникать из-за ошибок в организации системы информационной безопасности, ошибок программирования, недостатков в проектировании системы, использования ненадежных паролей, вирусов и других факторов. Некоторые уязвимости известны только теоретически, в то время как другие активно используются и имеют соответствующие эксплойты. Источники угроз могут использовать эти уязвимости для нарушения безопасности информации с целью получения незаконной выгоды или нанесения ущерба владельцам, пользователям или собственникам информации. Устранение или значительное ослабление уязвимостей может значительно уменьшить возможности для реализации угроз безопасности информации [2].

В настоящее время существует проблема отсутствия единого подхода к идентификации и классификации уязвимостей в информационных системах, который бы учитывал все аспекты комплексного обеспечения информационной безопасности. Актуальность программных уязвимостей постоянно меняется в связи с появлением новых угроз или модификацией существующих. Условно уязвимости разделяются на объективные, субъективные и случайные уязвимости [3]. Объективные уязвимости возникают в результате особенностей конструкции и характеристик оборудования. Их полное устранение затруднено, но возможно снижение риска с помощью технических и инженерных методов.

Для всесторонней оценки рисков информационной безопасности используются различные стандарты и модели, каждая из которых имеет собственный подход, шкалу измерения и сферу применения [1]. В таблице 1 представлен сравнительный анализ трех ключевых подходов: CVSS, EPSS и ISO/IEC 27005, отражающий их особенности в контексте оценки уязвимостей и рисков.

CVSS предоставляет количественную шкалу от 0 до 10, где 0 означает отсутствие угрозы, а 10 – максимальную критичность уязвимости. Основное внимание уделяется оценке серьезности уязвимости с учетом воздействия на конфиденциальность, целостность и доступность информации. CVSS активно поддерживается международным сообществом FIRST [1].

EPSS использует шкалу от 0 до 1, отражающую вероятность эксплуатации уязвимости злоумышленниками в реальных условиях. Основывается на актуальных данных об угрозах, включая частоту атак и активность эксплойтов. Разработка EPSS ведется в рамках сообщества OpenDXL и групп по анализу уязвимостей.

В отличие от CVSS и EPSS, ISO/IEC 27005 не фиксирует конкретный диапазон оценок, поскольку представляет собой методологию комплексной оценки рисков, включающую как качественные, так

и количественные подходы. В рамках этого стандарта оцениваются риски с учетом вероятности возникновения угроз и их влияния на бизнес-процессы организации. Управление и развитие стандарта осуществляется международными организациями ISO и IEC.

Таблица 1. – Сравнительный анализ стандартов

	CVSS	EPSS	ISO/IEC 27005
Диапазон оценок	От 0 до 10: 0 – отсутствие угрозы, 10 – максимальная угроза	От 0 до 1: 0 – низкая вероятность эксплуатации, 1 – высокая	Не фиксирован: методология для качественной и количественной оценки рисков
Управление	Поддерживается FIRST (Forum of Incident Response and Security Teams)	Развивается OpenDXL и сообществом анализа уязвимостей	Регулируется ISO и IEC (Международные стандарты)
Отражение оценки	Серьезность уязвимости на основе доступности, воздействия и последствий	Оценка вероятности того, что конкретная уязвимость будет использована злоумышленниками в реальной среде. Это основано на истории атак и активности угроз	Уровень риска с учетом вероятности угроз и их влияния на организацию
Зависимость	Метрики: доступность эксплойта, влияние на конфиденциальность, целостность, доступность	Данные об угрозах: частота атак, типы эксплуатации, активность в сети	Факторы: угрозы, уязвимости, бизнес-воздействие, параметры риска

Использование этих аналитических моделей, в том числе CVSS, помогает не только в количественной оценке уязвимостей, но и в формировании более эффективных стратегий по минимизации рисков и защите информационных систем от потенциальных угроз. В результате анализа установлено, что уязвимости являются основой для возникновения угроз информационной безопасности. Их классификация на объективные, субъективные и случайные помогает точнее определять причины возникновения и способы устранения. Сравнение подходов CVSS, EPSS и ISO/IEC 27005 показало, что они дополняют друг друга: CVSS оценивает серьезность уязвимостей, EPSS – вероятность их эксплуатации, а ISO/IEC 27005 обеспечивает комплексное управление рисками.

Использование аналитических моделей позволяет повысить точность оценки уязвимостей и эффективно распределять ресурсы на их устранение. Комплексный подход к оценке рисков необходим для повышения уровня защищенности информационных систем.

Остановимся отдельно на CVSS. Common Vulnerability Scoring System – это стандарт для оценки критичности уязвимостей в информационных системах. С момента своего появления CVSS прошла несколько значительных изменений, адаптируясь к новым вызовам в области кибербезопасности. Метрика – количественный показатель свойств.

CVSS версии 3.1 использует трехуровневую структуру оценки, включающую следующие группы метрик: базовые (Base Metric Group), временные (Temporal Metric Group) и окружения (Environmental Metric Group).

В таблицах 2 и 3 представлены обобщенные преимущества и недостатки системы CVSS при анализе защищенности информационных систем.

Таблица 2. – Преимущества CVSS в контексте оценки защищенности

Преимущество	Описание
Стандартизация	Обеспечивает универсальный подход к количественной оценке уязвимостей, упрощая взаимодействие между различными участниками процессов информационной безопасности
Широкое использование	Используется международными организациями, государственными структурами и коммерческими компаниями, став отраслевым стандартом
Удобство для автоматизации	Поддерживает интеграцию в автоматизированные системы управления уязвимостями за счет структуры вектора и расчетных моделей
Адаптивность	Позволяет адаптировать оценки к конкретной среде эксплуатации благодаря времененным метрикам и метрикам среды

Таблица 3. – Недостатки CVSS в контексте оценки защищенности

Недостаток	Описание
Субъективность оценки	Несмотря на то, что CVSS предлагает стандартизированную методологию, некоторые метрики требуют оценки, основанной на экспертных суждениях. Это означает, что результаты могут зависеть от опыта и интерпретации специалистов, что приводит к определенной степени субъективности в итоговой оценке уязвимости
Ограниченнaя чувствительность к сложным атакам	CVSS в своей текущей форме не всегда может точно отразить сложные многоступенчатые атаки, которые могут включать взаимодействие нескольких уязвимостей или атакующих действий
Запаздывание обновлений	Так как CVSS обновляется не так часто, новые типы угроз и методов атак могут быть недостаточно учтены в оценках, что снижает ее актуальность
Ориентация на технические параметры	CVSS оценивает в первую очередь технические характеристики уязвимости, при этом не всегда учитывается ее воздействие на бизнес-процессы и организационные риски

Таким образом, несмотря на ряд ограничений, CVSS остается важным инструментом для количественной оценки уязвимостей в информационных системах. Понимание как преимуществ, так и недостатков этой системы позволяет более обоснованно подходить к ее использованию и, при необходимости, комбинировать с другими методами оценки рисков для более точных и комплексных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, А. С. Систематика уязвимостей и дефектов безопасности программных ресурсов / А. С. Марков, А. А. Фадин // Защита информации. Инсайд. – 2013. – №3. – С. 56–61.
2. Информационная безопасность и анализ угроз. Безопасник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bezopasnik.org/article/21.html>. – Дата доступа: 11.05.2025.
3. ISO/IEC 27005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standard/80585.html>. – Дата доступа: 09.04.2025.

УДК 004.056:004.056.3

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТЕЙ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ CVSS RISK EVALUATOR: ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

И. О. ПЕТРОЧЕНКО

(Представлено: канд. пед. наук, доц. П. П. МАТЕЛЕНОК)

В статье представлена реализация приложения CVSS Risk Evaluator, которое позволяет автоматически определять уровень риска уязвимостей веб-сайтов на основе данных из базы NVD. Приведены результаты тестирования реальных веб-ресурсов, определены используемые технологии и зафиксированы CVE-уязвимости. Проведен сравнительный анализ с онлайн-сервисом Pentes Tools.

В настоящее время есть запрос в учреждения образования на качественную проверку веб-ресурсов организации и при этом с минимальным затрачиванием средств на производство программного обеспечения. Представленное программное обеспечение ориентировано на пассивное получение информации о веб-сайтах. Подход, реализованный в разработанном решении, основан на пассивном анализе полученных ответов, то есть сканировании по косвенным признакам без подтверждения факта наличия уязвимости. Основной принцип его работы заключается в считывании HTTP-заголовков и данных, полученных с сайта, с последующим анализом используемых технологий. На основе этой информации производится поиск соответствующих уязвимостей через API открытых баз данных, таких как NVD. В случае обнаружения совпадений система автоматически выводит список уязвимостей, включая их идентификаторы, уровни критичности и краткое описание. Для дополнительного удобства пользователей программный продукт включает CVSS-калькулятор, который позволяет автоматически рассчитывать стандартизованные оценки критичности уязвимостей. Кроме того, система поддерживает функцию просмотра истории сканирований, позволяя пользователям анализировать результаты предыдущих проверок, отслеживать изменения в состоянии безопасности веб-приложения и сравнивать данные для оценки эффективности мер по устранению уязвимостей. Рассмотрим работу ПО более подробно. Пользователь запускает программу, переходит на вкладку «Сканер» и вводит URL сайта в соответствующее поле ввода. После нажатия кнопки «Сканировать» программа выполняет пассивное сканирование, реализованное функцией scan_website (листинг 1), и определяет какие используются технологии. На основе этих технологий программа выполняет поиск уязвимостей через API NVD с помощью функции get_cve_for_tech (листинг 3), возвращая список CVE. Параллельно используются функция analyze_headers (листинг 5), выявляя отсутствие заголовков «CSP» и «STS», и функция проверки сертификата check_ssl. На основе всех полученных результатов формируются рекомендации по безопасности. На рисунке 1 представлен успешный результат пассивного сканирования.

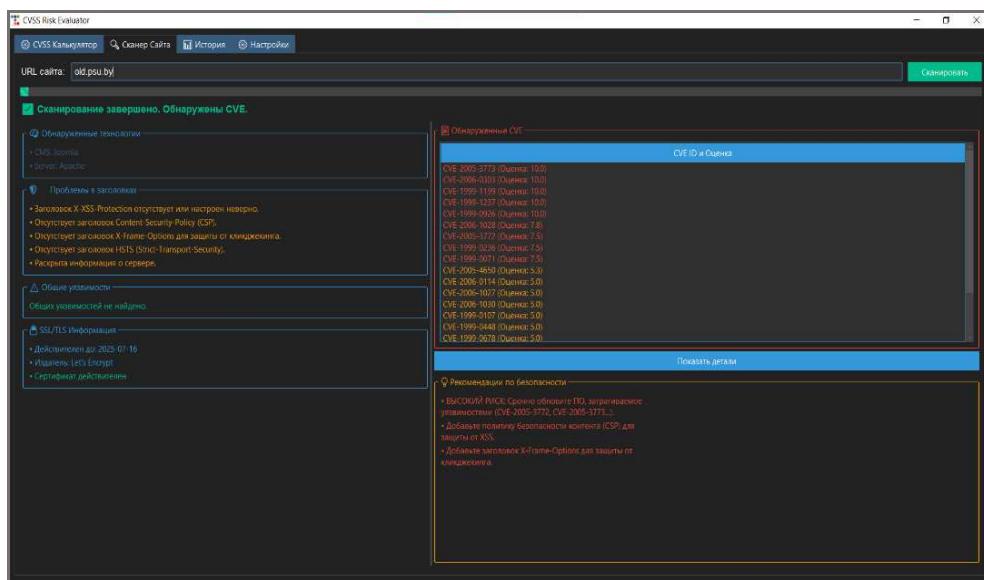


Рисунок 1. – Результат пассивного сканирования

В результате работы программы выявлено, что исходный сайт использует технологии такие, как: CMS: Joomla и Server: Apache. Далее выявлены уязвимости из базы данных NVD API для технологий с оценками CVSS, а также разработаны рекомендации по безопасности, представленные на рисунке 2.

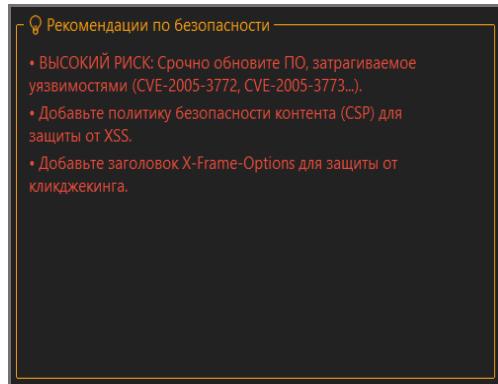


Рисунок 2. – Рекомендации по безопасности

Далее пользователь может перейти на вкладку «CVSS Калькулятор» и выбрать значения метрик для уязвимости. С помощью функции calculate_cvss рассчитывается оценка критичности уязвимости и ее категория. Вкладка «История» позволяет пользователю посмотреть историю оценок сканирований в виде графика и сохранить запись сканирования. Для этого пользователю необходимо выбрать нужное ему сканирование и нажать на кнопку «Экспорт в PDF», файл сохранится в типе «txt».

Результат по разработанной программе CVSS Risk Evaluator демонстрирует ее значительный потенциал как эффективного инструмента для пассивного аудита безопасности веб-сайтов. Программа успешно интегрирует ключевые функции, такие как расчет CVSS-оценок, пассивное сканирование, анализ уязвимостей через NVD API, проверка SSL/TLS-сертификатов и исследование HTTP-заголовков, обеспечивая пользователям комплексный анализ рисков без активного воздействия на целевые ресурсы. Интуитивно понятный интерфейс с вкладками «Сканер», «CVSS Калькулятор», «История» и «Настройки» позволяет гибко настраивать процесс (включая ввод ключа NVD, выбор темы и время сканирования) и получать детализированные результаты. Успешная реализация функций, подтвержденная практическим примером на сайте old.psu.by, подчеркивает надежность и практическую ценность программы, делая ее ценным решением для специалистов по информационной безопасности.

Проведем ставнильный анализ представленного ПО с аналогами. Pentest Tools – это специализированный онлайн-сервис, предназначенный для автоматизированного тестирования на проникновение и оценки защищенности веб-ресурсов и сетевой инфраструктуры. Платформа предоставляет широкий набор инструментов, включая сканеры уязвимостей веб-приложений, анализ конфигураций серверов, сбор информации, проверку безопасности CMS и генерацию отчетов. Благодаря удобному веб-интерфейсу и наличию как бесплатных, так и платных функций, Pentest Tools широко применяется специалистами по информационной безопасности для предварительного аудита, выявления уязвимостей и оценки уровня риска, связанного с их эксплуатацией.

В отличие от него, разработанный в рамках настоящей работы программный продукт ориентирован на пассивный сбор информации без активного воздействия на целевой веб-ресурс, что делает его более безопасным для предварительного анализа.

Полученный результат используемых технологий путем сканирования old.psu.by представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. – Полученные технологии в результате сканирования

Таблица 1. – Сравнение CVSS Risk Evaluator и Ptest Tools

Критерий	CVSS Risk Evaluator	Ptest Tools
Тип сканирования	Пассивное (анализ без воздействия)	Активное (с возможными тестовыми атаками)
Безопасность для целевого ресурса	Полностью безопасен, не нарушает работу сайта	Может вызвать нагрузку или сбои при интенсивном тестировании
Уровень автоматизации	Полная автоматизация (от сканирования до оценки CVSS)	Частично автоматизирован, требует ручной настройки тестов
Анонимность пользователя	Локальная работа, не требует передачи данных на внешний сервер	Все данные проходят через сервер Ptest Tools
История сканирований	Поддерживается локально, можно экспортить	Доступна в личном кабинете, ограничена по тарифу
Пользовательская настройка метрик	Поддерживается ручной выбор и коррекция CVSS-параметров	Нет встроенного калькулятора CVSS
Время сканирования	~10 секунд	~1-2 минуты
Установка	Локальное приложение	Веб-сервис, требует учетную запись
Расширяемость	Открытый код, расширяемый	Ограничено возможностями сервиса
Стоимость использования	Бесплатное использование	Ограничено бесплатно, полная функциональность – по подписке

Оба рассмотренных инструмента – CVSS Risk Evaluator и Ptest Tools направлены на решение одной и той же задачи: выявление уязвимостей в веб-приложениях и оценка уровня риска, связанного с их эксплуатацией. Несмотря на общее назначение, подходы к выполнению этой задачи у данных решений существенно различаются.

CVSS Risk Evaluator, разработанный в рамках данной работы, ориентирован на пассивный сбор информации и последующий анализ рисков на основе стандарта CVSS. Программа использует открытые источники данных (веб-сайт и API базы NVD), но все вычисления выполняются локально, что обеспечивает автономность, приватность и гибкость оценки. Пользователь получает возможность вручную управлять метриками и просматривать историю сканирований без ограничений по тарифам.

С другой стороны, Ptest Tools представляет собой облачный сервис с широким набором функций для активного тестирования безопасности. Он позволяет выявлять уязвимости более глубоко, включая эксплуатационные аспекты, но требует подключения к внешним серверам, авторизации и может оказывать влияние на стабильность целевого ресурса при интенсивных тестах.

Таким образом, CVSS Risk Evaluator может эффективно использоваться как первый этап анализа – для безопасной, быстрой и предварительной оценки защищенности, в то время как Ptest Tools может применяться на более позднем этапе для проведения детального и активного тестирования. Совместное применение этих подходов позволяет выстроить комплексную стратегию аудита безопасности веб-ресурсов, начиная с оценки рисков и заканчивая проверкой устойчивости к реальным угрозам.

В результате проведенной работы было разработано программное обеспечение для пассивной оценки защищенности веб-приложений. Инструмент автоматизирует сбор информации о целевом ресурсе, анализирует уязвимости с расчетом уровня риска по метрикам CVSS. В ходе исследования проведено сравнение возможностей разработанного решения с существующими инструментами, что позволило оценить его эффективность и определить направления для дальнейшего развития.

Поставленные задачи выполнены, разработанное программное обеспечение подтвердило свою практическую ценность для предварительного анализа защищенности веб-ресурсов.

Таким образом, несмотря на ряд ограничений, CVSS остается важным инструментом для количественной оценки уязвимостей в информационных системах. Понимание как преимуществ, так и недостатков этой системы позволяет более обоснованно подходить к ее использованию и, при необходимости, комбинировать с другими методами оценки рисков для более точных и комплексных результатов.

УДК 62-1-9

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ

С. В. ПЕТЮКЕВИЧ, Н. В. КАРЛА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты теоретического анализа методов приборов для измерения внутриглазного давления. Исследованы различные методы для измерений давления, на каком основаны современные приборы. Материалы статьи могут быть использованы для выбора конкретного устройства измерения внутриглазного давления.

Введение. Актуальность рассматриваемых в настоящей работе задач заключается в анализе разновидностей методов, которые используются в приборах для измерения внутриглазного давления. Целью является нахождения наиболее эффективного и качественного метода измерения. Так как тонометрия - существует уже более 1 века вариантов измерения внутриглазного давления открыли не мало, порядка 10. Действительно качественного измерения, в общем насчитывается всего 2, но они имеют разную специфику измерения. Поэтому следует исследовать и определить, какой метод наиболее доработан в современной офтальмологической диагностике.

Теоретический анализ. В данной работе проведён анализ методов приборов для измерения внутриглазного давления. Исследованы положительные и отрицательные качества использования приборов и возможные побочные эффекты. Внутриглазное давление представляет собой уровень давления жидкости внутри глаза, на протяжении всей жизни человека оно является постоянным. Это один из показателей, позволяющий врачу установить точный диагноз и назначить пациенту эффективную терапию. Процедура носит название тонометрия внутриглазного давления [1]. Измеряется оно, как правила в миллиметрах ртутного столба - мм рт. ст. Этот показатель важен для диагностики глазных заболеваний, таких как глаукома, и отражает давление внутри глазного яблока, создаваемое внутриглазной жидкостью. Диапазон давления в целом определяют в целом от 10 до 22 мм р.ст. Если показатели ниже или выше, то диагностируют высокое или низкое давление внутри глаза. Часто патология появляется из-за избыточной внутриглазной жидкости, которая не выводится естественным путём, поэтому давление увеличивается [2]. Что бы результат был как можно верным и безошибочными стоит задуматься о разновидности методов в целом и каким методом проводится измерение и насколько он может быть точным.

Как упоминалось ранее, существует порядка 10 вариантов измерения внутриглазного давления. Контактные методы — аппланационный подвид, зависит от уплощения роговицы на фиксированной площади. И включает в себя измерения по Гольдману, который считается “золотым стандартом” и основан на принципе Имберта-Фика. Принцип Имберта-Фика, сила - F, необходимая для уплощения сферической оболочки, пропорциональна внутривесенному давлению. $F = P * S$, где S — площадь аппланации. Для тонометра Гольдмана эта площадь выбрана равной 3.06 мм. Это компенсирует капиллярные силы слёзной пленки. Также существует по Маклакову, основан на прицепе измерения площади контакта грузика с роговицей, ещё существует измерение с использованием портативного тонометра, основанный на запатентованной технологии отскока, чем выше внутриглазное давление, тем сильнее роговица сопротивляется вдавливанию грузика, тем меньше площадь контакта. Далее идёт импрессионный подвид, основан на вдавливании роговицы, его примером служит тонометр Шиотца. Крайним подвидом контактного метода, является динамическая контурная тонометрия, которая заключается в измерении давления без аппланации. Датчик повторяет контур роговицы, минимизирует её деформацию и влияние биомеханических свойств. Примером служит тонометр Pascal. Контактные аппланационные методы остаются “золотым стандартом” диагностики благодаря своей точности и воспроизводимой, однако их результаты требуют интерпретации с учётом центральной толщины роговицы. Но процедура требует контакта с роговицей, что связано с определёнными ограничениями и рисками.

Следующим методом является бесконтактное измерение, которое не требует контакта с глазом. Суть заключается в динамической аппланации роговицы контролируемой воздушным потоком. То есть, когда струя воздуха деформирует роговицу до состояния плоской аппланации; в этот момент датчик фиксирует отражённый свет от роговицы, и давление воздуха соответствует ВГД. В основном применяется для комплекса медицинских процедур для выявления заболеваний или их рисков у внешне здоровых людей, не имеющих симптомов [3]. Данный метод хорошо подходит для массового скрининга, ввиду своей скорости и безопасности, однако его значимая зависимость от свойств роговицы и меньшая, по сравнению с “золотым стандартом”, но его точность не позволяет использовать его для окончательной постановки диагноза и динамического наблюдения за пациентами с глаукомой.

Так же существует измерения через веко — метод транспальпебральный. Принцип действия метода основан на обработке функции движения штока в результате его свободного падения и взаимодействия с упругой поверхностью глаза в склеральной области через веко. Транспальпебральный метод измерения внутри глазного давления расширяет клинические возможности тонометрии в офтальмологии. Так, применение прибора возможно при проведении массовых профилактических осмотров населения, для измерения давления при наличии у пациентов патологии роговицы, хронического конъюнктивита, в послеоперационном периоде, с целью проведения суточного мониторинга офтальмотонуса в амбулаторных условиях, контроля ВГД при подборе лекарственных препаратов [4]. На данный момент классическим примером служит ТГДц-01. Данный метод занимает важную нишу в случаях, когда контакт с роговицей сложен или нежелателен. Однако его показания считаются ориентировочными из-за значительного влияния толщины и упругости века, что требует осторожной интерпретации результатов.

Конечно, при выборе метода важную роль играют и различные факторы, такие как: кривизна роговицы, наличие патологии роговицы, состояние слёзной пленки и биохимические свойства.

Заключение. Проведённый анализ методов измерения внутриглазного давления показал, что наиболее подходящим методом точной диагностики и ведения пациентов с глаукомой был и остается метод аппланационной тонометрии по Гольдману. Даже современные методы, такие как бесконтактные и транспальпебральные эффективны для скрининга, и имеют перспективу, но тонометрия по Гольдману остается единственным методом, сочетающим точность, надежность и клиническую проверенность временем. Это делает его незаменимым инструментом для точной диагностики и контроля лечения глаукомы. Однако на данный момент современная офтальмология движется к комплексному подходу, когда данные тонометрии дополняются измерением толщины роговицы и анализом ее биомеханических свойств для формирования наиболее полной и точной диагностической картины.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://santa-med.ru/infos/sposoby-izmereniya-vnutriglaznogo-davleniya/> [Электронный ресурс]. – Режим доступа, свободный. – Дата доступа: 27.09.2025.
2. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8456330/> [Электронный ресурс]. – Режим доступа, свободный. – Дата доступа: 27.09.2025.
3. <https://happylook.ru/blog/zdorove-glaz/tonometriya/> [Электронный ресурс]. – Режим доступа, свободный. – Дата доступа: 27.09.2025.
4. <https://health-ua.com/article/16331-primenenie-transpalpebralnoj-tonometrii-vnutriglaznogo-davleniya-v-obshei-v> [Электронный ресурс]. – Режим доступа, свободный. – Дата доступа: 27.09.2025.

УДК 62-1/9

ОБЗОР ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ

С. В. ПЕТЮКЕВИЧ, Н. В. КАРЛА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты теоретического анализа приборов для измерения внутриглазного давления. Исследованы функции и устройство различных приборов для измерения. Материалы статьи могут быть использованы для выбора конкретного устройства измерения внутриглазного давления.

Введение. Актуальность рассматриваемых в настоящей работе задач заключается в анализе разновидностей приборов, которые применяются для измерения внутриглазного давления с целью нахождения наиболее эффективного устройства, на основе которого можно спроектировать более эффективный и дешевый прибор. Внутриглазное давление (синоним офтальномус, тензия глаз) — давление, под которым находится содержимое глазного яблока в замкнутой полости его плотных оболочек — роговицы и склеры. Постоянный уровень внутриглазного давления играет важную роль в сохранении гомеостаза глаза [1]. Современные устройства, которые используются для измерения внутриглазного давления, во многом отличны от тех приборов изобретённых пару столетий назад. Исходя из многочисленных испытаний были выявлены различные методы измерений, контактные и бесконтактные и изобретены некоторые виды приборов.

Теоретический анализ. В данной работе проведен анализ приборов для измерения внутриглазного давления. Выявлены положительные и отрицательные качества использования приборов и возможные побочные эффекты.

История изобретения первого прибора глазного давления берёт начало во второй половине 19 века, когда в 1884 году профессор Московского университета представил первый в мире рабочий аппланационный тонометр, который в последствии был назван “Тонометр Маклакова”. Измерение происходило следующим образом: предварительно для устранения повышенной чувствительности, в глаз заливается местный анестетик. Затем, при установке прибора, происходило сплющивание роговицы, точный след которого обозначался кругообразным, белым пятном на закрашенной пластинке тонометра (см. рисунок 1). Изображение которого переводилось на бумагу. Далее диаметр круга измерялся линейкой, которая была также предложена Маклаковым. Данный метод основан на зависимости упругости глазного яблока от уровня внутриглазного давления. Плюсы заключаются в простоте и портативности, помимо этого данный метод бюджетный. Отрицательным моментом является то, что есть сильная зависимость от свойств роговицы, требует контакта с глазом и соответственно анестезии.

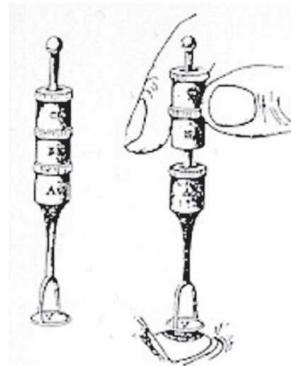


Рисунок 1. – Тонометр Маклакова

Далее не малозначимым в истории прибором является – тонометр Шиотца (см. рисунок 2), который был изобретён в 1905 году норвежским офтальмологом. Суть измерения заключалась в следующем: роговица вдавливается плунжером, нагруженным различными грузами. ВГД основывается на глубине вдавливания. Значение, которое указывалось на ручке, необходимо перевести в мм рт. ст. с помощью шкалы перевода, при этом следует учитывать коэффициент ригидности глаза, который может различаться [2]. Исходя из сути выделяется минус прибора в том, что высока вероятность неточности при проведении переводов и учёта коэффициента, сильной зависимости от ригидности глаза. Могут возникать также технические сложности, так как измерение требует строго вертикального положения прибора, что

также может доставить дискомфорт пациенту. Но следует заметить, что для своего времени прибор был востребован, так как считался точным, компактным и бюджетным.



Рисунок 2. – Тонометр Шиотца

Следующим и крайним прибором, метод которого принят за “золотой стандарт”, является тонометр Гольдмана, (см. рисунок 3). Предыдущие имеют применение и в наше время, но это скорее исключения. В основном применяется метод Гольдмана. Пациент сидит у щелевой лампы. Процедура заключается в следующем: в глаз закапывают анестетик и флюоресцеин, наконечник тонометра (прозрачный конус) подводят к центру роговицы и через синий кобальтовый свет щелевой лампы врач видит два зелёных полукольца. Затем регулируя силу, добиваются соприкосновения внутренних краёв колец, что означает достижение стандартной площади аппланации. После значение внутриглазного давления считывается со шкалы на приборе. Ключевым фактором остаётся то, что тонометр Гольдмана на данный момент является непревзойдённым по точности инструментом для измерения ВГД в условиях клиники. Несмотря на зависимость от толщины роговицы и необходимость навыка врача. Даже современные, контактные приборы дополняют, но не заменяют его.



Рисунок 3. – Тонометр Гольдмана, современный вид

После анализа “основателей”, приборов того времени, требуют внимания и повсеместные приборы, которые используются в клиниках или же продаются в аптеках. Если рассматривать приборы, которые продаются в аптеках, то это скорее миниатюризованные приборы имеющие небольшой функционал, но для домашнего пользования пригодны. Примерами таких являются тонометр внутриглазного давления ИГД-03 [3] и ТВГД-02 [4]. Первый прибор - ИГД-03, прямой наследник тонометра Маклакова. Преимуществом которого является: его скорость получения результата 1-2 сек, более гигиеничен и имеет меньшую погрешность, так как все вычисления производятся в автономном режиме. Второй применяется в более редких случаях, так как прибор не является гарантом точности, но прост в использовании и не нуждается в контакте с роговицей, измерение проходит через веко.

В аптеках в данное время выбор несколько ограничен, что нельзя сказать о клиниках. Начиная от тех приборов, которые были описаны ранее продолжая теми, которые могут измерять давление уже не контактируя с глазом или же контактные линзы, в которых уже встроен измерительный датчик. В областных и центральных больницах можно встретить в основном три вида. Первый это апплационная тонометрия, которые работают по методу Гольдмана. Haag-Streit Goldmann – является наиболее точным прибором, который не требует калибровки и просто в использовании [6]. Отрицательным фактором

является его стационарность и существует малая доля вероятности, как и во всех контактных измерителях, занесения инфекции.

Следующий по точности является тонометр ICare TA01i [7], используется он чаще, потому как портативен и имеет закупочную стоимость ниже, чем у аналогов. Требует более чёткого контроля врача, так как требует специальных навыков, и после использования у 2% пациентов может возникать аллергия.

Третьим прибором, который всё больше начинает появляться в поликлиниках, это бесконтактный пневмотонометр, работает за счёт того, что пациент фиксирует взгляд на мишени внутри прибора, после прибор выпускает дозированную струю сжатого воздуха на центр роговицы. Роговица во время процесса прогибается внутрь и в этот момент оптическая система регистрирует момент, когда роговица становится плоской под действием струи. Сила воздушного потока, необходимая для достижения этого момента аппланации, прямо пропорциональна ВГД. Прибор вычисляет давление и выводит его на экран. Этот метод является самым безвредным и быстрым способом измерения внутриглазного давления, но не является сильно точным. Поэтому внедрение Reichert 7CR (прибор ВГД, который основывается на пневмометрии) [8], в поликлинике происходит постепенно, пока технологии максимально не приблизятся к “золотому стандарту”.

Заключение. Проведённый анализ приборов для измерения внутриглазного давления показал, что наиболее безвредным является бесконтактный пневмотонометр, его ценность так же заключается в скорости получения результата. Поскольку его показания недостаточно приближены к “золотому стандарту”, данный тип ещё только внедряется. На данный момент для наиболее точного получения результата следует использовать прибор, который основывается на методе Маклакова или же, что и лучше всего, на методе Гольдмана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотов А.А. Развитие методов измерения внутриглазного давления / А.А Федотов, В.Ю. Азима // Рязань, 2015. – 3 с.
2. National library of Medicine. How to Measure Intraocular Pressure: An Updated Review of Various Tonometers [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://PMC8456330/>, свободный. – Дата доступа: 10.08.2025.
3. ИГД-03 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://OKP 94 4130>, свободный. – Дата доступа: 11.08.2025.
4. Перспективы мониторинга внутриглазного давления с помощью транспальпебральной тонометрии [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://fsmj.ru/48015>, свободный. – Дата доступа: 11.08.2025.
5. Tiara Medical [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.tiaramed.ru/catalog/tonometry/reichert-7cr/>, свободный. – Дата доступа: 11.08.2025.
6. Аппланационный тонометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://haag-streit.com/en/products/categories/general-diagnostics/tonometers/goldmann-applanation-tonometer>, свободный. – Дата доступа: 11.08.2025.
7. Портативный тонометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://navaophthalmic.com/product/icare-ta01i/>, свободный. – Дата доступа: 11.08.2025.
8. Бесконтактный тонометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.reichert.com/en/products/reichert-7cr>, свободный. – Дата доступа: 11.08.2025.

УДК 62-1-9

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОМЕТРИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ

С. В. ПЕТЮКЕВИЧ, Н. В. КАРЛА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты теоретического анализа пневмотонометрического метода. Оценена возможность применения пневмометрии для измерения внутриглазного давления. Материалы статьи могут быть использованы для выбора устройства измерения внутриглазного давления на основе пневмотонометрии.

Введение. Актуальность рассматриваемой в настоящей работе задачи заключается в необходимости изучить способ измерения внутриглазного давления. Среди большинства методов измерения внутриглазного давления пневмотонометрия занимает особое положение. Ведь с одной стороны, это технологически продвинутый бесконтактный метод, который широко внедрён в клиническую практику, с другой же стороны — метод, вызывающий серьёзные разногласия относительно своей диагностической точности и клинической ценности. Поэтому имеет смысл проанализировать возможность применения пневмометрии для измерения внутриглазного давления, так как в условиях белорусской системы здравоохранения, где эффективность и доступность медицинской помощи имеют первостепенное значение, особенно остро стоит вопрос об оптимальном выборе диагностических методик.

Теоретический анализ. В данной работе проведён анализ метода пневмотонометрии. Пневмотонометрия — это современный бесконтактный метод измерения внутриглазного давления, основанный на воздействии на роговицу глаза направленной струи воздуха и оценке степени её деформации под этим давлением [1]. Подробный принцип действия метода заключается в том, что аппарат, пневмотонометр, генерирует короткий импульс воздуха, который подаётся на поверхность роговицы. Специальные датчики фиксируют, насколько роговица прогибается в ответ на это воздействие. Встроенная система аппарата анализирует полученные данные и автоматически рассчитывает показатель ВГД в миллиметрах ртутного столба. При проведении данной процедуры пациент располагается перед пневмотонометром, фиксируя при этом подбородок на специальной подставке и лоб на упоре. Далее обследуемый широко открывает глаза и смотрит в указанную врачом точку. После чего на роговицу пускается струя воздуха. Спустя небольшое количество времени и проведения манипуляции компьютер анализирует полученные данные и выдаёт результаты исследования врачу в виде распечатки.



Рисунок 1. – Вариант проведения процедуры

При проведении многочисленных исследований были выявлены следующие преимущества пневмотонометрии: первое это безопасность и бесконтактность анализируемый метод исключает прямой контакт прибора с поверхностью глаза, что полностью устраняет риск инфекции, травм роговицы или возникновения аллергической реакции на анестезию. Так же стоит учесть, что процедура не вызывает болевых ощущений, лишь возможный лёгкий дискомфорт от потока воздуха. Это делает её комфортной для детей, пожилых людей и пациентов с повышенной чувствительностью глаз. Что не мало важно скорость и качество измерения занимает считанные секунды, что позволяет проводить массовые обследования в короткие сроки, но точность измерения не равна максимуму, что является недостатком пневмометрии.

Имея немалое количество преимуществ, есть и существенные недостатки. Вероятная погрешность: на данный момент, метод измерения основанный на пневмометрии может быть менее точен по

сравнению с некоторыми контактными способами, к примеру, тонометрией по Гольдману или Маклакову. Особенno при значительных отклонениях внутриглазного давления от нормы. На точность могут влиять толщина и ригидность роговицы пациента, напряжение глазных мышц во время диагностики. Также возможной погрешности результаты пневмотонометрии часто носят ориентировочный характер. При выявлении отклонений офтальмологи обычно назначают дополнительное, более точное контактное исследование для постановки окончательного диагноза. Существует и некоторые противопоказания, такие как тяжёлые патологии, воспалительные заболевания роговицы, бактериальные инфекции глаз и, если у пациента высокая степень близорукости, состояния, сопровождающиеся нарушением целостности оболочек глазного яблока [2].

На территории Республики Беларусь пневмотонометрия является широко распространённым и востребованным методом диагностики. Она доступна в государственных медицинских учреждениях и частных клиниках. Часто проводится скрининг и профилактика, так как метод активно используется для ежегодных профилактических осмотров людей старше 40 лет, что является эффективной мерой раннего выявления глаукомы, что соответствует международным и отечественным клиническим рекомендациям.

В настоящее время основные научные и конструкторские разработки в области бесконтактной тонометрии направлены на преодоление главного недостатка метода — зависимости показаний от биомеханических свойств роговицы. Одним из наиболее перспективных направлений является создание интегрированных диагностических систем, которые комбинируют непосредственно пневмотонометрию с одновременным измерением толщины роговицы — пахиметрии [3]. В таких устройствах микропроцессор, получив два параметра — исходное давление, необходимое для аппланации, и данные пахиметрии, автоматически вычисляет скорректированное значение внутриглазного давления по специальным алгоритмам или калибровочным таблицам. Что позволяет обойти систематическую ошибку, вызванную вариациями в толщине роговицы. По поводу технических усовершенствований, то ведутся работы по созданию портативных и даже носимых пневмотонометров для домашнего мониторинга внутриглазного давления, что могло бы решить проблему отслеживания суточных колебаний давления — ключевого параметра в диагностике глаукомы. Для клиник актуальной задачей остаётся снижение стоимости и упрощение обслуживания таких комплексов, что особенно важно для их широкого внедрения в практику государственного здравоохранения Республики Беларусь и мирового здравоохранения в целом.

Заключение. Проведённый анализ пневмометрического метода, показал, что является важным, быстрым и самое важное безопасным инструментом в современной медицине. Однако важно учесть, что существуют ограничения по точности, но для проведения первичного скрининга внутриглазного давления, особенно в условиях массового обследования населения этот метод незаменим. Что говорит о широком использовании в Республике Беларусь данного метода. Его успешно применяют, потому как являясь доступным первым шагом в диагностике глаукомы и других патологий, связанных с изменением ВГД. В целом проанализированная пневмотонометрия. Представляет собой компромиссный метод, приемлемый лишь для первичного отбора пациентов. Но так как совершенствование метода продолжается и на данный момент возможно, что разработка алгоритмов, автоматически корректирующих показаний на основе данных пахиметрии, позволит существенно повысить его ценность и приблизить точность к контактным эталонным методикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пневмотонометрия глаза [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.sfe.ru/kompleksnaya-diagnostika/pnevmotonometriya-glaza/>, свободный. — Дата доступа: 05.10.2025.
2. Пневмотонометрия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://polyclin.ru/uslugi/pnevmotonometrija/>, свободный. — Дата доступа: 05.10.2025.
3. Офтальмология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eyepress.ru/article/sravnitel-nyy-analiz-pokazateley-vnutriglaznogo-davleniya-pri-razlichnykh-vidakh>, свободный. — Дата доступа: 05.10.2025.

УДК 62-1/9

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ

С. В. ПЕТЮКЕВИЧ, Н. В. КАРЛА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты теоретического анализа свойств тензорезистора. Оценена возможность применения тензорезисторов для измерения внутриглазного давления. Материалы статьи могут быть использованы для разработки устройства измерения внутриглазного давления на основе тензодатчика.

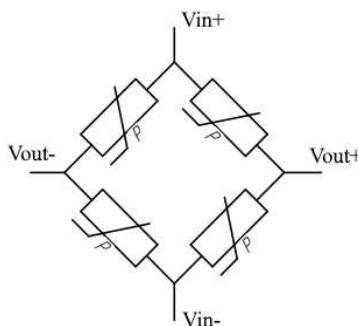
Введение. Актуальность рассматриваемых в настоящей работе задач заключается в необходимости найти способ удешевить производство устройств для измерения внутриглазного давления, так как большинство приборов, выполняющих данную функцию, имеют достаточно высокую стоимость. Имеет смысл проанализировать возможность применения тензорезисторов для измерения внутриглазного давления, так как прибор, использующий тензорезисторы будет иметь более низкую стоимость, чем существующие аналоги. Тензорезистор (от лат. *tensus* — напряжённый и лат. *resisto* — сопротивляюсь) — резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации. С помощью тензорезисторов можно измерять деформации механически связанных с ними элементов [1]. Большинство современных устройств, предназначенных для измерения внутриглазного давления оказывают физическое воздействие на глазное яблоко, приводящее к его деформации, путем оценки характера деформаций производится расчет внутриглазного давления. Исходя из этого можно предположить, что способность тензорезистора изменять сопротивление при деформации может быть применена в устройстве для измерения внутриглазного давления.

Теоретический анализ. В данной работе проведен анализ свойств тензорезистора. Оценена возможность применения тензорезисторов для измерения внутриглазного давления. При деформации объекта измерения эта деформация передается резистивной проволоке или резистивной фольге тензорезистора через его основание (подложку). В результате сопротивление проволоки или фольги изменяется. Это изменение точно пропорционально деформации, что отражает следующее уравнение [2]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R / R}{K}, \quad (1)$$

где ε — измеряемая деформация; L — исходная длина материала; ΔL — изменение длины под действием силы; R — сопротивление тензорезистора; ΔR — изменение сопротивления под действием деформации; K — коэффициент тензочувствительности.

На практике, деформации тензорезистора не приводят к существенному изменению сопротивления, из-за чего для измерения тензорезисторы соединяют в мост Уитсона, данная конструкция называется тензодатчиком (см. рисунок 1).



Vin- и Vin+ - входное напряжение питания тензодатчика;
Vout- и Vout+ - выходное напряжение

Рисунок 1. – УГО тензодатчика

Измеряя напряжение на выводах $Vout-$ и $Vout+$ можно судить о степени деформации тензодатчика. Главное преимущество моста Уитсона — возможность обеспечить очень точные измерения сопротивления [3].

Можно сделать вывод, что тензорезисторы соединенные в мост Уитсона могут применяться для решения задач, где необходимо измерение деформаций с высокой точностью. В случае измерения внутриглазного давления точность крайне важный фактор, так как:

А) высокая точность позволяет с большей вероятностью выявлять заболевания и реже ставить ложные диагнозы пациенту;

Б) во избежание травм глаза, следует избегать высоких физических воздействий на глазное яблоко, так как существенная механическая деформация может привести к патологиям. Поэтому нам необходимо минимизировать деформации, которым будет подвергаться глаз – возникает необходимость в высокой точности датчика.

Существует множество методов измерения внутриглазного давления, но наиболее предпочтительным из них является аппланационная тонометрия. В настоящее время считается наиболее надежным методом для измерения ВГД. Метод основан на законе Имberta-Fика: $P = F/S$, в котором P — давление, S — поверхность уплощенной области, а F — сила, необходимая для уплощения фиксированной области роговицы [4].

Обычно измерения данным методом осуществляются следующим образом: к глазу прикладывается заведомо известная фиксированная сила (например, на поверхность роговицы помещается груз весом 10 г) и расчеты ведутся на основании площади уплощенной области. Но данный способ нам не подходит так как мы не можем определить площадь уплощенной области применяя тензодатчик, но мы можем определить приложенную нагрузку, а площадь контакта ограничить (например, использовать квадратную подкладку с известной площадью), и вести расчёты зная фиксированное значение площади [5].

Так как глазное яблоко обладает определённой упругостью, которая зависит от глазного давления при физическом воздействии на глазное яблоко будет возникать сила упругости ($F_{упр}$), которая будет частично противодействовать силе тяжести груза (F_t) (рисунок 2).

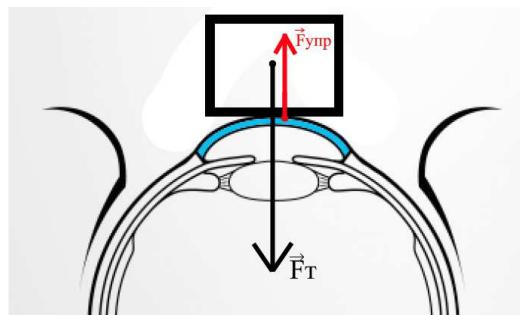


Рисунок 2. – Глазное яблоко при воздействии груза [6]

Данные вектора имеют противоположные направления и по мере деформации (уплощения) роговицы сила упругости будет возрастать пока не будет достигнуто состояние равновесия. Если между грузом и глазным яблоком поместить тензодатчик, можно по показаниям тензодатчика судить о степени деформации глазного яблока и определять внутриглазное давление. Чем больше степень деформации глазного яблока – тем меньше внутриглазное давление.

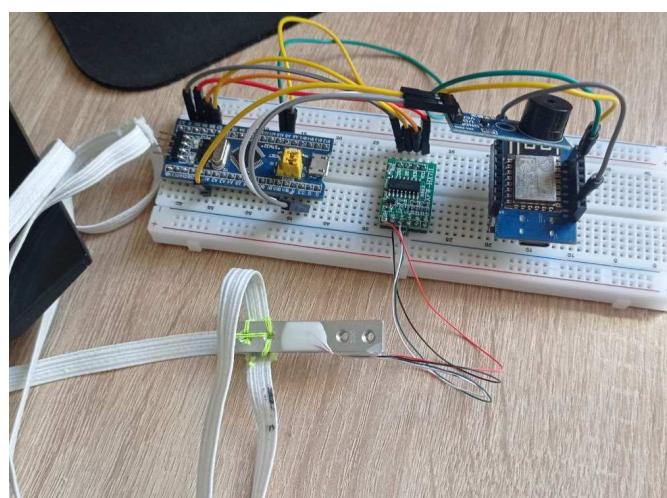


Рисунок 3. – Прототип прибора для измерения внутриглазного давления

Был собран прототип устройства для измерения внутриглазного давления (см. рисунок 3). Прототип был откалиброван для измерения массы груза на поверхности датчика в мг. Сам тензодатчика крепится на поверхности глазного яблока с помощью повязки из бельевых резинок, благодаря чему повязка подходит для людей с разным размером головы.

Было проведено опытное измерение. На поверхность тензодатчика поместили груз массой 5,74 г. После чего были получены показания тензодатчика (см. рисунок 4). Видно, что показания находятся в пределах от 3500 до 3900 мг, что меньше массы груза, так как часть деформации, вызванной весом груза, компенсируется силой упругости глаза, которая зависит от внутриглазного давления. Из этого можно сделать вывод, что тензодатчик возможно применять с целью измерения внутриглазного давления.

```

Advanced Serial Port Terminal 6 - [COM18]
File Edit View Terminal Help
File Open Save All New Terminal Window Close Help
Baudrate 115200 Data bits 8 Parity None Stop bits 1 Flow control None
4 COM18
weight 136
weight 472
weight -288
Start calibrating (DONT MOVE LOADCELL. DONT PUT THE WEIGHT)
Calibrating finished
weight 136
weight 1413
weight 4512
weight 2063
weight 4631
weight 4321
weight 3624
weight 3584
weight 3676
weight 3736
weight 3857
weight 3848
weight 3905
weight 2903
weight 481
weight 719
weight 391
weight 646

```

Рисунок 4. – Результаты экспериментального измерения

Заключение. Проведенный анализ свойств тензорезисторов и методов измерения внутриглазного давления показал, что тензорезисторы соединенные в мост Уитсона теоретически могут применяться для измерения внутриглазного давления. Был собран прототип устройства для измерения внутриглазного давления. Результаты экспериментального измерения с помощью прототипа показали, что тензодатчик действительно может применяться для измерения внутриглазного давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия. Тензорезистор [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80>, свободный. – Дата доступа: 07.08.2025.
2. Японские Измерительные Технологии. Официальный дилер компании TML. Тензорезисторы общее описание и принципы работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.tmljp.ru/information/tenzorezistory_obschhee_opisanie/, свободный. – Дата доступа: 07.08.2025.
3. Vedantu. Why is Wheatstone's bridge more accurate? [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.vedantu.com/question-answer/wheatstones-bridge-more-accurate-class-12-physics-cbse-610cc848b6d618714e4f9264>, свободный. – Дата доступа: 07.08.2025.
4. National library of Medicine. How to Measure Intraocular Pressure: An Updated Review of Various Tonometers [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8456330/>, свободный. – Дата доступа: 07.08.2025.
5. Рожко, Ю.И. глазное давление: тонометрические и тонографические методы исследования/ Ю.И. Рожко. – Гомель: ГомГМУ, 2013. – 7 с.
6. LensGo. Роговица [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://lensgo.ru/blog/articles/rogovitsa>, свободный. – Дата доступа: 07.08.2025.

УДК 62-1/9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАНИЙ АЦП ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

С. В. ПЕТЮКЕВИЧ, Н. В. КАРЛА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В данной работе проведено исследование зависимости показаний АЦП от температуры корпуса микросхемы. Был собран макет для исследования. В результате экспериментальных измерений были простираены графики зависимости показаний АЦП от температуры. Приведены возможные пути решения проблемы зависимости показаний от температуры.

Введение. Актуальность рассматриваемых в настоящей работе задач заключается в необходимости анализа зависимости показаний АЦП от степени нагрева микросхемы, так как это может влиять на достоверность получаемых результатов. Например, данная проблема была замечена при разработке прототипа измерителя внутриглазного давления, где микросхема АЦП обрабатывает показания тензодатчика. Данную статью можно рассматривать как продолжение статьи «Применение тензорезисторов для измерения внутриглазного давления», ведь полученные результаты исследования будут учтены при дальнейшей разработке устройства.

Теоретический анализ. В данной работе проведено исследование зависимости показаний АЦП от температуры корпуса микросхемы. Приведены возможные пути решения проблемы зависимости показаний от температуры. АЦП — электронное устройство, преобразующее напряжение в двоичный цифровой код [1]. Основное назначение АЦП в системе сбора данных заключается в преобразовании подготовленных аналоговых сигналов в поток цифровых данных, обрабатываемых системой сбора данных для отображения, хранения и анализа. [2]. В прототипе устройства для измерения внутриглазного давления он преобразовывает аналоговый сигнал с тензодатчика и передает на микроконтроллер, который на основании показаний АЦП вычисляет внутриглазное давление. Основная проблема АЦП — зависимость показаний от температуры. Данное явление было замечено при испытаниях прототипа измерителя внутриглазного давления: при контакте с кожей АЦП начинал выдавать другие показания, так как температура поверхности кожи человека отличается от комнатной. С целью изучения данного явления на базе микросхемы HX711 были проведены исследования. Был собран макет для исследования (см. рисунок 1).

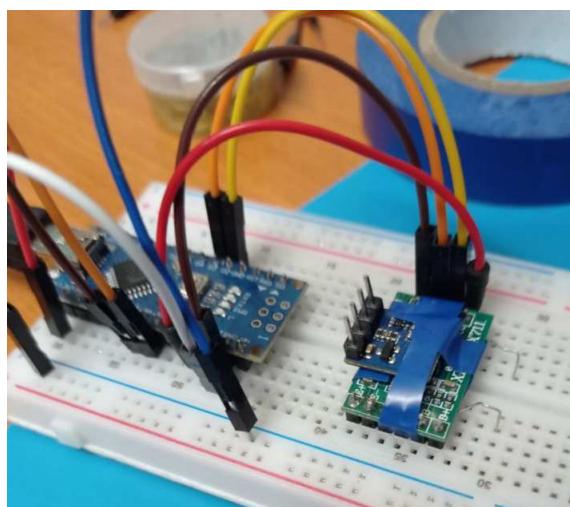


Рисунок 1. – Макет для исследования свойств АЦП

Данный макет прост: снизу к модулю HX711 прикреплены 4 резистора соединенных параллельно, общее сопротивление 55 Ом. При протекании тока напряжением 5 В в виде тепла выделяется мощность $P = U^2 / R = 0,45$ Вт. Температура корпуса микросхемы фиксируется с помощью датчика SHT21. Показания АЦП и датчика температуры поступают на Arduino nano и через СОМ-порт передаются на компьютер.

На основании полученных данных, в excel были простираены два графика зависимости показаний АЦП от температуры: при отсутствии нагрева (см. рисунок 2) и при нагреве (см. рисунок 3).

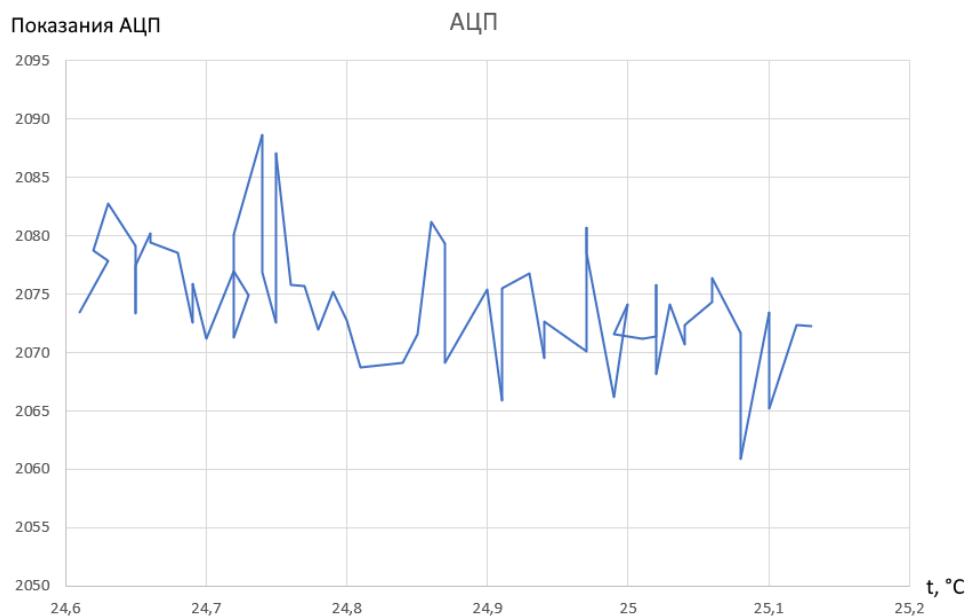


Рисунок 2. – График зависимости показаний АЦП от температуры корпуса микросхемы, при отсутствии нагрева

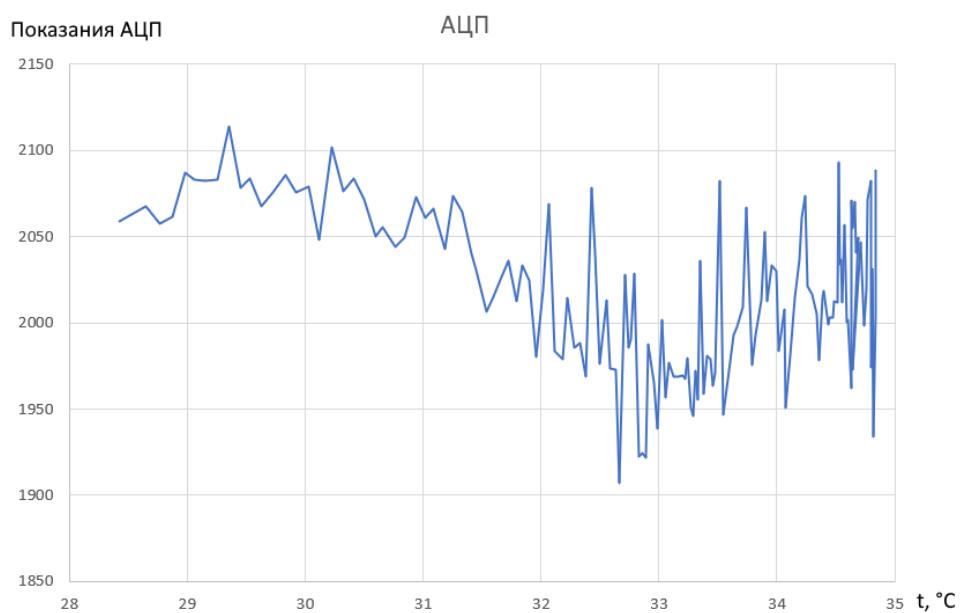


Рисунок 3. – График зависимости показаний АЦП от температуры корпуса микросхемы, при нагреве

Из графиков видно, что при отсутствии нагрева показания АЦП стабильны (колеблются от 2060 до 2090). При нагреве микросхемы ситуация меняется. Во-первых, на графике заметно, что с ростом температуры АЦП начинает занижать показания, из-за этого график начинает становиться ниже; во-вторых, происходят более заметные колебания значений (например, на участке 33-34 °C от 1950 до 2070). Но основная проблема всё-таки в занижении показаний. Из-за данного эффекта пациенту с высоким внутриглазным давлением может быть ошибочно поставлен диагноз «здорово». Одним из вариантов решения данной проблемы может быть прогрев микросхемы до некоторой фиксированной температуры (например, 36 °C), и контроль температуры с помощью датчика температуры. Минусом данного варианта является то, что прибору придется после включения осуществлять прогрев микросхемы АЦП и только после достижения необходимой температуры можно будет приступать к измерениям, что увеличит время не-

обходимое на прием пациента. Но без нагрева показания АЦП будут зависеть от температуры в помещении, где проводятся исследования и может возникнуть ситуация, когда в помещении с температурой 20 °C пациент будет признан здоровым, а в помещении с температурой 27 °C - будет поставлен ошибочный диагноз.

Заключение. Был собран макет для исследования свойств АЦП. Проведенное исследование зависимости показаний АЦП от температуры показало, что показания АЦП действительно зависят от температуры: с ростом температуры показания АЦП становятся меньше. Был приведен один из вариантов решения данной проблемы. Результаты исследования будут учтены при дальнейшем проектировании измерителя внутриглазного давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия. Аналого-цифровой преобразователь [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/?title=%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%99%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%90%D1%82%D0%95%D0%BB%D1%8C>, свободный. – Дата доступа: 11.10.2025.
2. Dewesoft. Что такое аналого-цифровой преобразователь (АЦП)? [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://dewesoft.com/ru/blog/what-is-adc-converter>, свободный. – Дата доступа: 11.10.2025.

УДК 004.04

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ УЧЕТА КУРАТОРСКОЙ ГРУППЫ

М. А. ПОСОХ, К. Ю. БУЛОХОВ
(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)

Исследование подтверждает актуальность разработки специализированной программы для учёта кураторской группы. Анализ показал отсутствие аналогичных решений на рынке. Выявлена ключевая проблема определения оптимального функционала приложения, требующая баланса между полнотой возможностей и удобством использования кураторами образовательных учреждений.

Ключевые слова: автоматизация, кураторская группа, специализированное программное обеспечение, учет студентов, функциональные возможности, безопасность данных, модульный подход, цифровизация, коммуникация, персональные данные.

Введение. В современных условиях цифровизации образовательного процесса особую актуальность приобретает вопрос автоматизации деятельности кураторов академических групп. Куратор выполняет множество функций: контролирует посещаемость студентов, отслеживает успеваемость, организует внеучебные мероприятия, ведёт коммуникацию с родителями и администрацией учебного заведения. Отсутствие единой системы для централизованного учёта всех этих направлений работы создаёт существенные сложности в организации кураторской деятельности.

Целью данного исследования является анализ актуальности разработки специализированного программного обеспечения для автоматизации работы кураторов и определение оптимального набора функциональных возможностей такого приложения.

Анализ существующих решений. Проведённый анализ рынка программных продуктов показал, что на данный момент отсутствуют специализированные решения, полностью ориентированные на потребности кураторов студенческих групп. Современные цифровые системы управления учебным процессом и электронного документооборота, включая такие решения, как «1С: Колледж» и «Электронный деканат», не обеспечивают необходимого функционала, полностью отвечающего уникальным задачам кураторов студенческих групп и не способны удовлетворить их специфические потребности.

Например, система «Электронный деканат» позволяет отслеживать успеваемость и посещаемость, но не включает инструменты для планирования кураторских часов, учёта участия студентов во внеучебных мероприятиях или ведения индивидуальной работы со студентами. Общепринятые мессенджеры и таблицы, такие как Google Sheets, часто применяемые кураторами для организации работы, не обеспечивают достаточной структурированности данных и не позволяют автоматизировать повторяющиеся задачи.

Таким образом, существует явный пробел на рынке программных решений: кураторам необходим инструмент, обладающий полнотой и разнообразием функций для решения всех ключевых задач, при этом остающийся простым и удобным в использовании и не требующим специальных технических знаний.

Этот пробел особенно проявляется в отсутствии автоматизированного учета справок и освобождений студентов, ведении и планировании кураторских часов, а также в фиксации участия студентов в различных мероприятиях и научной деятельности. Современные решения не обеспечивают удобной интеграции с университетскими каналами коммуникации, такими как Telegram, а также не поддерживают централизованное хранение документов и автоматизацию сбора данных по учебной группе.

Разработка специализированного программного продукта для учёта кураторской группы остаётся актуальной и востребованной задачей в образовательной среде как России, так и на международном уровне. Такая программа позволит повысить эффективность работы кураторов, улучшить качество учёта и анализа воспитательной и научной деятельности студентов, а также снизить административную нагрузку.

Такая программа, обладая ключевыми функциями и удобным интерфейсом, станет важным инструментом для кураторов, закрывая сегодня существующий функциональный пробел.

Методология исследования

Для определения актуальности разработки программы и выявления требований к её функционалу было проведено анкетирование кураторов факультета информационных технологий (ФИТ). В опросе приняли участие 8 действующих кураторов факультета, работающих с группами различных курсов обучения, а также 1 куратор среднего специального учебного заведения (СУЗа), пожелавший принять участие в исследовании. Таким образом, общая выборка составила 9 респондентов. Анкета включала следующие вопросы: статус куратора на текущий момент, оценка потребности в специализированном приложении, актуальность проблемы отсутствия единого инструмента, потенциальное влияние приложения на

облегчение работы, личная готовность к использованию такого приложения, а также открытый вопрос об общем отношении к идее создания приложения с просьбой указать преимущества и риски.

Результаты исследования. Результаты анкетирования показали высокую оценку актуальности проблемы. Все 9 респондентов являются действующими кураторами учебных групп. При оценке потребности в специализированном приложении 5 из 9 респондентов (55%) оценили её как высокую или очень высокую, что свидетельствует о реальном запросе на подобное решение со стороны целевой аудитории.

Актуальность проблемы отсутствия единого удобного инструмента также получила высокие оценки: 8 респондентов из 9 (89%) считают эту проблему актуальной или крайне актуальной.

На сколько актуальной вы считаете проблему отсутствия единого удобного инструмента для учёта кураторской группы?

9 ответов

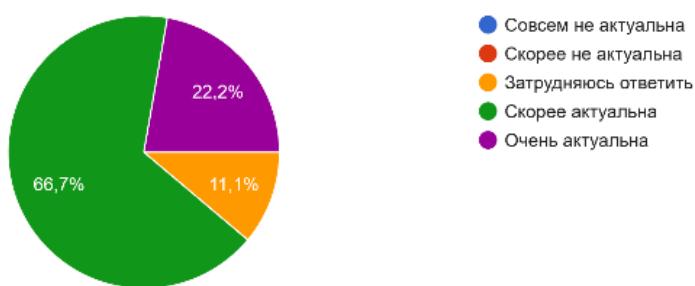


Рисунок 1. – Актуальность проблемы

Потенциальное влияние приложения на облегчение работы куратора оценивается весьма оптимистично – 8 респондентов (89%) уверены, что использование специализированного приложения значительно облегчило бы их работу. Готовность лично использовать такое приложение выразили 7 респондентов (78%), что указывает на очень высокую мотивацию к внедрению подобного решения.

Открытый вопрос анкеты позволил выявить детальное отношение кураторов к идеи создания специализированного приложения. В целом, отзывы были преимущественно положительными. Респонденты отмечали такие потенциальные преимущества, как экономия времени на рутинных операциях, централизация всей информации о группе в одном месте, возможность быстрого доступа к данным в любой момент, автоматизация отчётности и уменьшение вероятности потери важной информации.

Кураторы выразили обеспокоенность двумя ключевыми аспектами. Первая проблема — определение оптимального функционала приложения. Оно должно быть функциональным, но не перегруженным излишними возможностями, чтобы не усложнять использование. Респонденты опасаются, что разработчики могут создать либо слишком упрощённое, либо слишком громоздкое решение.

Вторая проблема связана с хранением и защитой персональных данных студентов. Кураторы работают с конфиденциальной информацией, такой как медицинские справки, документы и контактные данные родителей. Они обеспокоены вопросами безопасности данных, доступом к ним и соответствием законодательству о персональных данных.

Типичными комментариями респондентов были следующие высказывания: «Идея отличная, но важно продумать, какие именно функции действительно нужны, чтобы не получилась перегруженная программа», «Главное – безопасность данных студентов, без этого никакое приложение использовать нельзя», «Поддерживаю, если будет простым и понятным, а не как некоторые университетские системы», «Нужна гарантия, что персональные данные не попадут в чужие руки».

Функции коммуникации и автоматизации отчётности были признаны важными, но вторичными по сравнению с основными возможностями учёта и безопасности данных. Это указывает на готовность кураторов принять новое решение только при условии его надёжности, безопасности и удобства.

Исследование выявило две критические проблемы. Первая — определение границ функционала: кураторы нуждаются в комплексном решении, но избыточная функциональность может усложнить интерфейс и снизить удобство. Вторая проблема — безопасность персональных данных, так как кураторы работают с чувствительной информацией. Хранение таких данных требует строгого соблюдения законодательства о защите персональных данных. Без надёжной защиты кураторы не готовы использовать приложение, независимо от его функциональности.

Это противоречие подчеркивает необходимость тщательной проработки архитектуры приложения. Оптимальным решением будет модульный подход, где базовый функционал включает основные возможности, а дополнительные модули подключаются по желанию пользователя.

Практические рекомендации. На основании проведённого исследования можно сформулировать следующие рекомендации для разработки программы учёта кураторской группы. Во-первых, для решения проблемы оптимального функционала целесообразно применить модульный подход к архитектуре приложения. Базовая версия должна включать минимально необходимый набор функций: учёт посещаемости, базу данных студентов с контактной информацией, календарь кураторских мероприятий и простую систему уведомлений. Дополнительные модули, такие как интеграция с учебными системами, расширенная аналитика или системы коммуникации с родителями, должны подключаться опционально в зависимости от потребностей конкретного куратора.

Во-вторых, приложение должно обладать интуитивно понятным интерфейсом, не требующим длительного обучения. Опыт показывает, что кураторы готовы тратить на освоение новой программы не более одного-двух часов, после чего использование должно стать естественным и не вызывать затруднений. Важно избегать избыточного количества меню, подменю и настроек – каждая функция должна быть доступна максимум в два-три клика.

В-третьих, необходимо обеспечить максимальный уровень защиты персональных данных. Это включает следующие меры: использование современных алгоритмов шифрования данных как при хранении, так и при передаче; строгое разграничение прав доступа с возможностью просмотра информации только авторизованным пользователям; локальное хранение особо конфиденциальных документов (медицинских справок, копий документов) с их шифрованием на устройстве пользователя; ведение подробных логов доступа к персональным данным; возможность полного удаления информации о студенте по его требованию или при окончании обучения.

В-четвёртых, система должна предусматривать прозрачную политику обработки персональных данных. Кураторы и студенты должны иметь возможность ознакомиться с тем, какие данные хранятся, где они находятся, кто имеет к ним доступ и как долго они хранятся. Необходимо получение явного согласия студентов на обработку их персональных данных с возможностью отзыва этого согласия в любой момент.

В-пятых, важно обеспечить возможность работы как с компьютера, так и с мобильных устройств, но при этом учесть различия в функционале. Например, просмотр конфиденциальных документов может быть доступен только с авторизованного компьютера в образовательном учреждении, тогда как отметка посещаемости или просмотр расписания мероприятий могут осуществляться с мобильного устройства.

Заключение. Исследование подтверждает необходимость разработки программы для автоматизации работы кураторов студенческих групп. Отсутствие аналогичных решений на рынке создаёт возможности для нового продукта. Важной задачей является определение оптимального объёма функционала: программа должна быть мощной для решения задач куратора, но простой в использовании.

Опрос кураторов факультета информационных технологий помог определить приоритетные функции и предложить модульную архитектуру для решения проблемы избыточности. Это позволит создать инструмент, облегчающий работу кураторов и улучшая взаимодействие со студентами.

Дальнейшие исследования могут сосредоточиться на детализации технического задания, выборе технологий разработки и пилотном тестировании прототипа с участием реальных кураторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный деканат // Free Dean's Office [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.moodle.org/archive/ru/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%82> – Дата доступа: 06.09.2025
2. 1С: Колледж ПРОФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://solutions.1c.ru/catalog/college-prof> – Дата доступа: 07.09.2025

УДК 004.04

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ ДЛЯ УЧЁТА КУРАТОРСКОЙ ГРУППЫ

М. А. ПОСОХ, К. Ю. БУЛОХОВ
(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)

В статье рассматриваются функциональные требования к программному обеспечению для учёта кураторской группы. Анализируются ключевые компоненты системы, включая личные кабинеты студента и куратора, механизмы регистрации, редактирования профиля, ведения посещаемости, подачи справок и получения уведомлений. Особое внимание уделяется возможностям куратора по учёту воспитательных мероприятий, научной активности студентов и интеграции с медиаканалами.

Ключевые слова: учёт кураторской группы, личный кабинет куратора, учёт посещаемости, воспитательная деятельность, научная активность студентов, информационные уведомления, цифровая отчётность.

Введение. Автоматизация процессов учёта и взаимодействия между студентами и кураторами является актуальной задачей в сфере высшего образования. Традиционные методы ведения кураторской документации — бумажные журналы, разрозненные таблицы и ручная обработка справок — часто сталкиваются с трудностями из-за фрагментарности данных, отсутствия единой системы и высокой вероятности ошибок. Программные решения, ориентированные на цифровизацию кураторской деятельности, позволяют существенно повысить точность учёта, оперативность обработки информации и прозрачность взаимодействия между участниками образовательного процесса. Разработка функциональных требований к такой системе является ключевым этапом, обеспечивающим её соответствие реальным задачам учебных заведений и потребностям пользователей.

Основная часть

Эффективный учёт кураторской деятельности требует комплексного подхода к автоматизации процессов взаимодействия между студентами и кураторами. Проблема заключается в том, что традиционные методы — бумажные отчёты, устные уведомления и разрозненные таблицы — не обеспечивают достаточной прозрачности, оперативности и точности. Для решения этой задачи необходимо разработать программное обеспечение, учитывающее все аспекты кураторской работы.

Во-первых, личный кабинет студента представляет собой центральный элемент взаимодействия обучающегося с цифровой системой университета. При регистрации студент указывает персональные и социальные данные, включая фамилию, имя, отчество, контактную информацию, статус иногороднего, принадлежность к льготным категориям, а также факультет, курс и группу. Эти сведения формируют индивидуальный профиль, который может быть отредактирован при изменении обстоятельств, например при смене номера телефона или переходе на другой факультет.

После регистрации студент получает доступ к актуальной информации, связанной с учебным процессом и внеучебной деятельностью. В личном кабинете отображаются новости университета и факультета, а также объявления от куратора и преподавателей. Расписание занятий сопровождается пометками, отражающими переносы, отмены или изменения аудитории. Система фиксирует пропущенные занятия, а студент может отправить справку об отсутствии, указав причину и прикрепив подтверждающий документ.

Если студент выполняет роль старосты, его кабинет расширяется функцией ведения журнала посещаемости, позволяющей отмечать присутствие и отсутствие одногруппников, добавлять комментарии и формировать отчёты для куратора или деканата. Важной частью кабинета является система уведомлений, которая обеспечивает своевременное информирование о событиях, изменениях в расписании, новых сообщениях от преподавателей и куратора, а также напоминания о предстоящих мероприятиях и сроках подачи документов. Уведомления могут отображаться внутри кабинета или приходить по электронной почте.

Во-вторых, личный кабинет куратора представляет собой специализированный интерфейс, предназначенный для управления академической группой и взаимодействия со студентами в рамках воспитательной и организационной работы. После регистрации в системе куратор получает доступ к инструментам, позволяющим формировать и редактировать состав своей группы. Он может добавлять новых студентов, изменять их статус, отслеживать актуальность контактной информации и при необходимости корректировать данные, связанные с учебной или социальной активностью.

Одной из ключевых функций кабинета является работа со справками об отсутствии. Куратор может просматривать все поданные студентами справки, используя фильтрацию по дате, причине отсут-

ствия и фамилии. Это позволяет быстро находить нужные документы, отслеживать динамику пропусков и выявлять систематические нарушения. При необходимости куратор может оставить комментарий к справке, запросить дополнительную информацию или отклонить документ, если он не соответствует требованиям.

Особое внимание в системе уделяется учёту кураторских часов и проведению единых дней информирования. Куратор фиксирует каждое проведённое мероприятие, указывая его дату, тему, тип (например, собрание, лекция, дискуссия) и категорию воспитательной деятельности, к которой оно относится. Это может быть патриотическое воспитание, профилактика правонарушений, профориентация, культурно-досуговая активность и другие направления. Такая фиксация позволяет вести статистику, формировать отчёты и демонстрировать активность куратора в рамках воспитательной работы.

Для документирования мероприятий и взаимодействия со студентами система должна поддерживать прикрепление файлов и ссылок. Куратор должен иметь возможность загружать отчёты, презентации, фотографии, методические материалы и другие документы, связанные с проведёнными встречами или инициативами. Это обеспечивает прозрачность работы, облегчает подготовку отчётности и позволяет студентам получать доступ к важной информации в удобной форме.

Таким образом, программное обеспечение должно позволять кураторам учитывать воспитательные мероприятия университета, факультета и внешние события. Данные можно импортировать из официальных медиаканалов (например, Telegram-каналов) или вводить вручную.

При добавлении мероприятия указывается его уровень (университетский, факультетский, внешний), место проведения (включая онлайн-формат), категория воспитательной деятельности (например, патриотика, спорт, волонтёрство) и роли студентов: участник, организатор, волонтёр, выступающий.

Куратор может прикрепить фотоотчёты и составить итоговый отчёт, включающий описание, список участников, их роли и оценку воспитательного эффекта. Отчёты доступны кураторам, деканам и методистам, а студенты могут просматривать мероприятия, в которых участвовали.

Система поддерживает фильтрацию по дате, категории, уровню и участникам. Медиафайлы проверяются на формат и размер, доступ регулируется по ролям.

Куратор может назначить одного из студентов группы старостой, предоставив ему расширенные права: ведение журнала посещаемости, просмотр справок, получение административных уведомлений. Назначение и отзыв прав осуществляется через интерфейс личного кабинета куратора, с фиксацией изменений для прозрачности.

Наконец, учёт научной активности студентов представляет собой важный компонент системы, направленный на поддержку и развитие исследовательской и творческой инициативы обучающихся. Для каждого студента формируется индивидуальная карточка научной активности, которая служит цифровым портфолио достижений в области науки, образования и интеллектуального развития.

Карточка включает сведения о конкретных видах научной деятельности, в которых принимал участие студент. Это может быть написание научной статьи, участие в конференции, семинаре или круглом столе, победа в научном конкурсе, олимпиаде, грантовом проекте, а также выступление с докладом или публикация в сборнике. Каждое событие сопровождается указанием его уровня — локального (внутри университета или факультета), республиканского (на уровне страны) или международного (участие в зарубежных мероприятиях, публикации в международных журналах и т.д.).

Для подтверждения участия и достижения студент может прикрепить соответствующие материалы: сертификаты, дипломы, сканы публикаций, ссылки на онлайн-источники, программы мероприятий, фотографии с места проведения. Эти материалы хранятся в системе и связаны с конкретной записью в карточке, обеспечивая прозрачность и достоверность учёта.

Карточка научной активности может редактироваться куратором или самим студентом (в зависимости от настроек доступа), а также использоваться при формировании портфолио, подготовке к аттестации, участии в конкурсах, подаче заявок на стипендии и гранты. Система позволяет сортировать и фильтровать записи по дате, типу мероприятия, уровню и тематике, а также формировать сводные отчёты по группе, факультету или всему университету.

При проектировании системы особое внимание должно быть уделено безопасности персональных данных, поскольку приложение будет обрабатывать чувствительную информацию, включая фамилии, имена, контактные данные, адреса проживания, социальный статус студентов, сведения об их участии в мероприятиях и научной деятельности. Для защиты этих данных необходимо реализовать надёжные механизмы аутентификации и авторизации, обеспечить шифрование как при хранении, так и при передаче информации, а также вести журнал всех действий пользователей, связанных с доступом и изменением данных. Важным аспектом является соблюдение нормативных требований по защите персональной информации. Помимо безопасности, система должна быть удобной в использовании, обладать масштабируемой архитектурой, поддерживать интеграцию с внешними источниками и обеспечивать простоту сопровождения и расширения функциональности в будущем.

Заключение. Разработка программного обеспечения для учёта кураторской группы представляет собой важный шаг в направлении цифровизации образовательной среды. Сформулированные функциональные требования охватывают ключевые аспекты взаимодействия между студентами и кураторами, включая регистрацию, управление группой, учёт посещаемости, воспитательной и научной активности, а также обмен информацией через уведомления. Особое внимание уделено вопросам безопасности, поскольку система будет обрабатывать значительный объём персональных данных. Реализация надёжных механизмов защиты, удобного интерфейса и гибкой архитектуры позволит создать эффективный инструмент, способный повысить прозрачность, оперативность и качество кураторской работы в современных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный деканат // Free Dean's Office [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.moodle.org/archive/ru/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%82> – Дата доступа: 06.09.2025
2. 1С: Колледж ПРОФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://solutions.1c.ru/catalog/college-prof> – Дата доступа: 07.09.2025
3. Чугунова, О. А. Воспитательная деятельность куратора в современном вузе : проблемы и пути решения [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://herzenpsyconf.ru/wp-content/uploads/2021/12/13-2021.-Chuvgunova.pdf] – Дата доступа: [11.10.2025].

УДК 628.977

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТИПА И ЧИСЛА СВЕТИЛЬНИКОВ
С УЧЁТОМ РАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИЛОЖЕНИЯ DIALUX EVO**

B. B. ПРОЗОРОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. Л. АДАМОВИЧ)

Основным содержанием проведенного исследования является разработка и использование методики оптимизации выбора типа и количества светильников для системы освещения промышленного цеха. Критериями оптимизации выступили обеспечение нормированной равномерности освещения (300лк, согласно СП 52.13330.2011) и минимизация совокупных экономических затрат.

Исследование базировалось на применении светотехнического проектирования в программном комплексе DIALux Evo. В рамках метода был создана точная трехмерная модель объекта, учитывающая его геометрические параметры и отражающие свойства поверхностей.

Основы и возможности программного обеспечения DIALux Evo. Приложение DIALux предназначено для светотехнического расчета, разработано Немецким институтом прикладной светотехники (Deutsche Institut fur Angewandte Lichttechnik) и распространяется бесплатно. Приложение учитывает современные требования к дизайну и расчету освещения и поддерживает международные и национальные стандарты европейских стран.

DIALux позволяет рассчитать внутренне и наружное освещение и получать фотореалистичную визуализацию сцены освещения. Результатом расчета является распределение освещенности на расчетных поверхностях, значения минимально, максимальной и средней освещенности, энергопотребления и многое другое. Кроме этого, программа способна формировать подробные отчеты; проверять соответствия расчетных параметров действующим нормативным требованиям, регламентируемым СНиП, ГОСТ.

Светотехнические данные светильников могут быть загружены в приложение в виде файлов с расширением «.ies» или «.ldt» [1].

Расчет освещенности цеха. Методика исследования подразумевала формирование базовой модели т.е. создание 3D- модели цеха (типа заготовительные цехи и пекарни) с фиксированными параметрами, установка нормируемого значения освещенности для данного цеха согласно нормам – 300лк, выбор базового типа светильников – ДПП-73 «INDUSTRY-C», последующая оптимизация светильников по мощности и КСС (кривой силы света), т.е. для одного типа светильников по мощности производился перебор светильников с разным типом КСС (К – концентрированная, угол раскрытия светового потока составляет 30°, т. е. формируется узкий конус.; Г – глубокая, угол распространения излучения равен 60; Д – косинусная, излучение распространяется на 120°), причём с корректировкой их количества для выполнения нормативного значения освещенности.

Начало расчёта осуществляется путём создания в программе цеха со всеми характеристиками, необходимыми для светотехнического расчёта.

1. Запуск DIALux Evo производится из меню «Пуск Программы».

2. Создание помещения. Выбрано «Пустое прямоугольное помещение», указана длина 24,5м, ширина 61 м и высота помещения 5м, вид зоны применение помещения и нажатие «OK».

3. Установка коэффициентов отражения поверхностей. Переход на вкладку «Конструкция» → «Материалы» → «Изменить коэффициенты отражения поверхностей» → «Перекрытия, стены, полы». Данные проектируемого цеха в % соответственно 50/50/30.

4. Задание расчётной поверхности. Вкладка «Расчётные объекты» → «Уровни пользования» → «Создать уровень пользования для зоны» → «Свойства» → «Высота» – 0,8м, также устанавливается «Краевая зона» – 1,5м. Значение краевой было целесообразно установить возле стен, где отсутствуют рабочие места и где уровень освещенности менее важен.

После того, как было создано помещение для расчёта произошло добавление светильников.

5. Добавление светильников. Вкладка «Свет» – «Активный светильник». Нажата «Выбрать» – «Папка» – «Добавить папку» выбрана папка со светильниками нужной серии. Актуальная база была найдена на официальном сайте ЗАО «БЕЛИНТЕГРА» [2].

6. Размещение светильников. Меню «Действия» – «Автоматическое распределение для зон». Произошло автоматическое размещение светильников на плане.

7. Установка свеса светильников. Выделены все светильники левой кнопкой мыши. Произошёл переход в меню «Вид монтажа». Свес светильника задается через монтажную высоту – разность между высотой помещения и свесом светильников. В данном примере: высота световых точек – 4,12м, монтажная высота – 5м.

8. Установка коэффициент запаса. Коэффициент запаса K_3 задавалась в показателе техсодержания как $1/K_3$. Вкладка «Свет» → «Показатели техсодержания» → Выделены все светильники → Неизменный показатель техсодержания. для всего исследования было указано значение 0,63.

9. Расчет распределения освещенности. Произошло нажатие «Запустить расчет». А также визуальная оценка распределения освещенности по расчетной поверхности в виде изолиний одного уровня, а также в окне «Результаты».

Данные расчёты проводились для светильников ДПП 73–23–213.1, ДПП 73–39–213.1, ДПП 73–47–213.1, ДПП 73–70–213.1, ДПП 73–93–213.1.

После выполнения автоматического распределения светильников и получения итоговых результатов в некоторых случаях возникла потребность корректировки расположения светильников и связана она была с тем, что в этих случаях было зафиксировано то ли слишком большое превышение значения нормы освещенности, либо же наоборот, нормы освещенности не соблюдались.

Корректировка расположения светильников. Вкладка «Свет» – «Светильники» – Выделить светильники – «Расположение растров». Здесь X и Y – количество светильников вдоль осей.

В случае превышения норм освещенности – происходило уменьшение светильников, в случае недостаточной освещенности – увеличение.

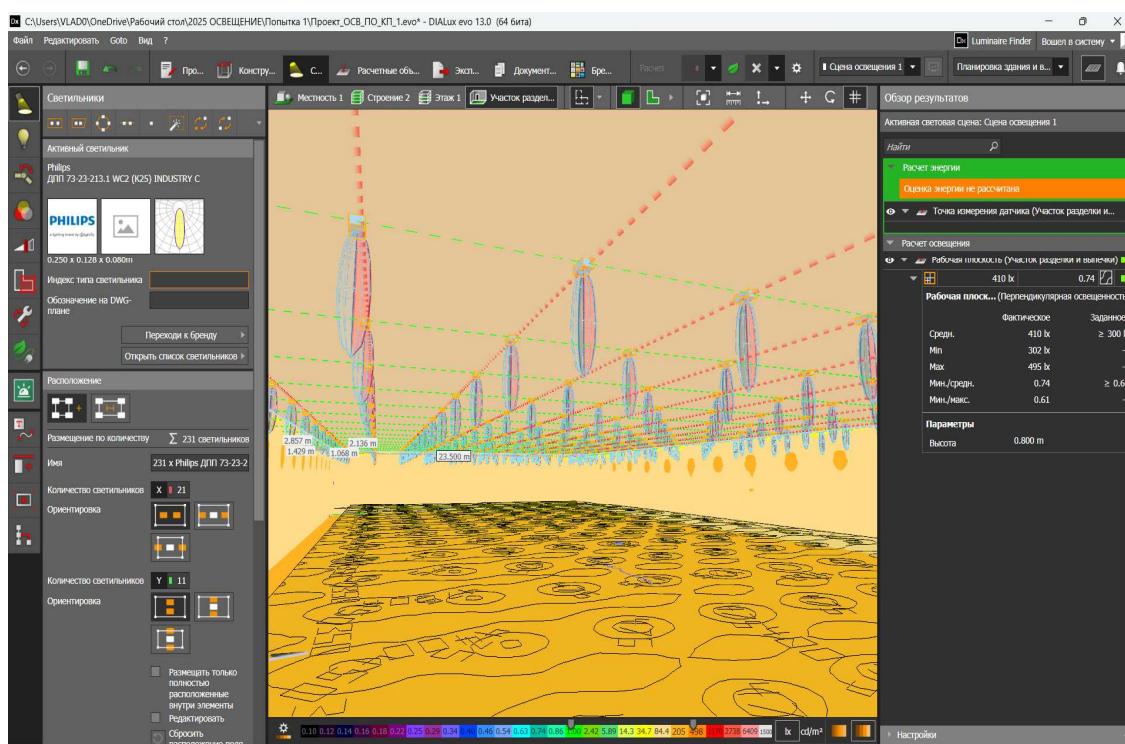


Рисунок 1. – Расчёт для светильника ДПП 73–23–213.1 (К25)

Анализ полученных данных. Результаты расчёта для различных типов светильников представлены в таблице 1. Данные, которые выделены жирным шрифтом считаются наиболее выгодными для использования для данного типа светильников, т.к. для них характерно минимальное число светильников и наибольшая равномерность распределения светового потока.

На основе приведенных данных, а также на основе постановления Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 Гигиенический норматив «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий», а также норм СН 2.04.03–2020, был определен разряд зрительной работы для данного цеха – IV, а также нормируемая величина – значение отношения максимальной освещенности к минимальной – не более 2, был построен график (рисунок 1).

Таблица 1. – Результаты расчёта в среде DIALux Evo

Тип КСС	Ф, лм / Р, Вт	X×Y, N, количество светильников	E _{MIN} /E _{MAX} , лк/лк	E _{MIN} /E _{MAX} , о.е.	E _{MAX} /E _{MIN} , о.е.
ДПП 73-23-213.1					
К	3650/28	21x11, 231св.	302/495	0,61	1,64
Г	3800/28	22x10, 220св.	304/447	0,68	1,47
Д	3980/28	15x15, 225св.	306/468	0,65	1,53
ДПП 73-39-213.1					
К	6000/45	18x8, 144св.	309/580	0,53	1,88
Г	6250/45	16x8, 128св.	307/452	0,68	1,47
Д	6450/45	16x9, 144св.	302/483	0,63	1,60
ДПП 73-47-213.1					
К	7150/52	17x7, 119св.	304/616	0,49	2,03
Г	7350/52	14x8, 112св.	307/484	0,63	1,58
Д	7700/52	15x8, 120св.	304/481	0,63	1,58
ДПП 73-70-213.1					
К	10750/78	14x6, 84св.	308/787	0,39	2,55
Г	11250/78	11x7, 77св.	300/569	0,53	1,90
Д	11450/78	13x6, 78св.	303/476	0,64	1,57
ДПП 73-93-213.1					
К	14450/101	13x5, 75св.	307/953	0,32	3,10
Г	14650/101	16x4, 64св.	314/659	0,48	2,10
Д	15500/101	14x4, 56св.	300/484	0,62	1,61

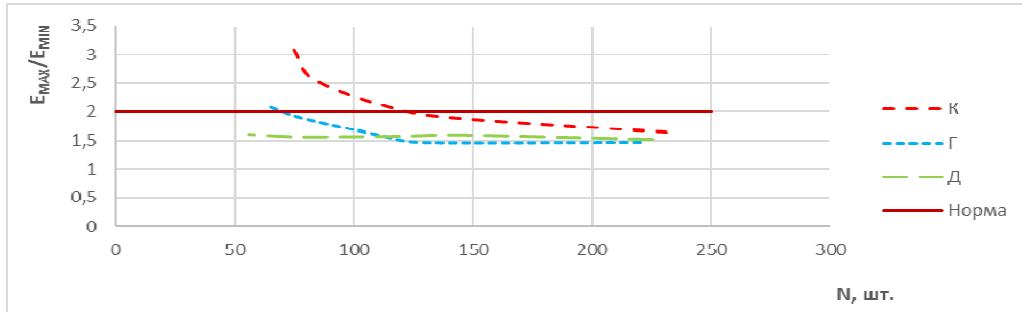


Рисунок 2. – Равномерность освещенности светильников разных типов КСС при уменьшении мощности светильников

Таким образом, наилучшая равномерность освещения при мощности светильников 28–52 Вт достигается при использовании светильников с кривыми силами света типа Г, а при мощности от 77 до 101 Вт – КСС Д. В общем случае с уменьшением мощности количество необходимых светильников растёт, а равномерность освещения снижается; светильники с КСС К показывают наименьшую равномерность (0,32–0,61), особенно при увеличении мощности, что приводит к значительному перепаду освещенности. Наименьшее количество светильников при сохранении нормируемой освещенности достигается у моделей с повышенной светоотдачей, таких как ДПП 73-93-213.1 (тип Д), где для освещения цеха требуется всего 56 светильников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Часто задаваемые вопросы про DIALux [Электронный ресурс]//DIAL GmbH – Режим доступа: <https://www.dialux.com/en-GB/frequently-asked-questions> – Дата доступа: 05.10.2025
2. Скачать каталоги светильников [Электронный ресурс] //Официальный сайт ЗАО «БЕЛИНТЕГРА» – Режим доступа: <https://www.belintegra.by/skachat/> – Дата доступа: 07.10.2025

УДК 004.8

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ: ПРОВЕРКА ДИПЛОМОВ И СЕРТИФИКАТОВ

Г. С. ПЫЛЬЧЕНКО
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В статье рассматривается проблема фальсификации дипломов и сертификатов в условиях цифровизации, а также предложены инновационные методы защиты, такие как блокчейн-технология. Распределённые реестры позволяют обеспечить прозрачность, неизменность и надёжность образовательных документов, тем самым укрепляя доверие к образовательным учреждениям и работодателям. Анализируются преимущества блокчейна, его принципы работы и перспективы внедрения в систему верификации академических достижений.

Ключевые слова: блокчейн, образование, верификация, дипломы, сертификаты.

С развитием цифровых технологий традиционные бумажные документы уступают место электронным аналогам, однако проблема их подлинности остаётся актуальной. На начало 2025 году в Беларуси были выявлены многочисленные случаи подделки дипломов и сертификатов, что подрывает доверие к образовательным учреждениям и работодателям.

Однако, в ответ на эти вызовы появляются и инновационные решения. Современные методы защиты, такие как блокчейн-технологии, биометрическая верификация и водные знаки, помогают бороться с подделками, укрепляя доверие к документам и обеспечивая их надёжность.

В данной статье будет рассмотрен принципиально новый подход к хранению и верификации документов, обеспечивая их неизменность и прозрачность, а именно блокчейн-технология. Внедрение распределённых реестров в образовательную сферу поможет решить проблему фальсификации, упростить процесс проверки квалификации и повысить доверие к цифровым сертификатам.

Блокчейн – это распределенная и децентрализованная технология цифрового реестра, которая записывает транзакции и данные на нескольких компьютерах или узлах. Он также работает на основе концепции консенсуса, согласно которой все пользователи сети соглашаются, что каждая транзакция является подлинной, обеспечивая прозрачность, безопасность и неизменность.

Блокчейн состоит из серии взаимосвязанных блоков, каждый из которых содержит набор транзакций или другой информации. Каждый блок связан с криптографическими хэшами, образующими непрерывную цепочку. Благодаря такой структуре никто не может изменять, подделывать или иным образом вмешиваться в данные, содержащиеся в блокчейне.

Ключевыми особенностями блокчейна являются его:

- **Децентрализация:** исключает принадлежность базы данных какому-то одному управляющему органу.
- **Неизменность:** как только что-то записывается в блокчейн, оно никак не может быть изменено или удалено бесследно.
- **Безопасность:** использование криптографии и алгоритмов консенсуса гарантирует защиту данных от несанкционированного доступа.

Блокчейны способны генерировать уникальные цифровые активы, которые подтверждают подлинность академических дипломов и сертификатов. Принцип работы технологии блокчейн в сфере образования, может быть представлен следующим образом:

1. **Регистрация данных.** Учебное заведение вносит сведения о выпускнике в блокчейн-систему. После успешной загрузки формируется уникальный идентификатор, который привязывается к данным студента, исключая возможность несанкционированного изменения информации.
2. **Создание цифрового сертификата.** На основе внесенных данных формируется цифровой сертификат, содержащий уникальный хеш-код, который служит криптографической защитой от подделок. Этот сертификат становится неотъемлемой частью распределенного реестра.
3. **Доступ студента.** Выпускник получает цифровой документ через защищенный электронный кошелек, что позволяет ему самостоятельно управлять своими образовательными данными и предоставлять их по запросу работодателей или других заинтересованных сторон.
4. **Проверка подлинности.** При необходимости подтверждения квалификации работодатель или другое учреждение может выполнить мгновенную проверку, сканируя QR-код или вводя уникальный идентификатор документа в систему блокчейна.

5. **Подтверждение верификации.** В считанные секунды система сверяет данные с блокчейн-реестром, удостоверяясь, что диплом является подлинным и не подвергался изменениям. Благодаря децентрализованному характеру технологии проверка осуществляется без посредников, исключая возможность фальсификации.

Внедрение блокчейн-технологий в сфере образования открывает новые горизонты для защиты и управления академическими достижениями. Автоматизация процессов верификации дипломов не только снижает административные издержки, но и создаёт глобальную систему доверия между учебными заведениями, студентами и работодателями.

С развитием международных стандартов и технологической инфраструктуры блокчейн может стать неотъемлемой частью образовательной экосистемы, обеспечивая простоту, надежность и прозрачность управления академическими данными.

Таким образом, блокчейн-верификация дипломов представляет собой не просто инновацию, а фундаментальное изменение в системе подтверждения квалификаций, направленное на повышение доверия и устранение рисков фальсификации в современном цифровом мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология блокчейн в образовании [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://medium.com/qitchain-network/blockchain-technology-in-education-c4f5c546f412>. Дата обращения: 30.05.2025 – 01.06.2025.
2. Что такое блокчейн? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.okx.com/rueu/learn/what-is-blockchain-and-how-does-it-work>. Дата обращения: 31.06.2025.
3. Роль технологии блокчейн в образовании в 2025 году [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/role-of-blockchain-technology-in-education/#role-of-blockchain-in-education-in-2025>. Дата обращения: 30.05.2025 – 01.06.2025.
4. Блокчейн в образовании: прозрачность, доступность и децентрализация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/education/510876-blokcejn-v-obrazovanii-prozracnost-dostupnost-i-decentralizacia>. Дата обращения: 01.06.2025.
5. Псевдодипломы о высшем образовании продавали в интернете [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://belta.by/society/view/psevdodiplomy-o-vysshem-obrazovanii-prodavali-v-internete-dostup-k-internet-resursam-ogranichen-692905-2025/>. Дата обращения: 01.06.2025.

УДК 004.8

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ: ПРОВЕРКА ДИПЛОМОВ И СЕРТИФИКАТОВ

*A. B. ПУТРО
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)*

В современном мире проблема фальсификации дипломов и сертификатов становится все более актуальной. Традиционные методы проверки документов часто оказываются неэффективными из-за отсутствия единых баз данных, человеческого фактора и технических ограничений. В данной статье рассматривается потенциал технологии блокчейн для решения этих проблем. Блокчейн обеспечивает прозрачность, безопасность и неизменность данных, что делает его идеальным инструментом для проверки подлинности образовательных документов. В статье также обсуждаются ключевые принципы технологии, примеры её применения в других сферах, а также технические и организационные аспекты внедрения блокчейна в образовательную систему.

Введение. Проблема подделки дипломов и сертификатов является одной из наиболее острых в сфере образования. Работодатели и учебные заведения сталкиваются с трудностями при проверке подлинности документов из-за отсутствия централизованных систем, устаревших технологий и человеческого фактора. В результате, мошенничество с образовательными документами наносит ущерб репутации учебных заведений и затрудняет процесс трудоустройства для честных выпускников.

Технология блокчейн, благодаря своим уникальным свойствам — децентрализации, прозрачности и неизменности данных — предлагает инновационное решение этих проблем. Внедрение блокчейна в образовательную систему может значительно упростить процесс проверки дипломов и сертификатов, снизить административную нагрузку и повысить доверие к образовательным учреждениям.

Основная часть.

1. Текущие проблемы в проверке дипломов и сертификатов

Современная система проверки образовательных документов сталкивается с рядом вызовов:

- Фальсификация документов: Поддельные дипломы и сертификаты становятся все более распространенными, что затрудняет их идентификацию.
- Отсутствие единой базы данных**: Многие страны и учебные заведения не имеют централизованных систем для проверки подлинности документов.
- Технические ограничения: Использование устаревших технологий замедляет процесс проверки и делает его менее надежным.
- Человеческий фактор: Ошибки или халатность при проверке могут привести к принятию поддельных документов.

2. Потенциал блокчейна в решении проблем

Блокчейн предлагает следующие преимущества для сферы образования:

- Прозрачность и безопасность: Данные о дипломах хранятся в децентрализованной сети, защищенной криптографией, что исключает возможность подделки.
- Упрощение проверки: Работодатели и учебные заведения могут мгновенно проверить подлинность документа, обратившись к записи в блокчейне.
- Доступность для студентов: Выпускники могут хранить свои достижения в цифровых кошельках и легко предоставлять их при необходимости.
- Снижение административной нагрузки: Автоматизация процессов проверки уменьшает объем ручной работы и вероятность ошибок.

3. Ключевые принципы технологии

Блокчейн основан на следующих принципах:

- Децентрализация: данные распределены между всеми участниками сети, что исключает необходимость централизованного управления.
- Прозрачность и доверие: Все участники сети видят изменения, что снижает риск мошенничества.
- Неизменность данных: после добавления информации в блокчейн её невозможно изменить или удалить.
- Безопасность: Криптографические методы защищают данные от несанкционированного доступа.

4. Примеры применения блокчейна в других сферах

Технология уже успешно применяется в:

- Медицине: для хранения и защиты медицинских записей.
- Логистике: Компании IBM и Maersk используют блокчейн для отслеживания товаров.
- Электронном голосовании: обеспечивает прозрачность и безопасность выборов.
- Авторском праве: помогает фиксировать права на контент.

5. Технические и организационные аспекты внедрения

Для успешного внедрения блокчейна в образование необходимо:

- Модернизировать цифровую инфраструктуру учебных заведений.
- Обучить персонал работе с новой технологией.
- Учесть юридические аспекты хранения и обработки данных.
- Обеспечить принятие технологии студентами и работодателями.

6. Перспективы и будущее блокчейна в образовании

В будущем блокчейн может стать основой для:

- Цифровой идентификации студентов: Уникальные ID будут включать все достижения и сертификаты.
- Децентрализованных образовательных ресурсов: Платформы для обмена учебными материалами.
- Повышения доверия: Неизменность данных усилит репутацию учебных заведений.

Заключение. Технология блокчейн обладает значительным потенциалом для трансформации сферы образования, особенно в области проверки дипломов и сертификатов. Её внедрение позволит устранить текущие проблемы, связанные с фальсификацией документов, отсутствием единых баз данных и человеческим фактором. Однако для успешной реализации необходимы инвестиции в инфраструктуру, обучение персонала и адаптацию пользователей. Будущее блокчейна в образовании выглядит promising, открывая новые горизонты для прозрачности, безопасности и инноваций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология блокчейн в образовании [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://medium.com/qitchain-network/blockchain-technology-in-education-c4f5c546f412>. Дата обращения: 30.05.2025 – 01.06.2025.
2. Что такое блокчейн? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.okx.com/ru-eu/learn/what-is-blockchain-and-how-does-it-work>. Дата обращения: 31.06.2025.
3. Роль технологии блокчейн в образовании в 2025 году [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/role-of-blockchain-technology-in-education/#role-of-blockchain-in-education-in-2025>. Дата обращения: 30.05.2025 – 01.06.2025.
4. Блокчейн в образовании: прозрачность, доступность и децентрализация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/education/510876-blokcejn-v-obrazovanii-prozracnost-dostupnost-i-decentralizacia>. Дата обращения: 01.06.2025.

УДК 004.664

МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ ТРАФИКА ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

С. Г. САЕВИЧ

(Представлено: канд. пед. наук, доц. П. П. МАТЕЛЕНОК)

Статья посвящена проблемам построения контроля, анализа и управления трафиком локальной сети. Представлена смоделированная экспериментальная сетевая среда. Которая представляет собой типичный сегмент локальной вычислительной сети и включает все необходимые компоненты для демонстрации процесса обнаружения аномальной активности с использованием протокола SNMP.

Обеспечение непрерывной работоспособности сетевой локальной инфраструктуры предполагает систематический контроль за ее операционной деятельностью. Применение специализированных систем мониторинга и анализа предоставляет администратору возможность идентифицировать и ликвидировать любые факторы, представляющие угрозу для штатного функционирования сети. Процесс контроля работы сети делится на два этапа – мониторинг и анализ.

На этапе мониторинга выполняется более простая процедура – процедура сбора первичных данных о работе сети: статистики по циркулирующим в сети пакетам различных протоколов, состояниях портов коммуникационных устройств и т.п. Благодаря ему можно провести анализ трафика локальных сетей для выявления проблем с безопасностью, оптимизации производительности и отладки сети.

В предлагаемой к рассмотрению статье, мы поговорим об одной из ключевых проблем современной ИТ-инфраструктуры – обеспечении безопасности и стабильности локальных сетей. Сложная структура корпоративных сетей создает значительные трудности в их управлении и защите от постоянно растущего числа киберугроз.

Центральной задачей становится оперативное обнаружение аномальной сетевой активности, которая может привести к сбоям в работе, утечке или потере данных. Традиционные средства защиты, такие как антивирусы и межсетевые экраны, имеют свои ограничения: они потребляют много ресурсов и зачастую неспособны выявлять новые или модифицированные типы атак.

В нашем докладе мы рассмотрим эффективный метод выявления аномалий в сетевом трафике с помощью протокола SNMP (Simple Network Management Protocol). Мы покажем, как этот, на первый взгляд, простой инструмент мониторинга позволяет не только отслеживать состояние сетевых устройств, но и своевременно обнаруживать подозрительную активность.

SNMP предоставляет ценные данные для анализа, помогая выявлять отклонения от нормального поведения сети, которые могут указывать на технические сбои или целенаправленные атаки. Важно понимать, что SNMP сам по себе не является средством борьбы с угрозами, но он служит ключевым инструментом для их обнаружения и сбора информации, необходимой для принятия оперативных мер.

Цель работы – продемонстрировать, как с помощью SNMP можно построить эффективную систему мониторинга для раннего выявления аномального трафика и повышения общего уровня защищенности локальной сети."

Для проведения исследования была смоделирована экспериментальная сетевая среда. Эта среда представляет собой типичный сегмент локальной вычислительной сети и включает все необходимые компоненты для демонстрации процесса обнаружения аномальной активности с использованием протокола SNMP.

Ключевые элементы стенда:

1. **Сервер мониторинга (IP: 192.168.6.164):** Центральным элементом является сервер, функционирующий под управлением ОС Kali Linux. На нем развернута система сетевого мониторинга Observium. Данная система сконфигурирована для автоматического обнаружения сетевых устройств в заданном сегменте, периодического сбора метрик их производительности и состояния по протоколу SNMP, а также для визуализации полученных данных в виде графиков в реальном времени.

2. **Сетевые маршрутизаторы (R1 и R2):** В качестве объектов мониторинга выступают два маршрутизатора: R1 (IP: 192.168.6.175) и R2 (IP: 192.168.6.172). На обоих устройствах была выполнена базовая конфигурация и активированы SNMP-агенты. Это позволяет системе Observium осуществлять их опрос для сбора ключевых параметров, таких как загрузка и ошибки на интерфейсах, использование ресурсов процессора и памяти, а также состояние таблиц маршрутизации.

3. **Компьютер атакующего (IP: 192.168.6.174):** Для имитации несанкционированного воздействия и генерации аномального трафика используется отдельная рабочая станция под управлением ОС Kali Linux. Данный узел предназначен для проведения контролируемого тестирования безопасности, в рамках которого будет осуществлена атака типа UDP Flood.

Цель и начальные условия эксперимента. Целью эксперимента является демонстрация фиксации аномального роста трафика на интерфейсе fa0/0 маршрутизатора R2 (192.168.6.172) средствами системы Observium в момент проведения атаки.

Зафиксировано исходное состояние сети до начала атаки, которое можно охарактеризовать как "мирное время". Система мониторинга успешно подключилась к устройствам и начала сбор данных. Мы наблюдаем незначительную фоновую сетевую активность на целевом интерфейсе, соответствующую нормальному обмену служебным трафиком (например, ARP-запросы, протоколы маршрутизации). Эти данные служат эталонным показателем, с которым будут сравниваться метрики во время атаки."

На данном этапе нашего исследования мы переходим к практической реализации атаки с целью демонстрации возможностей системы мониторинга.

Инициация атаки: С рабочей станции атакующего (IP: 192.168.6.174) была инициирована атака типа **UDP Flood**, направленная на интерфейс FastEthernet0/0 маршрутизатора R2 (IP: 192.168.6.172). Для этого была использована специализированная утилита hping3 с командой, представленной на экране:

```
sudo hping3 --flood --rand-source -p 80 --udp 192.168.6.172
```

Механизм атаки: Суть данного воздействия заключается в генерации непрерывного потока UDP-пакетов на целевое устройство с максимально возможной скоростью (--flood). Поскольку протокол UDP является транспортным протоколом без установления соединения, он не требует подтверждения доставки пакетов. Это позволяет злоумышленнику генерировать критический объем трафика с минимальными затратами собственных вычислительных ресурсов. Использование опции --rand-source приводит к подмене IP-адреса отправителя в каждом пакете, что значительно усложняет идентификацию истинного источника атаки.

Целью атаки является исчерпание пропускной способности сетевого канала и перегрузка системных ресурсов целевого устройства (центрального процессора, памяти) за счет необходимости обработки лавинообразного потока входящих пакетов. Это приводит к деградации или полному отказу в обслуживании легитимных пользователей.

Как видно из терминального вывода, в ходе атаки было отправлено **более 24 миллионов пакетов**. Отсутствие ответных пакетов является характерным признаком успешного проведения флуд-атаки."

Реакция системы мониторинга Observium, взаимодействующей с сетевым оборудованием по протоколу SNMP, была незамедлительной.

1. Всплеск трафика (График слева): На детализированном графике трафика для интерфейса FastEthernet0/0 мы наблюдаем резкий, практически вертикальный скачок входящего (зеленая область) и исходящего (синяя область) трафика. Этот всплеск является прямым визуальным подтверждением UDP Flood атаки. Именно благодаря регулярным SNMP-опросам счетчиков интерфейса, система Observium смогла в реальном времени зафиксировать эту аномальную активность, ее интенсивность и точное время начала.

2. Критическая нагрузка и ее последствия (Панель справа): На информационной панели устройства видны не только мини-графики трафика, подтверждающие аномалию, но и показатели критического использования системных ресурсов — памяти и центрального процессора маршрутизатора.

SNMP позволил системе мониторинга зафиксировать полный цикл инцидента, который не виден из простого анализа трафика:

- Фиксация перегрузки:** Система получила данные о 100% загрузке процессора, что предшествовало отказу.
- Обнаружение отказа:** Когда маршрутизатор перестал отвечать на SNMP-запросы и ICMP-проверки, Observium изменил его статус на "**Down**".
- Регистрация перезагрузки:** В журнале событий (Eventlog) было зафиксировано, что устройство было перезагружено. Это определяется через SNMP-переменную sysUpTime, которая сбрасывается при перезагрузке.
- Восстановление:** После перезагрузки устройство вновь стало доступно, и его статус изменился на "**Up**".

Поэтапно рассмотрим жизненный цикл инцидента, зафиксированный системой мониторинга, и увидим, как менялось состояние устройства от нормальной работы до полного восстановления.

Нормальная работа: До инцидента система Observium, используя SNMP, фиксировала минимальный фоновый трафик и стабильную загрузку ресурсов маршрутизатора. Устройство регулярно и корректно отвечало на SNMP-запросы, подтверждая свою штатную работоспособность.

Начало атаки: В момент инициации UDP Flood произошел резкий, экспоненциальный скачок трафика на интерфейсе FastEthernet0/0. Одновременно SNMP-данные показали критический всплеск загрузки центрального процессора и оперативной памяти, что свидетельствует о перегрузке аппаратных ресурсов.

• **Отказ устройства:** Под воздействием лавинообразного потока пакетов маршрутизатор R2 исчерпал свои ресурсы. Он перестал отвечать не только на диагностические ICMP-запросы (ping), но и на SNMP-запросы от системы мониторинга. Observium незамедлительно зафиксировал это, изменив статус устройства на "Down". Не справившись с нагрузкой, устройство аварийно перезагрузилось.

• **Восстановление:**

Спустя некоторое время после отказа, устройство завершило перезагрузку. Его статус изменился на "Up", что было подтверждено возобновлением успешных SNMP-ответов. С этого момента система мониторинга восстановила сбор метрик, регистрируя возвращение устройства в рабочий режим.

Проведенное исследование наглядно демонстрирует критически важную роль протокола SNMP для многоуровневого анализа сетевых инцидентов. SNMP — это не просто протокол, а фундаментальный механизм, обеспечивающий "зрение" для системы мониторинга.

• **Визуализация данных:** Именно SNMP позволил построить наглядные графики трафика, которые четко продемонстрировали момент начала, интенсивность и продолжительность атаки. Без данных со счетчиков интерфейсов, полученных по SNMP, система мониторинга была бы "слепой" к происходящему и не смогла бы зафиксировать аномалию на сетевом уровне.

• **Диагностика состояния:** SNMP предоставил ключевую информацию о жизненном цикле устройства. Изменение значения sysUpTime (время непрерывной работы), полученное по SNMP, однозначно указывает на факт перезагрузки. Это позволило зафиксировать не только саму атаку, но и её тяжелые последствия для оборудования.

• **Детализированный мониторинг:** Даже сообщения об ошибках при сборе специфических метрик, как в случае с CISCO-ENVMON-MIB, являются ценной диагностической информацией. Они указывают на сбои в работе конкретных подсистем устройства, которые произошли во время атаки, и подтверждают глубину её воздействия.

• **Триггеры для действий:** Данные, получаемые по SNMP, могут служить основой для проактивных систем защиты. При достижении критических порогов (например, загрузка ЦП или трафик), можно автоматически инициировать защитные действия: временную блокировку портов, применение ACL-правил или отправку мгновенных SNMP-трапов администратору для немедленного реагирования."

Проведенное исследование наглядно демонстрирует, что протокол SNMP является не просто инструментом для мониторинга, а фундаментальным компонентом для обеспечения безопасности и стабильности современных локальных сетей. Его ценность выходит далеко за рамки простого построения графиков трафика.

Как показал эксперимент, SNMP позволил не только визуализировать аномальный всплеск трафика во время UDP Flood атаки, но и получить полную картину инцидента. Именно благодаря SNMP система мониторинга смогла:

1. **Диагностировать причину сбоя:** Зафиксировать критическую перегрузку процессора и памяти маршрутизатора, которая предшествовала отказу.

2. **Определить последствия:** Обнаружить факт отказа устройства (статус "Down") и его последующую аварийную перезагрузку, что было однозначно подтверждено изменением значения uptime.

3. **Оценить состояние подсистем:** Даже ошибки при сборе специфических данных (как в случае с CISCO-ENVMON-MIB) послужили важным диагностическим маркером, указывающим на глубину сбоя в работе оборудования.

Таким образом, SNMP выступает в роли незаменимых "глаз и ушей" для любой системы сетевого администрирования. Без него мониторинг остается "слепым", способным видеть лишь симптомы (например, недоступность устройства по ping), но не саму причину и масштаб проблемы.

В перспективе, потенциал SNMP раскрывается в создании проактивных систем защиты, где данные о состоянии сети служат триггерами для автоматических контрмер, предотвращая отказ оборудования еще до его наступления. В конечном счете, грамотное использование SNMP позволяет перейти от реакции на уже случившиеся инциденты к их своевременному предотвращению.

УДК 378.1, 004.9

**АРХИТЕКТУРА ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБЩЕГО УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

E. A. СЕМЕНЧЕНКО

(Представлено: д-р техн. наук, доц. Р. П. БОГУШ, В. В. КОСТРИЦКИЙ)

Настоящая статья посвящена анализу архитектуры приложения «Электронное средство обучения «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля»» для изучения студентами устройства и диагностирования технического состояния автомобиля. Представлена разработанная функциональная схема электронного средства обучения и описаны особенности использования, примеры работы модулей.

Ключевые слова: архитектура приложения, модульная архитектура, электронное средство обучения.

Введение. В области разработки программного обеспечения сопровождение комплексных систем сопряжено с проблемами, напоминающими мифологическую борьбу с гидрой: устранение одной уязвимости или неисправности, может привести к появлению двух новых, а также динамического рынка, требующего гибкости и кастомизации. В такой ситуации модульная архитектура выступает наиболее эффективным решением. Она позволяет декомпозировать сложные системы на взаимозаменяемые компоненты, оптимизируя процессы разработки, снижая затраты и обеспечивая масштабируемость.

Основная часть. Рассматриваемое средство электронного обучения построено на основе модульной архитектуры. Модульная архитектура представляет собой подход к разработке приложений, в котором оно разбивается на независимые друг от друга элементы, являющиеся модулями. Модули выполняют определенную функцию и имеют свою логику, способы взаимодействия с другими [1]. Цель – повысить управляемость, тестируемость, переиспользуемость и гибкость разработки. Ключевые базовые принципы модульной архитектуры [2]:

1. Масштабируемость. Данная характеристика позволит расширять возможности электронного средства обучения как с точки зрения функционала, так и с точки зрения разнообразия автомобильных систем, порядок диагностирования которых изучается в образовательном процессе.

2. Ремонтопригодность. Это значит, что изменение одного модуля не требует изменения других модулей. Например, если одна из систем стала работать некорректно, то при ее ремонте другие системы и модули затронуты не будут.

3. Заменимость модулей. Такое свойство системы позволит замещать модуль(-и) из одной автомобильной системы на новые, которые нужны в конкретном случае. В качестве примера можно привести панели с набором инструментов для диагностики. Для одной системы нужны одни приборы и инструменты, а для другой иные.

4. Разделение ответственности. Каждый модуль должен иметь единственную ответственность и минимальные зависимости от других модулей.

5. Повторное использование. Для данного электронного средства обучения означает, что можно использовать модули, которые были созданные для других систем в новой. Например, приборы для диагностирования автомобильных систем.

6. Упрощенное сопровождение. Разбитую на модули программу легче понимать и сопровождать.

С учетом описанных требований разработана модульная структура программы, которая, включает:

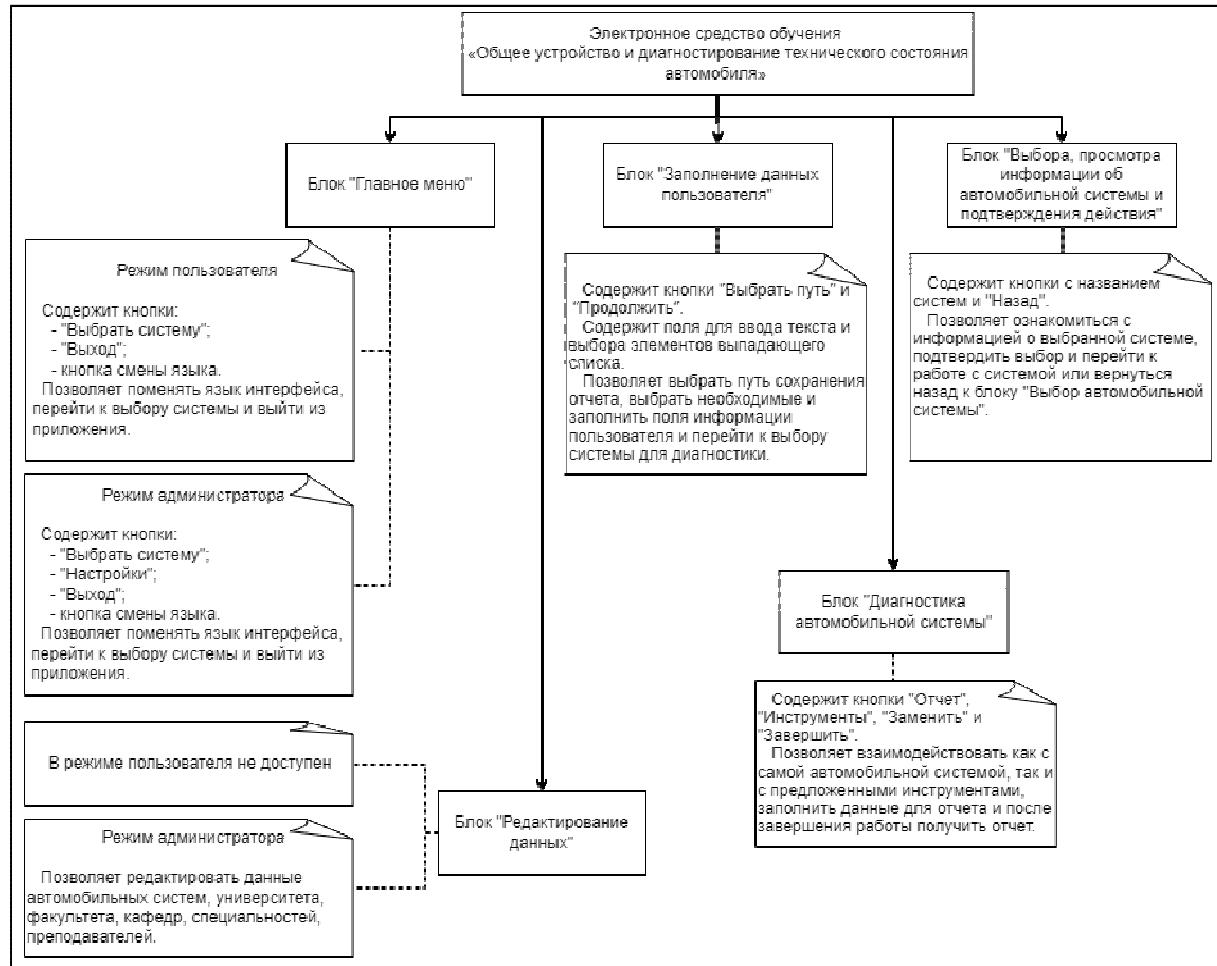
1. Модуль, отвечающий за данные пользователя. Содержит менеджеры данных пользователя, которые хранят информацию о пользователе (ФИО, группа, преподаватель и так далее) и менеджер составления отчета.

2. Модули, отвечающие за системы (переключение систем и контроль работы выбранной системы). Главный модуль содержит данные о существующих системах, префабы самих автомобильных систем (в данном случае это объекты, которые представляют из себя готовые схемы систем, загружаемые при выборе системы), менеджер, отдающий данные системы и ее префаб при запросе. Модули самых систем содержат менеджеры и контроллеры, обеспечивающие их стабильную работу.

3. Модули, отвечающие за элементы внутри системы (например, отвечающие за работу катушек или панели передач). Данные модули содержат менеджеры и контроллеры, которые обеспечивают корректную работу элементов систем.

4. Модули, отвечающие за пользовательский интерфейс. Содержит менеджеры каждого вида окон, которые используются в программном продукте, менеджеры и контроллеры анимации.

Функциональная схема электронного средства обучения «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» представлена на рисунке 1.



Программный продукт состоит из пяти блоков:

1. «Главное меню». В режиме пользователя позволяет поменять язык интерфейса, перейти к выбору системы и выйти из приложения. В режиме администратора позволяет поменять язык интерфейса, перейти к выбору системы и выйти из приложения.

2. «Заполнение данных пользователя». Позволяет выбрать путь сохранения отчета, выбрать необходимые данные из выпадающего списка, заполнить поля информации пользователя и перейти к выбору системы для диагностики.

3. «Редактирование данных». В режиме пользователя не доступен. В режиме администратора позволяет редактировать данные автомобильных систем, университета, факультета, кафедр, специальностей, преподавателей.

4. «Выбор, просмотр информации об автомобильной системе и подтверждение действия». Позволяет выбрать путь сохранения отчета, выбрать необходимые и заполнить поля информации пользователя и перейти к выбору системы для диагностики. Позволяет ознакомится с информацией о выбранной системе, подтвердить выбор и перейти к работе с системой или вернуться назад к блоку «Выбор автомобильной системы».

5. «Диагностика автомобильной системы». Позволяет взаимодействовать как с самой автомобильной системой, так и предложенными инструментами, заполнить данные для отчета и после завершения работы получить отчет.

Данное разбиение позволит не только разделить ответственность между блоками и включенных в них модулей, но и максимально сделать их независимыми и заменяемыми.

Заключение. Таким образом, рассмотренная модульная архитектура представляет собой фундаментальный инструмент, способный трансформировать парадигмы разработки и сопровождения

программных систем. Она демонстрирует четкое разграничение зон ответственности и минимизации межфункциональных зависимостей. Путем инкапсуляции функциональных блоков и четкого разделения ответственности достигается создание систем, отличающихся высокой степенью сопровождаемости, масштабируемости и пригодности для повторного использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бычкова, Н.А. Модульные платформы: возможности реализации персонализируемой интерфейсной и функциональной адаптации в приложениях / Н.А. Бычкова, И.И. Азаров // Международный журнал гуманитарных и естественных наук: компьютерные и информационные науки, 2015. – С. 166 – 169
2. Семенченко, Е.А. Электронное средство для изучения общего устройства и принципов диагностирования технического состояния автомобиля / Е.А. Семенченко, В.В. Костицкий, Р.П. Богуш // Технологии передачи и обработки информации = Technologies of Information Transmission and Processing: материалы Международного научно-технического семинара (Минск, апрель 2025 г.). – Минск: БГУИР, 2025. – С. 115 – 120.

УДК 378.1, 004.9

**ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБЩЕГО УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

E. A. СЕМЕНЧЕНКО

(Представлено: д-р техн. наук, доц. Р. П. БОГУШ, В. В. КОСТРИЦКИЙ)

В данной статье рассмотрены преимущества использования электронного средства обучения (ЭСО) «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» для изучения студентами устройства и диагностирования технического состояния автомобиля. Представлены новые возможности как для студентов, так и для преподавателей, которые открываются перед ними при использовании ЭСО.

Ключевые слова: инженер-механик, интерактивное образование, электронное средство обучения.

Введение. Высшее образование в Республике Беларусь постепенно переходит в инновационный режим развития, в котором необходимо учитывать мировые нормы и стандарты образовательных систем. Одним из эффективных способов приобретения первоначальных знаний и навыков при подготовке инженеров-механиков, осуществляющих обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, является применение электронных средств обучения, которые превосходят по наглядности, возможностям поиска и навигации традиционные [1].

Основная часть. Использование электронного средства для обучения (например, цифровых образовательных ресурсов или онлайн-платформ) открывает широкий спектр преимуществ для преподавателя, трансформируя традиционные подходы к образованию. Основные можно сформулировать следующим образом [2]:

1. Новаторская идея. Заключается в постепенной трансформации образовательного процесса: переход от статического обучения к динамическому. Студент активно чувствует в образовательном процессе, что способствует лучшему освоению изучаемого материала.

2. Сосредоточение тематической информации на машиночитаемом носителе. Вся информация, которая может понадобиться в процессе обучения (лекции, учебники, дополнительные материалы и так далее), хранится на цифровых носителях. Благодаря этому все данные хранятся в структурированном виде, легко редактируются, позволяют оперативно получать и обрабатывать новые данные. Ежегодно отображаемая информация может пересматриваться с целью актуализации предоставляемых сведений.

3. Продуманный с методической точки зрения качественный тренинг. Электронные платформы предлагают логически структурированные модули, которые последовательно предоставляют учащемуся доступ к более сложным модулям. Также важно отметить, что такие тренинги имеют адаптивный характер: могут подстроиться под индивидуальные потребности пользователя, позволяя ему повысить качество и ускорить процесс усвоения знаний. Переход от простого к более сложному происходит постепенно. Материал осваивается в полном объеме.

4. Предоставление ряда интерактивных возможностей. Электронные ресурсы имеют интерактивные элементы, которые могут быть представлены кнопками, видео, картинками, аудио и иными объектами. К такому типу средств обучения можно отнести тексты, викторины, симуляторы, форумы и так далее. Обещающиеся получают не только мгновенную связь и теорию, но и опыт, который можно получить только на практике.

5. Удобство использования. Современные электронные образовательные платформы и приложения разрабатываются с учетом принципов UX/UI дизайна, предлагая не только качественную, достоверную информацию, но и удобный, привлекательны и интуитивно понятный интерфейс.

6. Доступность. Большинство образовательных платформ и приложений доступны учащимся не только на персональном компьютере, но и мобильном устройстве, что делает процесс обучения непрерывным и доступным в любом месте.

Для преподавателей такая форма обучения прежде всего означает мощного и эффективного инструмента создания и поддержки курсов, а также дополнительной возможности подачи материала студентам. Поскольку электронное средство обучения позволяют оптимизировать и в некоторых областях автоматизировать процесс оценки и контроля знаний, преподаватель может не только уделить больше времени каждому из студентов, но и увеличить количество числа обучаемых.

Внедрение электронного средства обучения в образовательных процесс имеет ряд преимуществ и для студентов:

1. Гибкость графика обучения. Учащийся может самостоятельно составлять свой график обучения, адаптируя его под свой ритм жизни и скорость усвоения знаний.

2. Возможность учиться по индивидуальному плану согласно собственным потребностям и возможностям. Современные электронные образовательные платформы и приложения имеют адаптивный характер: могут построить план обучения исходя из полученной оценки знаний, а также внести в него изменения согласно временным требованиям или необходимости совмещения работы и учебы. У студента появляется возможность работы с оптимальной для него скоростью, осваивая изучаемый материал в полном объеме.

3. Объективная и независимая от преподавателя методика оценки знаний.

4. Возможность консультироваться с преподавателем в ходе обучения. Обеспечивается объективность и стандартизация процесса оценки знаний. Полученные результаты обрабатываются на основе заранее заданных метрик и критериев, что минимизирует влияние человеческого фактора. Такой подход гарантирует прозрачность оценки и немедленное оценивание результатов, что позволяет оперативно вносить изменения в образовательный процесс.

5. Относительная дешевизна. Большинство образовательных платформ являются бесплатными, также значительно снижается необходимость покупки образовательных пособий, что значительно снижает расходы на обучение. Также при использовании электронного средства обучения можно учиться из дома, что также положительно влияет на бюджет.

Разработанное нами электронное средство обучения «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» позволяет внедрить дидактический метод активного обучения в образовательный процесс для повышения качества подготовки инженеров-механиков, осуществляющих обслуживание и ремонт транспортных средств, в частности в вопросе диагностики технического состояния автомобилей. Помимо вышеперечисленных преимуществ рассматриваемое электронное средство обучения обладает следующими особенностями, которые могут оказывать существенное положительное влияние на знания учащихся:

1. Дистанционное обучение. Электронное средство обучения может применяться для удаленного обучения в случаях, когда у студентов нет возможности посещать аудиторные занятия. Это актуально не только для студентов заочной формы обучения, но дневной. Они могут выполнять работы в режиме удаленного доступа, в полном объеме и своевременно выполняя график образовательного процесса.

2. Дополнительный образовательный ресурс. Эффективная помощь студентам по повышению уровня знаний по дисциплинам, которые связаны с общим устройство и диагностикой технического состояния автомобиля.

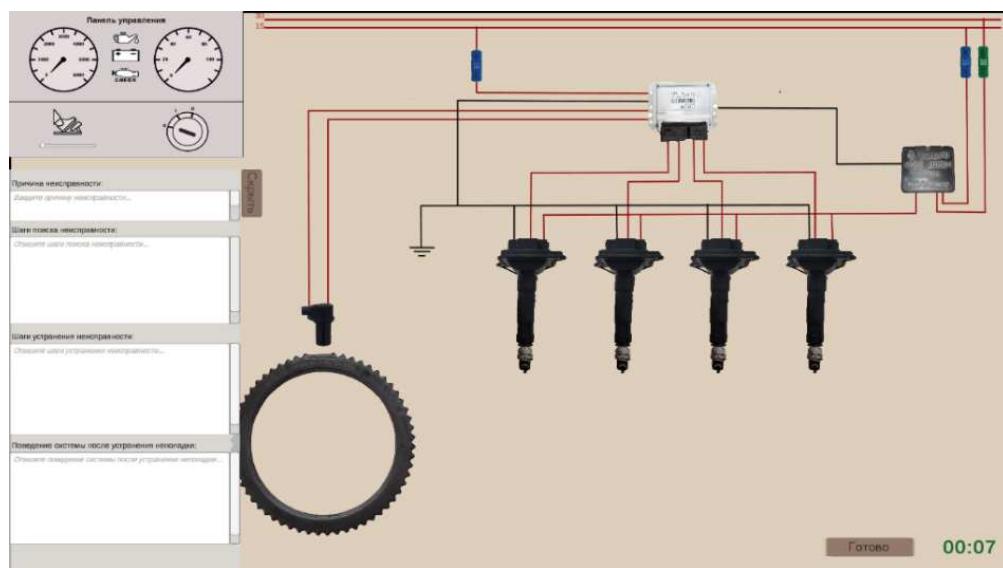


Рисунок 1. – Вкладка «Отчет»

3. Тренажер для подготовки к экзаменам по профильным дисциплинам. Электронное средство обучения может использоваться как онлайн-тренажер, повышающий эффективность подготовки к экзаменам, так как пользуясь приложением студент совершенствует навыки, необходимые при диагностике технического состояния основных систем автомобиля. При выполнении лабораторной работы при нажатии на кнопку отчета открывается окно (см. рисунок 1), в котором отображается общая схема, а также

предоставляется возможность записи всех выполненных действий. Оно доступно на протяжении всего занятия, позволяя студенту вносить информацию, касающуюся диагностики конкретной системы. Отражается не только информация, касающаяся причин выхода диагностируемой системы из строя, но и действия, которые должны быть предприняты для восстановления ее работоспособности.

4. Обратная связь и контроль успеваемости. Электронное средство обучения предполагает формирование отчета по результатам работы с конкретным студентом, в котором указывается время, затраченное на диагностику технического состояния автомобиля и устранение неисправности, сама неисправность, причина завершение работы в выбранной системе (нарушение техники безопасности или самостоятельное завершение работы студентом), количество ошибок совершенных при работе с системой, а также ход работы, который заполняет пользователь самостоятельно и предварительно разделенный на необходимые разделы: причина поломки, шаги выявления, шаги по устранению поломки, поведение системы после починки поврежденной дели или деталей. По этим данным преподаватель сможет оценить уровень знаний студента, выделить вопросы, требующие дополнительной проработки для повышения профессиональных компетенций, углубления знаний по отдельным темам.

5. Подготовка или переподготовка кадров. Электронное средство обучения помогает значительно ускорить и упростить процесс обучения или переподготовки кадров, так как они получают свободный доступ к тренажеру в любое время и в удаленном режиме. Может применяться на курсах повышения квалификации для освоения новых методик диагностирования транспортных средств.

Заключение. Таким образом, предлагаемое средство электронного обучения «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» имеет ряд преимуществ. Оно позволяет более широко и гибко внедрять инновационный дидактический метод активного обучения в образовательный процесс кафедры автомобильного транспорта Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой путем использования приложения как на этапе подготовки, так при контроле знаний уже работающих сотрудников предприятий автомобильной отрасли. Позволяет повысить эффективность обучения, а также увеличить объем полученных знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко, Е.А. Электронное средство для изучения общего устройства и принципов диагностирования технического состояния автомобиля / Е.А. Семенченко, В.В. Кострицкий, Р.П. Богуш // Технологии передачи и обработки информации = Technologies of Information Transmission and Processing: материалы Международного научно-технического семинара (Минск, апрель 2025 г.). – Минск: БГУИР, 2025. – С. 115 – 120
2. Сатунина, А.Е. Электронное обучение: плюсы и минусы / А.Е. Сатунина // Современные проблемы науки и образования. 2006. – № 1. – С. 88 –90

УДК 004.415.2

**РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ НА С#
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ASP.NET CORE MVC
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА**

B. A. СКОЧКОВ
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В статье рассматривается процесс разработки веб-приложения для изучения английских слов на основе метода интерактивных карточек. Подробно описываются этапы проектирования, реализации и тестирования приложения, созданного с использованием архитектурного шаблона Model-View-Controller (MVC) и технологического стека ASP.NET Core.

Введение. Сегодня в мире знание английского языка является одним из важнейших требований для успешной профессиональной реализации. Одним из наиболее эффективных методов запоминания лексики является метод флэш-карточек, где на одной стороне карточки написано слово на иностранном языке, а на другой – его перевод и определение. Автоматизация этого процесса с помощью веб-приложения позволяет значительно повысить его эффективность, сделать обучение более удобным и доступным.

Целью данной работы является проектирование и разработка веб-приложения, которое демонстрирует возможности платформы ASP.NET Core и языка C# для создания многофункциональных и безопасных образовательных сервисов. Выбор в пользу серверной архитектуры неслучаен: он позволяет обеспечить централизованное управление данными, реализовать сложную бизнес-логику на стороне сервера, повысить уровень безопасности и предоставить гибкость в дальнейшем расширении функционала. Данный проект призван показать, что технологии .NET являются мощным и конкурентоспособным инструментом для построения современных интерактивных веб-платформ.

Программная часть. Для реализации поставленной задачи была выбрана современная и производительная платформа ASP.NET Core в сочетании с языком программирования C#. Этот выбор обусловлен рядом факторов, включая высокую производительность, кроссплатформенность, развитую экосистему и долгосрочную поддержку со стороны Microsoft [1]. В основе архитектуры приложения лежит классический и проверенный временем паттерн проектирования Model-View-Controller (MVC). Этот паттерн обеспечивает строгое разделение ответственности между компонентами системы, что позволяет четко разграничить бизнес-логику, данные и их визуальное представление. Такое разделение не только упрощает процесс начальной разработки, но и значительно облегчает тестирование, отладку и дальнейшую поддержку, и модификацию программного продукта [2]. Архитектурный шаблон Model-View-Controller:

– Модель (Model): представляет собой концептуальное ядро приложения, состоящее из набора классов, которые описывают основные сущности и структуры данных. Ключевыми моделями в проекте являются класс Flashcard, определяющий структуру учебной карточки, и класс Topic, позволяющий логически группировать карточки по темам.

– Представление (View): полностью отвечает за формирование пользовательского интерфейса. В проекте используются файлы синтаксиса Razor (.cshtml), которые элегантно сочетают стандартную HTML-разметку с кодом на C# [1]. Это позволяет динамически генерировать контент на сервере перед отправкой его клиенту. Визуальное оформление и адаптивность интерфейса реализованы с помощью популярного CSS-фреймворка Bootstrap, что обеспечивает корректное отображение на устройствах с разным разрешением экрана.

– Контроллер (Controller): представленный в проекте классом HomeController, выполняет роль координатора и является связующим звеном между моделью и представлением. Его основная задача — обработка входящих HTTP-запросов от пользователя. Он взаимодействует с сервисным слоем для выполнения операций с данными, управляет состоянием пользовательской сессии и в конечном итоге выбирает и возвращает соответствующее представление.

Разделение ответственности, достигаемое с помощью MVC, является ключевым преимуществом, поскольку оно упрощает совместную разработку, тестирование и дальнейшую поддержку приложения.

Одной из важных функциональных особенностей системы является реализация простого механизма разделения прав доступа. В приложении предусмотрены две роли: "Учитель", обладающий полными правами, и "Ученик", с ограниченными возможностями. Выбор роли происходит на стартовой странице (рис.1), после чего сделанный выбор сохраняется в сессии пользователя. При каждом последующем запросе HomeController считывает это значение из сессии. На основе полученной роли контроллер

динамически формирует представление, скрывая или отображая определенные элементы интерфейса [3]. Например, кнопки редактирования и удаления карточек отображаются только в том случае, если переменная роли имеет значение "Teacher". Кроме того, для удобства обмена учебными материалами реализованы функции импорта и экспорта всей базы слов в универсальном формате JSON.

Добро пожаловать в приложение для изучения слов!

Пожалуйста, выберите вашу роль, чтобы продолжить.

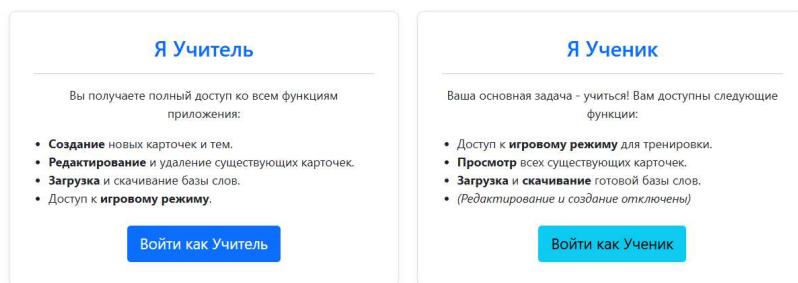


Рисунок 1. – Стартовая страница выбора роли

С целью повышения вовлеченности пользователей и геймификации образовательного процесса в приложение был интегрирован интерактивный игровой режим (рис.2). Процесс его работы является наглядным примером эффективного взаимодействия серверной и клиентской частей. Логика подготовки данных для игры целиком выполняется на сервере: метод Game в HomeController обращается к сервису для получения необходимого набора карточек, затем случайным образом отбирает из них не более десяти, перемешивает их и передает в представление. Непосредственное взаимодействие пользователя с игровым полем, такое как выбор слов, отслеживание пар и динамическая отрисовка соединительных линий, реализуется уже на стороне клиента с использованием нативного JavaScript. Такой гибридный подход, где серверная часть на .NET отвечает за бизнес-логику и управление данными, а клиентская — за интерактивность и визуальное представление, является современной и эффективной практикой в веб-разработке.

Соедините слово с его переводом

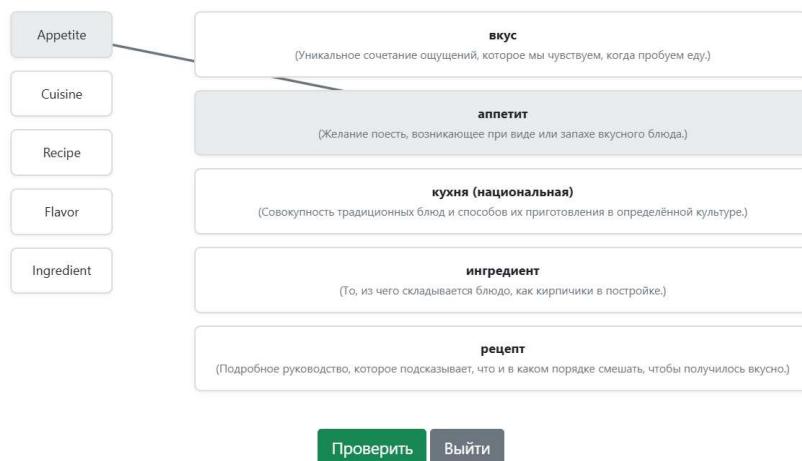


Рисунок 2. – Страница игрового режима

Заключение. В ходе выполнения данной работы было успешно спроектировано и разработано полнофункциональное веб-приложение для изучения английских слов. Выбранный технологический стек, в частности платформа ASP.NET Core и архитектурный паттерн MVC, позволил создать надежную,

поддерживаемую и масштабируемую систему с четко определенной структурой. Реализованный функционал, который включает в себя разделение ролей пользователей, полный набор операций по управлению учебным контентом и интерактивный игровой режим, полностью соответствует изначально поставленным задачам. Данный проект демонстрирует, что серверные технологии .NET являются мощным и современным инструментом для создания сложных интерактивных образовательных платформ, не уступающих по своим возможностям клиентским приложениям.

В качестве потенциальных направлений для дальнейшего развития проекта можно выделить несколько ключевых векторов. Во-первых, это переход от файлового хранилища к полноценной реляционной базе, что позволит повысить производительность, обеспечить транзакционность и масштабируемость. Во-вторых, внедрение полноценной системы аутентификации и авторизации на базе ASP.NET Core Identity, что даст возможность пользователям создавать личные аккаунты, отслеживать свой прогресс и формировать индивидуальные учебные планы. Наконец, создание Web API на основе существующей бизнес-логики позволит отделить бэкенд от фронтенда и в будущем разработать нативные мобильные клиенты для iOS и Android, использующие единую кодовую базу на сервере.

ЛИТЕРАТУРА

1. ASP.NET Core Documentation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-9.0>. – Дата доступа: 06.08.2025.
2. C# language documentation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>. – Дата доступа: 13.08.2025.
3. Круг, С. Веб-дизайн: не заставляйте меня думать! Подход к юзабилити на основе здравого смысла / С. Круг. – 3-е изд. – СПб., Питер, 2021. – 216 с.

УДК 159.9.072.422

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ФЛЕШ-КАРТОЧЕК В ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

В. А. СКОЧКОВ
(Представлено: Т. М. ГЛУХОВА)

В статье анализируется эффективность применения веб-приложения, основанного на методе флеш-карточек, для изучения английской лексики. Рассматривается трансформация системы Лейтнера в цифровой формат, а также психологические механизмы, способствующие формированию устойчивых учебных привычек и повышению концентрации, опираясь на концепции «атомных привычек» Джеймса Клира и «глубокой работы» Кэла Ньюпорта.

Введение. Изучение иностранных языков является неотъемлемой частью современного образования, однако традиционные методики не всегда отвечают требованиям динамичного мира и когнитивным особенностям нового поколения учащихся. Одним из наиболее эффективных и проверенных временем методов для запоминания лексики является система Лейтнера, разработанная немецким ученым Себастьяном Лейтнером в 1970-х годах. Данная система использует флеш-карточки для организации интервального повторения, при котором изученный материал повторяется через увеличивающиеся промежутки времени, что соответствует кривой забывания Эbbingгауза и способствует переводу информации из кратковременной памяти в долговременную [4].

В данной работе исследуется процесс переноса этой классической методики в цифровое пространство на примере разработанного веб-приложения, а также анализируются педагогические и психологические преимущества такого подхода.

Исследовательская часть. Классическая система Лейтнера предполагает физическое перемещение бумажных карточек между несколькими коробками, каждая из которых соответствует определенному интервалу повторения. Карточки с хорошо усвоенными словами перемещаются в следующую коробку, а те, с которыми возникли трудности, возвращаются в первую [1]. Разработанное веб-приложение полностью автоматизирует этот процесс. Вместо физических коробок, приложение использует логические категории, например, по определённой теме, которую может назначить пользователь с ролью «Учитель». Хотя прямое управление интервалами повторения в текущей реализации не автоматизировано, цифровой формат открывает для этого широкие перспективы. Функционал сортировки и фильтрации по темам и сложности позволяет пользователю самостоятельно выстраивать траекторию обучения, фокусируясь на наиболее проблемных для него лексических единицах.

Одной из важных функциональных особенностей системы является реализация простого механизма разделения прав доступа. В приложении предусмотрены две роли: «Учитель», обладающий полными правами, и «Ученик», с ограниченными возможностями. Выбор роли происходит на стартовой странице, после чего сделанный выбор сохраняется в сессии пользователя. Например, кнопки редактирования и удаления карточек отображаются только в том случае, если переменная роли имеет значение «Teacher». Кроме того, для удобства обмена учебными материалами реализованы функции импорта и экспорта всей базы слов в универсальном формате JSON.

Перенос системы Лейтнера в веб-среду не просто копирует его, но и обогащает новыми возможностями. Во-первых, это доступность: цифровые карточки доступны с любого устройства, имеющего выход в интернет, что устраняет необходимость носить с собой стопки бумажных карточек. Во-вторых, это мультимедийность: в будущем цифровые карточки могут быть дополнены аудиофайлами с произношением, изображениями и видеоконтентом, что задействует разные каналы восприятия и улучшит запоминание. В-третьих, это геймификация. Внедренный в приложение игровой режим «Соедини пары» является ярким примером того, как рутинный процесс заучивания можно превратить в увлекательное занятие (рис.1). Игровой элемент вносит соревновательный дух и обеспечивает мгновенную обратную связь, что является мощным положительным подкреплением.

Успех в изучении языка напрямую зависит от регулярности занятий. Именно здесь на помощь приходят концепции, описанные Джеймсом Клиром в его работе «Атомные привычки». Клир утверждает, что для формирования устойчивой привычки необходимо сделать ее очевидной, привлекательной, простой и приносящей удовлетворение [2]. Разработанное приложение способствует этому несколькими путями. Простота: интерфейс приложения интуитивно понятен, а процесс работы с карточками не требует сложных действий. Привлекательность: игровой режим и четкая визуализация прогресса делают процесс обучения менее монотонным. Удовлетворение: мгновенная обратная связь в игровом режиме и видимый рост списка изученных слов создают чувство выполненного долга и мотивируют продолжать.

Цифровой формат позволяет легко интегрировать занятия в повседневную рутину, превращая короткие сессии по 5-10 минут в эффективную «атомную привычку».

Соедините слово с его переводом

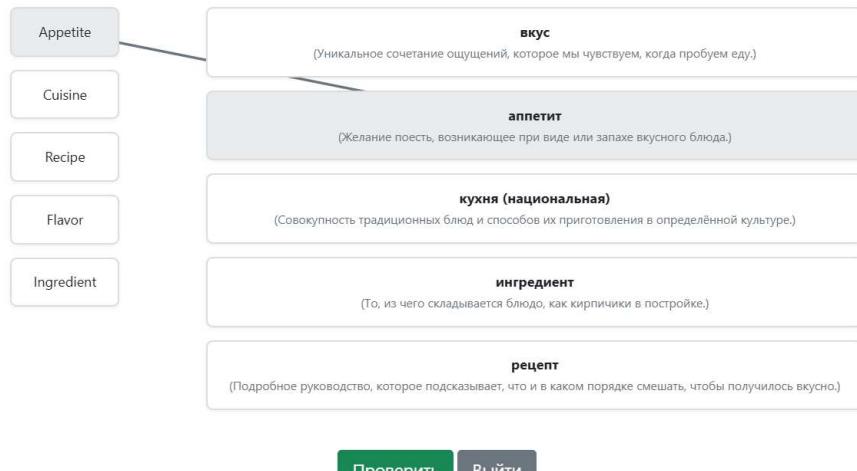


Рисунок 1. – Страница игрового режима

Однако одной регулярности недостаточно. Для эффективного запоминания требуется глубокая концентрация. Кэл Ньюпорт в своей книге «В работу с головой» определяет «глубокую работу» как профессиональную деятельность, выполняемую в состоянии концентрации внимания, свободного от отвлекающих факторов, что позволяет довести ваши когнитивные способности до предела [3]. Работа с флеш-карточками, по своей сути, является упражнением на сосредоточенное внимание. Веб-приложение, в отличие от многих мобильных аналогов, создает менее отвлекающую среду. Отсутствие push-уведомлений и других внешних раздражителей, характерных для смартфонов, позволяет пользователю полностью погрузиться в процесс изучения. Игровой режим, требующий сопоставления слов и их переводов, также способствует развитию навыка быстрой концентрации и активного вспоминания, что является ключевым элементом глубокой работы применительно к обучению.

Для проверки практической пользы разработанного веб-приложения было проведено исследование. В нем принял участие 31 студент второго курса факультета информационных технологий (ФИТ), которым было предложено регулярно использовать данное веб-приложение для изучения новой английской лексики на протяжении одной учебной недели. По завершении эксперимента был проведен анонимный опрос с целью сбора обратной связи об эффективности и удобстве приложения.

Результаты опроса оказались преимущественно положительными. Участникам было предложено оценить, насколько приложение помогло им в процессе запоминания слов по сравнению с их обычными методами. Полученные данные были сгруппированы в три категории и представлены на графике (рис.2).



Рисунок 2. – Результаты опроса об эффективности веб-приложения

Как видно из диаграммы, подавляющее большинство респондентов — 74% (23 человека) — отместили, что приложение значительно помогло им в изучении слов. Они указывали на удобство, интерактивный игровой режим и возможность систематизировать учебный материал. 19% (6 человек) не почувствовали существенной разницы по сравнению с традиционными методами, такими как ведение словаря или использование бумажных карточек, однако отметили удобство доступа к материалам. Лишь 7% (2 человека) посчитали приложение недостаточно полезным, ссылаясь на необходимость доработки интерфейса или отсутствие некоторых желаемых функций, таких как автоматическое интервальное повторение. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале цифровизации метода флеш-карточек и подтверждают его востребованность в студенческой среде.

Заключение. Цифровизация традиционных педагогических методик, таких как система Лейтнера, открывает новые горизонты для повышения эффективности образовательного процесса. Разработанное веб-приложение не просто переносит механику флеш-карточек в онлайн-среду, но и обогащает ее за счет интерактивности, геймификации и доступности. Анализ с точки зрения современной психологии показывает, что подобные инструменты способны не только улучшить запоминание лексики, но и помочь в формировании устойчивых учебных привычек и развитии навыков глубокой концентрации. Таким образом, интеграция проверенных временем педагогических подходов с современными веб-технологиями и психологическими концепциями является перспективным направлением для создания эффективных и мотивирующих образовательных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейтнер, С. Как научиться учиться / С. Лейтнер. – М., Пере, 2019.
2. Клир, Д. Атомные привычки. Как приобрести хорошие привычки и избавиться от плохих / Д. Клир. - М., Манн, Иванов и Фербер, 2019. - 304 с.
3. Ньюпорт, К. В работу с головой. Правила сфокусированной работы в мире, полном отвлекающих факторов / К. Ньюпорт. - М., Манн, Иванов и Фербер, 2017. - 288 с.
4. Эббингауз, Г. Память: вклад в экспериментальную психологию / Г. Эббингауз. - 1885.

УДК 004

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Н. А. ТОМАШЕВИЧ

(Представлено: д-р техн. наук, доц. Р. П. БОГУШ)

В статье рассматриваются существующие системы обнаружения пожаров на основе детектирования дыма по данным систем видеонаблюдения. Представлен аналитический обзор функциональных возможностей таких систем, отмечены их преимущества по сравнению с классическими устройствами обнаружения дыма. Обсуждаются пути расширения функциональных возможностей существующих систем видеонаблюдения для обнаружения пожаров.

Введение. В последние годы благодаря развитию алгоритмов обработки информации системы видеонаблюдения эволюционировали в интеллектуальные платформы, способные в реальном времени анализировать визуальную информацию и принимать решения. Одной из наиболее востребованных и социально значимых задач, решаемых с помощью таких систем, является автоматическое обнаружение дыма. Традиционные системы пожарной сигнализации [1], основанные на датчиках дыма, температуры или пламени, имеют ряд существенных ограничений. Во-первых, они требуют установки в непосредственной близости от потенциального источника возгорания, что делает их малоэффективными в больших или открытых пространствах включая склады, лесные массивы, парковки или торговые центры. Во-вторых, датчики подвержены ложным срабатываниям из-за пыли, пара, аэрозолей или насекомых. В-третьих, они не обеспечивают визуальной верификации события, т.е. оператору невозможно убедиться в реальности угрозы без дополнительных средств. Кроме этого, масштабирование таких систем связано со значительными материальными затратами, так как каждый датчик требует отдельного монтажа, подключения и обслуживания.

Системы видеонаблюдения с функцией автоматического обнаружения дыма могут использовать уже существующую инфраструктуру камер, что снижает капитальные затраты, и позволяют охватывать большие территории с одного устройства [2]. Наличие визуальной информации предоставляет возможность не только обнаружить дым, но и локализовать его источник [3]. Кроме этого, существует возможность интегрировать информацию с другими системами безопасности, включая системы оповещения, управления доступом или пожаротушения. Однако, задача обнаружения дыма остается сложной. Дым представляет собой динамический, полупрозрачный, изменчивый объект, который может иметь различную плотность, цвет, форму и скорость распространения. Его визуальные характеристики сильно зависят от освещения, фона, расстояния до камеры и угла обзора. Кроме этого, существует множество визуально схожих явлений, таких как пар, туман, пыль, облака, которые могут быть ошибочно классифицированы как дым. Поэтому существует множество алгоритмических решений, и на их основе программных продуктов с различными качественными характеристиками.

Системы обнаружения дыма по видеопоследовательностям. Компания iThermAi в партнёрстве с Hikvision предоставляет «Fire and Smoke Detection for Hikvision HEOP cameras» [4] – приложение для HEOP 2.0 камер Hikvision, выполняющее обработку видео непосредственно на камере и поддерживающие как RGB, так и совмешённые RGB/тепловые камеры. Установка системы предполагается в местах, где важно раннее обнаружение: заводах, складах (рис.1). Система имеет возможность определения цвета дыма и 3 уровня чувствительности алгоритма. Информация о задымлении может быть передана на пост системы видеонаблюдения или даже на тревожный блок Hikvision для прямого подключения к пожарной системе оповещения.



Рисунок 1. – Примеры работы системы
«Fire and Smoke Detection for Hikvision HEOP cameras» [4]

Fike SigniFire [5] является программно-аппаратным комплексом, состоящим из IP камер SigniFire, Системы управления пожарной сигнализацией Fike Cybercat, сетевым хранилищем видео FSM-IP, и ПО для удалённого мониторинга Fike SpyderGuard. Система предоставляет возможность определять различные типы задымлений, позволяет производить мониторинг больших площадей, а также хранит записи видео для разбора причин инцидентов. Схема системы указана на рисунке 2.



Рисунок 2. – Общая схема комплекса SigniFire [5]

Программный продукт для систем видеонаблюдения Revisor от компании Revisorlab [6] имеет различные модули, в том числе модуль для обнаружения огня и модуль для обнаружения дыма. Предполагается использовать систему как совместно с классическими датчиками, так и в ситуациях, исключающих использование классических датчиков дыма. В отличии от «Fire and Smoke Detection for Hikvision NEOP cameras» и Fike SigniFire, Revisor является чисто программным решением и не привязывает к выбору оборудования конкретного производителя. Он обладает рядом настроек, пример главного окна показана на рис. 3.

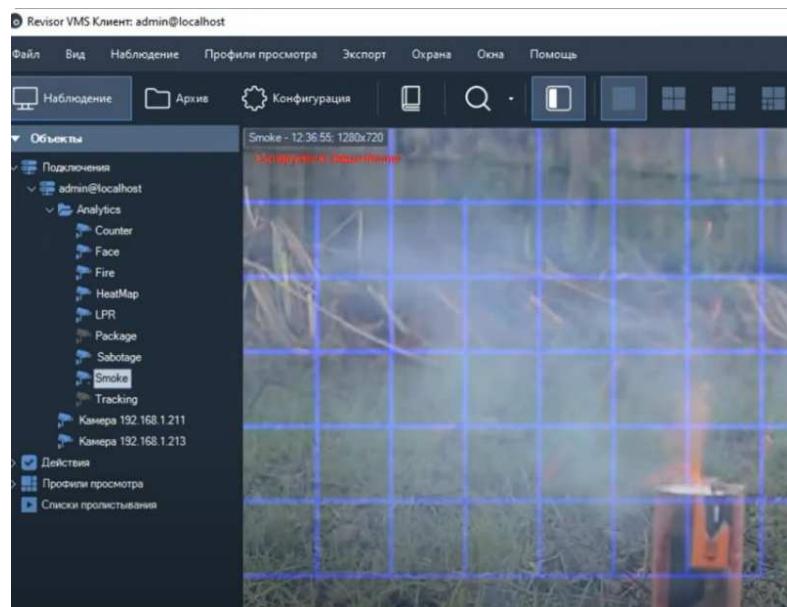


Рисунок 3. – Программный продукт Revisor [6]

Анализ показал, что существует несколько подходов к организации обработки видеоданных: обработка на самой камере; обработка на сервере как программный модуль для системы видеонаблюдения; обработка на отдельном устройстве. При обработке видео на камере систему становится проще расширять, снижается задержка до обнаружения, но при этом требует значительных вычислительных ресурсов на самой камере, что увеличивает её стоимость – к примеру, камера HIKVISION iDS-2CD7387G0-XS, поддерживающая работу «Fire and Smoke Detection for Hikvision HEOP cameras», имеет стоимость \$379. Возможно обеспечить совместимость с уже имеющейся системой видеонаблюдения, например, «Линия IP».

Программный комплекс Axxon Next [7] представляет возможность обнаружения дыма. Работа с системой организована через веб-браузер. В основе работы модуля детектирования используется нейронная сеть, при этом предъявляются требования к электронной вычислительной машине: операционная система Windows 10 или Windows Server 2019, наличие графического процессора NVIDIA, не хуже GeForce 1050 Ti, поддержка технологии CUDA. Рекомендации для устройств видеосъемки и анализируемой сцены: использование цветных камер с разрешением не менее 640×360 пк, кадровая частота не менее 6 к/мин, площадь дыма не менее 10% области кадра, наличие визуальной различимости дыма и фона. Доступные настройки детектора огня и дыма Axxon Next: определение маски для области детектирования в виде многоугольника, чувствительность и количество обрабатываемых кадров в секунду (рис.4).



Рисунок 4. – Примеры работы детектора дыма системы «Axxon Next» [7]

При обработке как модуль программного обеспечения (ПО) системы видеонаблюдения появляется зависимость от данного ПО, но при этом имеется возможность использовать существующие камеры. При обработке на отдельном устройстве имеется возможность обеспечить совместимость как с уже имеющимися камерами, так и с уже имеющейся системой видеонаблюдения. Сравнение систем представлено в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение существующих решений для обнаружения пожаров на видео

Признак для сравнения	Hikvision/ iThermAi	Fike	Revisorlab	Axxonsoft
Тип	Программное обеспечение для камер	Программно-аппаратный комплекс	ПО для системы видеонаблюдения	ПО для системы видеонаблюдения
Определение типа дыма	+	+	-	-
Обнаружение саботажа	-	-	+	+
Устройство, обрабатывающее видеопоток	Камера	Камера	Сервер	Сервер
Генерация логического сигнала для интеграции с пожарной сигнализацией	-	+	-	-
Поддержка камер	Hikvision HEOP	SigniFire IP	Подключаемые по протоколам ONVIF, PSIA и RTSP	Подключаемые по протоколам RTSP, ONVIF и другие протоколы
Интеграция с системой видеонаблюдения	HikCentral Professional VMS	Fike SpyderGuard	Revisor	Axxon Next

Заключение. Системы визуального обнаружения дыма обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими датчиками дыма, в частности возможностью работы на открытой местности и возможность

использования существующей инфраструктуры для видеонаблюдения. Основным недостатком существующих решений является их закрытость, большинство решений имеют поддержку камер только одного производителя. Кроме этого, из рассмотренных все решения совместимы только с одной системой видеонаблюдения, что усложняет и удорожает внедрение системы обнаружения дыма в уже существующую систему видеонаблюдения, поскольку такой переход может потребовать замены камер и/или ПО для системы видеонаблюдения. Данный недостаток может быть устранен путём реализации системы обнаружения дыма в виде отдельного устройства или программы, обрабатывающей видео с камеры и отправляющей существующей системе видеонаблюдения дополненное результатом анализа на наличие дыма видео.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымовые пожарные извещатели: типы и принцип работы. — Режим доступа: <https://www.unitest.ru/about/publication/dymovye-pozharnye-izveshchateli.html>. — Дата доступа: 12.02.2025.
2. Разработка аппаратно-программного комплекса дистанционного обнаружения пожаров / Л. В. Катковский [и др.] // Технологии безопасности. - 2012. № 1. С. 43–45.
3. Adamovskiy, Y., Bohush, R. Real-Time Algorithm for Light Gray Smoke Detection in Video Sequences. In: 8th International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE2024). Lecture Notes in Electrical Engineering, 2024. – vol. 1252. – P. 535-542
4. Fire and Smoke Detection for Hikvision HEOP cameras. — Режим доступа: <https://tpp.hikvision.com/solution/SolutionDetail?Id=255&v=en>. — Дата доступа: 12.02.2025.
5. Fike SigniFire. — Режим доступа: <https://www.orrprotection.com/manufacturers/fike/video>. — Дата доступа: 12.02.2025.
6. Система видеодетекции дыма и огня. — Режим доступа: <https://www.revisorlab.com/rus/modules.fire-smoke-detection>. — Дата доступа: 12.02.2025.
7. Детекторы огня и дыма. — Режим доступа: <https://docs.itvgroup.ru/confluence/spaces/next46ru/pages/198801600/Детекторы+огня+и+дыма>. — Дата доступа: 12.02.2025.

УДК 004.421.2:519.683

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
АЛГОРИТМОВ ГЕНЕРАЦИИ
ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР В СРЕДЕ MATLAB**

**Н. М. ШАРИПА, Т. А. РОЩУПКИН
(Представлено: К. И. ИВАНОВА)**

Оптимизация вычислительной производительности алгоритмов генерации фрактальных структур в среде MATLAB представляет критически важную задачу. В статье рассматриваются методы повышения эффективности рекурсивных алгоритмов на примере построения снежинки Коха, включая предварительное выделение памяти, векторизацию операций и минимизацию избыточных вычислений. Приведены сравнительные характеристики времени выполнения и потребления памяти для различных подходов.

Цель данной статьи – систематизировать практические приемы оптимизации кода в MATLAB для данной задачи, количественно оценить их эффективность и показать применение на реальном примере.

Генерация фракталов относится к классу вычислительно сложных задач из-за своей рекурсивной природы и экспоненциального роста количества обрабатываемых элементов с каждой итерацией. Наивная реализация алгоритмов, характерная для начального этапа разработки, приводит к следующим проблемам:

- Динамическое расширение массивов: частое использование операций конкатенации $([a; b])$ в цикле заставляет MATLAB постоянно запрашивать новые блоки памяти и копировать в них данные, что потребляет огромное количество времени.
- Избыточные вычисления: повторное вычисление одних и тех же констант (например, $\sin(\pi/3)$, $\sqrt{3}/2$) внутри циклов.
- Сложность отладки и тестирования: низкая производительность делает невозможным быстрое тестирование алгоритма с большим количеством итераций, что критично для исследований.

Методы решения обозначенных проблем

1. Предварительное выделение памяти:

Перед началом цикла создается массив максимально необходимого размера, заполненный нулями (`zeros()`).

Преимущество: MATLAB не тратит время на повторное выделение памяти и копирование данных. Доступ к элементам по индексу (`array(i) = value`) является одной из самых быстрых операций.

Реализуется при помощи расчета общего числа точек для n итераций по формуле для кривой Коха:

$$N_{\text{points}} = 3 * (4^n) + 1.$$

2. Векторизация операций:

Основной смысл заключается в замене циклов (`for`, `while`) на операции с целыми массивами и матрицами. MATLAB оптимизирован для работы с матрицами.

Преимущество: избегание накладных расходов интерпретатора на каждой итерации цикла.

Реализуется выполнением арифметических операций над векторами и использование поэлементного умножения.

3. Минимизация избыточных вычислений:

Этот метод заключается в вынесение всех вычислений, результат которых не меняется в цикле, за его пределы.

Преимущество: сокращение количества операций.

Реализовать можно, используя предварительный расчет констант (например, $\cos 60 = \cos(\pi/3)$).

4. Оптимизация математических операций:

Замена тяжелых функций на их приближенные значения, если это допустимо точностью задачи.

Преимущество: ускорение вычислений.

В данном случае для реализации $\cos(\pi/3)$ и $\sin(\pi/3)$ заменяются на константы 0,5 и $\sqrt{3}/2$ соответственно.

Для наглядности ниже представлены таблицы с результатами профилирования кода до и после оптимизации. Замеры проводились на компьютере с процессором Intel Core i7-1165G7 для 6 итераций построения снежинки Коха.

Сравнение времени выполнения и использования памяти находится в таблице 1, а вклад различных методов оптимизации в таблице 2.

Таблица 1. – Сравнение времени выполнения и использования памяти

Метод реализации	Время выполнения (с)	Потребление памяти (МБ)	Относительное ускорение
Наивный подход (с конкатенацией)	2,45	~2,1	1x (Базовый уровень)
Предварительное выделение	0,31	~0,8	~8x
Векторизация и предвычисление	0,12	~0,8	~20x

Таблица 2. – Вклад различных методов оптимизации

Оптимизация	Вклад в общее ускорение	Основной эффект
Предварительное выделение памяти	~80%	Устранение накладных расходов на управление памятью
Предвычисление констант	~15%	Сокращение количества операций в цикле
Векторизация арифметики	~5%	Более эффективное использование процессора

Вывод по таблицам – наибольший вклад в повышение производительности вносит корректная работа с памятью.

Практическое применение

Рассмотрим поэтапную оптимизацию функции построения снежинки Коха.

Шаг 1: исходный (наивный) код

```
function points = koch_snowflake_naive(n)
    points = [0, 0; 1, 0; 0.5, sqrt(3)/2; 0, 0];
    for i = 1:n
        new_points = [];
        for j = 1:size(points, 1)-1
            p1 = points(j, :);
            p2 = points(j+1, :);

            new_points = [new_points; p1];
            new_points = [new_points; p1 + (p2 - p1)/3];

            % Медленное вычисление внутри цикла
            mid = p1 + (p2 - p1)/2;
            vec = (p2 - p1)/3;
            rot_vec = [vec(1)*cos(pi/3) - vec(2)*sin(pi/3), ...
                       vec(1)*sin(pi/3) + vec(2)*cos(pi/3)];
            new_points = [new_points; p1 + (p2 - p1)/3 + rot_vec];

            new_points = [new_points; p1 + 2*(p2 - p1)/3];
        end
        new_points = [new_points; points(end, :)];
        points = new_points;
    end
end
```

Основными недостатками данного кода являются: динамическая конкатенация, повторные вычисления sin/cos, отсутствие предвыделения.

Шаг 2: полностью оптимизированный код

```
function points = koch_snowflake_optimized(n)
```

```
% 1. Предвычисление констант
cos60 = 0.5; % cos(pi/3)
sin60 = sqrt(3)/2; % sin(pi/3)
one_third = 1/3;
two_thirds = 2/3;
```

```
% 2. Предварительное выделение памяти
```

```
total_points = 3 * (4^n) + 1;
points = zeros(total_points, 2);
```

```

% Инициализация начальным треугольником
points(1:4, :) = [0, 0; 1, 0; 0.5, sqrt(3)/2; 0, 0];
current_size = 4;
for iter = 1:n
    % 3. Расчет размера для нового массива и его предвыделение
    new_size = 4 * (current_size - 1) + 1;
    new_points = zeros(new_size, 2);
    new_index = 1;

    for j = 1:current_size - 1
        p1 = points(j, :);
        p2 = points(j+1, :);
        vec = p2 - p1; % Вектор между точками

        % 4. Запись данных по индексу (быстрее конкатенации)
        new_points(new_index, :) = p1;
        new_points(new_index + 1, :) = p1 + one_third * vec;

        % 5. Использование предвычисленных констант
        rot_vec = [vec(1)*cos60 - vec(2)*sin60, ...
                   vec(1)*sin60 + vec(2)*cos60] * one_third;
        new_points(new_index + 2, :) = p1 + one_third * vec + rot_vec;
        new_points(new_index + 3, :) = p1 + two_thirds * vec;

        new_index = new_index + 4;
    end
    new_points(new_index, :) = points(current_size, :); % Last point
    points = new_points;
    current_size = new_size;
end
end

```

Заключение. Применение системного подхода к оптимизации кода в MATLAB позволяет добиться значительного (в десятки раз) повышения производительности даже для сложных рекурсивных алгоритмов. Ключевым фактором является правильное управление памятью за счет ее предварительного выделения. Представленные методы носят универсальный характер и могут быть успешно применены для ускорения широкого круга вычислительных задач в среде MATLAB, особенно связанных с обработкой больших массивов данных и итерационными процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. MATLAB help center [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [Programming and Scripts - MATLAB & Simulink](#) – Дата доступа: 12.09.2025.
2. MATLAB. Основы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> – Дата доступа: 12.09.2025.
3. ГОСТ 7.1-2003 БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ. БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ Общие требования и правила составления Хабр оптимизация кода MATLAB. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/129550/> – Дата доступа: 12.09.2025

УДК 004.514

СПОСОБЫ КОНВЕРТАЦИИ ТЕКСТА В PDF-ДОКУМЕНТАХ В ФОРМАТ SVG (МАСШТАБИРУЕМОЙ ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ)

Е. И. ЮРЧИШКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)

Описаны особенности форматов документов PDF и SVG с акцентом на представление текстового содержимого и векторной графики. Приводится функциональная структура возможного механизма конвертации текста из PDF-документов в формат двумерной векторной графики SVG. Описывается принятая концепция обработки метаданных текста, анализа шрифтов и построения векторных контуров глифов с сохранением позиционирования и визуальных атрибутов. Представлена диаграмма потоков данных для возможного программного решения поставленной задачи конвертации.

Введение. форматы документов играют ключевую роль в обмене информацией, хранении данных и представлении контента. Среди множества существующих форматов особое место занимают PDF (Portable Document Format), разработанный компанией Adobe, стал де-факто стандартом для распространения документов, поскольку обеспечивает сохранение внешнего вида независимо от платформы и устройства [1].

SVG, в свою очередь, представляет собой XML-основанный векторный формат, предназначенный для отображения двумерной графики в вебе и других средах, где важны масштабируемость и редактируемость [2]. В определённых сценариях возникает необходимость преобразования текстового содержимого из PDF в SVG – например, при визуализации документов в веб-приложениях, при подготовке графики для интерактивных интерфейсов или при создании редактируемых версий печатных материалов.

Постановка задачи. В PDF-документе текст может храниться по-разному: как обычный текстовый поток с привязкой к шрифтам, как векторные контуры (например, после экспорта из графических редакторов), или даже как растровое изображение. Для успешного извлечения текста и его последующей конвертации в SVG необходимо определить, в каком виде текст присутствует в исходном документе. Если текст сохранён как текстовый объект с метаданными о шрифтах и позиционировании, задача значительно упрощается. Однако если текст представлен в виде векторных контуров без семантической информации, процесс становится сложнее и может потребовать применения методов компьютерного зрения или оптического распознавания символов (OCR).

SVG, в отличие от PDF, является чисто векторным форматом, ориентированным на описание графических примитивов: линий, кривых, прямоугольников, текстовых блоков и т.д. Текст в SVG может быть представлен либо как элемент `<text>` с указанием шрифта, размера и координат, либо как набор векторных путей (`<path>`), описывающих форму каждого символа. Преобразование текста из PDF в SVG может преследовать разные цели: если требуется сохранить возможность редактирования текста, предпочтительно использовать `<text>`; если же важна точная визуальная реплика без зависимости от системных шрифтов, то текст следует конвертировать в векторные пути.

Для реализации механизма конвертации текста из PDF в SVG целесообразно использовать языки программирования высокого уровня, такие как Python, JavaScript, Java или C#. Эти языки обладают богатыми экосистемами библиотек и фреймворков, которые значительно упрощают работу с документами

и графикой. Python, например, предлагает такие инструменты, как `pdfplumber`, `PyMuPDF` (также известный как `fitz`), `pdfminer.six` для извлечения текста и метаданных из PDF, а также `svgwrite`, `cairosvg`, `reportlab` для генерации SVG. JavaScript, особенно в контексте Node.js, предоставляет библиотеки вроде `pdf-lib`, `pdf2json`, `svg.js`, `canvg`, что делает его удобным выбором для веб-ориентированных решений. Java и C# также имеют подходящие библиотеки – `Apache PDFBox` и `iText` для работы с PDF, а также `Batik` и `SkiaSharp` для генерации SVG.

В случае, если PDF содержит текст, уже преобразованный в векторные контуры (например, при экспорте из Adobe Illustrator), задача сводится к извлечению этих контуров и их переносу в SVG. Библиотека PyMuPDF позволяет получать векторные команды (линии, кривые Безье) из PDF-страницы, что упрощает прямое преобразование в SVG-пути. Здесь важно сохранить иерархию объектов и стили (цвет заливки, обводки, прозрачность), чтобы визуальное представление осталось неизменным.

Особую сложность представляет обработка многостраничных PDF-документов. SVG, в отличие от PDF, не имеет встроенной поддержки нескольких страниц. Поэтому при конвертации многостраничного PDF в SVG возможны два подхода: либо генерировать отдельный SVG-файл для каждой страницы, либо объединить все страницы в один SVG-документ с использованием групп (`<g>`) и смещений по вертикали или горизонтали. Первый подход проще и чаще используется, особенно в веб-приложениях, где каждая страница может загружаться по отдельности.

Ещё одним важным аспектом является обработка шрифтов. В PDF шрифты могут быть встроены полностью или частично (subset), что означает, что в документе присутствуют только те глифы, которые используются в тексте. При конвертации в SVG необходимо либо включить эти шрифты в виде векторных путей, либо обеспечить их доступность в среде отображения. Веб-стандарты позволяют встраивать шрифты в SVG с помощью элемента `<defs>` и `@font-face`, однако это увеличивает размер файла и не всегда поддерживается всеми рендерерами. Поэтому наиболее надёжным решением остаётся преобразование текста в пути.

При реализации механизма конвертации на языке высокого уровня следует также учитывать производительность и масштабируемость. Обработка больших PDF-документов может быть ресурсоёмкой, особенно если требуется точное воспроизведение векторной графики. Оптимизация может включать в себя параллельную обработку страниц, кэширование шрифтов, минимизацию SVG-выхода и использование потоковой обработки вместо загрузки всего документа в память.

Механизм конвертации в формат SVG на языке программирования C#. Выбор данного языка программирования актуален в экосистеме .NET, где разработчики часто сталкиваются с задачами обработки документов в корпоративных приложениях, системах электронного документооборота, а также в решениях, ориентированных на Windows-платформу.

В экосистеме .NET наиболее популярными библиотеками для работы с PDF являются *iTextSharp* (сейчас переименована в *iText 7 for .NET*), *PdfiumViewer*, *PDFsharp*, а также коммерческие решения вроде *Aspose.PDF for .NET* и *Syncfusion PDF Library*. Для задачи извлечения не только текста, но и точных координат его размещения, а также информации о шрифтах, наиболее подходящей является *iText 7* или *Aspose.PDF*, так как они предоставляют низкоуровневый доступ к содержимому страниц.

Например, с использованием *iText 7* можно реализовать персонализированный обработчик событий `IEventListerner`, который перехватывает все текстовые операции при рендеринге страницы [3]. Внутри обработчика события `Event` можно получить объекты типа `TextRenderInfo`, содержащие:

- Строку текста (`GetText()`).
- Координаты базовой линии (`GetBaseline()`).
- Информацию о шрифте (`GetFont()`).
- Цвет текста (`GetFillColor()`).

Эти данные позволяют точно воссоздать положение и внешний вид текста в целевом SVG-документе.

В качестве альтернативы, *Aspose.PDF* предлагает более высокуюровневый API: через вызов объекта `TextFragmentAbsorber` можно извлечь все фрагменты текста на странице вместе с их параметрами, такими как: позиция, размер шрифта, наименование шрифта, колер начертания и другими свойствами.

Одна из ключевых проблем при конвертации – это корректная обработка шрифтов. В PDF шрифты могут быть:

- Стандартными (например, *Helvetica*, *Times-Roman*).
- Встроенным (embedded), в том числе частично (subset).
- Не встроенным (тогда рендерер полагается на системные шрифты).

Если шрифт не встроен в PDF, то при конвертации в SVG возникает риск того, что на целевом устройстве он будет отображён иначе или заменён на шрифт по умолчанию, что нарушит визуальную целостность документа. Чтобы избежать этого, рекомендуется конвертировать текст в векторные контуры (*glyph paths*).

В C# для получения контуров глифов можно использовать *SharpFont* – обёртка над библиотекой *FreeType*, позволяющая загружать TTF/OTF-файлы и извлекать векторные пути символов; *System.Windows.Media* (в WPF) – через *GlyphTypeface* и *GetGlyphOutline()*, но это требует наличия WPF и работает только в операционной системе Windows; *SkiaSharp* – кроссплатформенная библиотека от Google, которая предоставляет доступ к шрифтам и позволяет рендерить текст в векторные пути через *SKPath*.

Практически, наиболее универсальным решением является *SkiaSharp*, особенно если приложение должно работать на Linux или macOS. С его помощью можно.

Для представления текста в SVG существуют два основных подхода: текстовые элементы (`<text>`) – компактны, редактируемы, но зависят от доступности шрифтов, векторные пути (`<path>`) – не зависят от шрифтов, точно воспроизводят форму, но увеличивают размер файла и делают текст нечитаемым для поиска или копирования.

Если цель – максимальная точность, предпочтительно вручную формировать SVG с использованием *XmlWriter*, вставляя `<path>` для каждого символа. Координаты путей берутся из *SKPath*, а трансформации (масштаб, поворот) применяются на основе данных из PDF (*TextMatrix*).

Важно учитывать систему координат: в PDF начало координат находится в нижнем левом углу, тогда как в SVG – в верхнем левом. Поэтому при переносе координат необходимо инвертировать ось Y по следующей формуле:

$$svgY = pageHeight - pdfY.$$

Ниже приведен пример диаграммы потоков данных на языке UML, иллюстрирующий систему (приложение, реализующее функционал конвертера текста из PDF-документа в формат SVG), как совокупность процессов, потоков данных и их взаимодействие с внешними сущностями. Внешняя сущность представлена в виде пользователя системы, который в качестве потока данных предоставляет файл формата PDF, который используется в процессе парсинга (происходит извлечение текстовых объектов, координат, шрифтов, цветов). Далее структурированные данные о тексте попадают в хранилище. Ранее извлеченная информация о шрифтах (или одном шрифте) используется в процессе анализа и обработки. Данный процесс определяет, встроен ли шрифт в PD. Если шрифт недоступен – инициирует конвертацию в векторные контуры, при необходимости извлекает встроенные шрифты как временные TTF/OTF. Это два наиболее распространенных формата цифровых шрифтов, используемых в операционных системах, графических редакторах, веб-браузерах и программном обеспечении для отображения текста. Оба формата описывают визуальное представление символов (букв, цифр, знаков препинания и т.д.) с помощью векторной графики. Далее происходит непосредственно генерация векторных кривых и массив из полученных данных используется для формирования итогового документа SVG-формата, который получает пользователь системы.

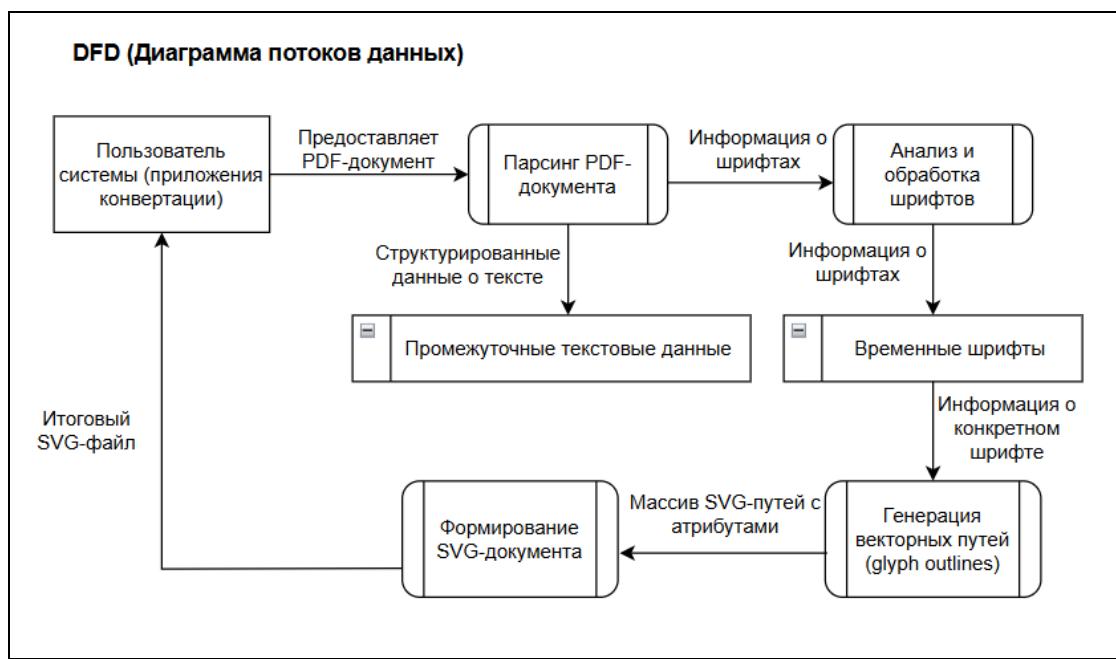


Рисунок 1. – Диаграмма потоков данных для приложения-конвертера

Для практического применения механизма преобразования текста из PDF в SVG особенно эффективным решением является создание настольного приложения с графическим интерфейсом, ориентированного на пользователей операционной системы Windows. В экосистеме .NET такой задаче идеально соответствует технология Windows Presentation Foundation (WPF) – современный фреймворк для построения богатых клиентских приложений с высокой степенью кастомизации интерфейса и глубокой интеграцией с другими компонентами платформы [4].

WPF предоставляет не только гибкие средства визуального проектирования, но и мощную архитектурную основу, позволяющую отделить логику обработки данных от представления. Это особенно важно в контексте конвертации документов, где необходимо управлять сложными процессами – от выбора входного файла до поэтапной обработки страниц, анализа шрифтов и генерации векторного вывода. Благодаря поддержке асинхронного программирования, привязки данных (data binding) и команд, WPF позволяет реализовать отзывчивый интерфейс, который не «зависает» даже при обработке объемных PDF-документов.

Архитектура типичного конвертера на WPF строится вокруг нескольких ключевых компонентов. Во-первых, это модуль выбора файла, реализованный через стандартный диалог операционной системы, что обеспечивает привычный пользовательский опыт. Во-вторых, ядро приложения содержит логику конвертации, инкапсулированную в отдельный сервис или статический класс, отвечающий за оркестрацию взаимодействия между библиотеками обработки PDF и генерации SVG. Такой подход способствует тестируемости и повторному использованию кода. В-третьих, интерфейс включает визуальные индикаторы прогресса и состояния – текстовые сообщения, кнопки с динамической активацией, а в продвинутых версиях – прогресс-бары или превью результата.

Заключение. Преобразование текстового содержимого PDF-документов в формат двумерной векторной графики SVG представляет собой нетривиальную, но практически значимую задачу, находящую применение в самых разных областях – от веб-визуализации и цифровых архивов и до систем электронного документооборота. В ходе исследования было упомянуто, что наиболее важно при конвертации сохранить визуальную идентичность исходного документа. Это возможно лишь при точном извлечении не только самого текста, но и его метаданных – позиции, размера, цвета, трансформаций и, что особенно важно, информации о шрифтах. В случае отсутствия гарантий доступности оригинальных шрифтов в целевой среде наиболее надёжным подходом становится конвертация текста в векторные контуры, что обеспечивает полную независимость от системных ресурсов и абсолютную точность отображения.

Языки программирования высокого уровня, и в особенности C# в экосистеме .NET, предоставляют разработчикам мощный инструментарий для решения подобных задач. Благодаря большому выбору возможных библиотек, таких как *iText 7*, *Aspose.PDF*, *PdfPig* для анализа PDF и *SkiaSharp*, *SharpFont* или встроенных средств WPF для работы с векторной графикой, становится возможным построение системы (приложения) с требующимся функционалом. При этом архитектура приложения может быть адаптирована под конкретные требования: от простого консольного утилитарного инструмента до полноценного настольного приложения с графическим интерфейсом на базе WPF.

Важно подчеркнуть, что успешная реализация механизма конвертации – это не только техническая задача, но и баланс между точностью, производительностью и удобством использования. Выбор между представлением текста как редактируемого элемента или как неизменяемого векторного пути, обработка многостраничных документов, управление памятью при работе с большими файлами, корректная обработка встроенных шрифтов – всё это требует взвешенных архитектурных решений и внимания к деталям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adobe Systems Incorporated. PDF Reference, Sixth Edition, Version 1.7. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://opensource.adobe.com/dc-acrobat-sdk-docs/pdfstandards/pdfreference1.7old.pdf>. – Дата доступа: 15.09.2025.
2. World Wide Web Consortium (W3C). Scalable Vector Graphics (SVG) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/SVG2/>. – Дата доступа: 15.09.2025;
3. iText Software. iText 7: Core and Add-ons Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://itextpdf.com/itext-suite-net-c>. Дата доступа: 16.09.2025 – 21.09.2025;
4. Microsoft. Windows Presentation Foundation (WPF) Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/>. Дата доступа: 22.09.2025.

УДК 004.514

РЕАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПРИЛОЖЕНИЯ-КОНВЕРТЕРА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕКСТА В PDF-ДОКУМЕНТЕ В ВЕКТОРНЫЕ КРИВЫЕ

Е. И. ЮРЧИШКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)

Рассматриваются особенности форматов документов PDF и SVG с акцентом на представление текстового содержимого и векторной графики. Формулируется задача конвертации текста из статического PDF в масштабируемую векторную графику SVG с сохранением визуальной идентичности. Предлагается архитектура настольного приложения на платформе WPF (Windows Presentation Foundation), реализующего комбинированный подход к обработке текста: прямое извлечение векторных контуров при их наличии в PDF и генерация глифов на основе системных шрифтов в случае текстовых операторов. Описывается многослойная структура решения с применением паттерна MVVM (Model-View-ViewModel), а также ключевой алгоритм преобразования символов в векторные кривые с нормализацией имён шрифтов и конечной сериализацией в элементы <path>.

Введение. Формат PDF (Portable Document Format), несмотря на свою универсальность и широкое распространение, является в первую очередь статическим: он отлично сохраняет внешний вид документа, но затрудняет его дальнейшую интерактивную обработку. В то же время формат SVG (Scalable Vector Graphics) предлагает обратное – динамичную, редактируемую и масштабируемую векторную графику, идеально подходящую для интеграции в веб-приложения, цифровые архивы и интерактивные интерфейсы.

Задача преобразования текстового содержимого PDF в SVG возникает в различных сценариях: от создания веб-версий печатных каталогов до подготовки документов для систем оптического анализа и визуализации. Однако прямая конвертация сталкивается с рядом технических сложностей: различия в системах координат, отсутствие гарантий доступности шрифтов, необходимость точного воспроизведения позиционирования и стилей текста. Особенно критичным становится вопрос шрифтов: если в PDF используется встроенный или редкий шрифт, его отображение в SVG без потери визуальной идентичности возможно только при конвертации текста в векторные контуры.

Постановка задачи. Целью исследования является разработка архитектуры для специализированной настольной утилиты, реализующей механизм конвертации текста из PDF в SVG. Выбор следующих технологий для разработки приложения обоснован требованиями к наличию удобного пользовательского графического интерфейса, а также хорошей совместимостью с операционной системой Windows: платформа Windows Presentation Foundation (WPF) с использованием языка C# и современных .NET-библиотек. Основной акцент сделан на архитектурной чистоте, производительности и удобстве использования. В статье подробно описывается выбранная архитектура приложения, логика взаимодействия компонентов, а также ключевой алгоритм – преобразование символов в векторные кривые с сохранением всех визуальных атрибутов. WPF предоставляет комплексный набор функций разработки приложений, которые включают в себя язык XAML, элементы управления, привязку к данным, макет, двумерную и трехмерную графику, анимацию, стили, шаблоны, документы, мультимедиа, текст и типографические функции [1].

Выбор архитектуры приложения. При проектировании приложения-конвертера особое внимание должно уделяться модульности, тестируемости и масштабируемости. Для удовлетворения данным критериям следует использовать архитектуру, разделяющую приложение на следующие слои: представление (Presentation Layer), бизнес-логика (Application Layer).

Слой представления должен быть реализован с использованием WPF и паттерна MVVM (Model-View-ViewModel). Это позволит полностью отделить логику интерфейса от визуального отображения, обеспечив гибкость при изменении дизайна и упростив автоматизированное тестирование. ViewModel отвечает за управление состоянием UI: активацию кнопок, отображение прогресса, обработку ошибок. Привязки данных (data binding) и команды (ICommand) обеспечивают декларативное взаимодействие между компонентами архитектурного паттерна View и ViewModel без прямых ссылок на элементы управления.

Слой View реализуется в XAML (декларативный язык разметки на основе XML, разработанный Microsoft, который используется для создания пользовательских интерфейсов (UI) приложений, в частности, для технологий Windows Presentation Foundation (WPF) и .NET MAUI) и содержит минимальную логику: элементы управления (поле ввода пути, кнопки) связаны с ViewModel через механизм привязок данных (data binding). Все пользовательские действия (выбор файла, запуск конвертации) передаются через команды (ICommand), что исключает прямую зависимость от кода интерфейса.

Слой ViewModel управляет состоянием UI: путь к файлу, статус операции, активность элементов управления. Он не содержит логики обработки документов, а лишь делегирует задачи сервису конвертации, что соответствует принципу инверсии зависимостей.

Ядро приложения – сервис конвертации – инкапсулирует всю сложность: открытие PDF, анализ его структуры, выбор режима обработки, генерацию SVG и управление ресурсами. Сервис проектируется как независимый от UI компонент, что позволяет легко интегрировать его в другие типы приложений (например, консольные утилиты или веб-сервисы).

Особое внимание должно быть уделено производительности и отзывчивости интерфейса. Все ресурсоёмкие операции следует выполнять асинхронно с использованием `async/await`, а обновление статуса – через интерфейс `IProgress<T>`, что гарантирует потокобезопасное взаимодействие с UI без блокировок. Асинхронность позволяет вынести отдельные задачи из основного потока в специальные асинхронные методы и при этом более экономно использовать потоки. Хорошая аналогия, позволяющая лучше понять суть асинхронных методов, — кнопки «пауза» и «воспроизведение». Когда выполняющий поток добирается до выражения `await`, он нажимает кнопку «пауза» и выполнение метода приостанавливается. А когда задача, на которой вы ждали, завершается, он нажимает кнопку «воспроизведение» и выполнение метода возобновляется [2]. Управление памятью осуществляется строго через `IDisposable` и `using`-декларации, что предотвращает утечки даже при обработке крупных документов.

Алгоритм преобразования текста в векторные кривые. Одной из ключевых сложностей при преобразовании текстового содержимого PDF-документов в формат SVG является обеспечение визуальной идентичности результата независимо от среды отображения. Эта задача особенно обостряется в случаях, когда исходный PDF использует специализированные или нестандартные шрифты, которые могут отсутствовать на целевом устройстве. Для решения данной проблемы был разработан комбинированный подход, основанный на анализе структуры PDF и адаптивной стратегии генерации векторного вывода. PDF-файл иногда тоже является векторным файлом. Это зависит от того, как был создан PDF-файл и были ли его слои выровнены при его создании [3].

Центральной идеей предложенного метода является разделение обработки на два взаимодополняющих режима, в зависимости от способа представления текста в исходном документе.

Первый режим применяется в случае, если текст в PDF уже представлен в виде векторных графических примитивов – то есть был «запечён» в документ как набор контуров (например, при экспорте из графических редакторов вроде Adobe Illustrator или при применении операции «обводки текста»). В этом сценарии PDF-парсер извлекает непосредственно последовательности графических операций: перемещения, линии, кривые Безье и команды замыкания контуров. Эти данные транслируются в SVG-совместимый формат без каких-либо интерпретаций, что гарантирует абсолютную точность воспроизведения оригинального изображения. Такой подход не зависит от наличия шрифтов и обеспечивает сто процентную идентичность, поскольку обрабатывается не семантический текст, а его визуальная форма.

Второй режим активируется, когда PDF содержит текст в виде семантических текстовых операторов, сопровождаемых метаданными о шрифте, размере, позиции и цвете. В этом случае система извлекает строковое содержимое и информацию о шрифте, включая его имя. Далее выполняется попытка загрузить соответствующий шрифт из операционной системы. Для повышения вероятности совпадения проводится нормализация имени шрифта – удаление технических префиксов (например, AAAA+), характерных для подмножеств (subsets), встроенных в PDF. Если шрифт обнаружен, он используется для генерации векторных контуров глифов. В противном случае применяется стратегия замены на визуально близкий системный шрифт (например, Arial для сан-серифных или Times New Roman для серифных начертаний).

Независимо от выбранного режима, финальный результат всегда представляется в SVG-формате в виде элементов `<path>`, а не текстовых блоков `<text>`. Это принципиальное решение обеспечивает полную независимость от шрифтовых ресурсов на стороне потребителя и гарантирует, что документ будет отображаться одинаково на любом устройстве и в любом браузере. Хотя такой подход увеличивает объём выходного файла, он оправдан в сценариях, где критически важна точность визуального воспроизведения.

Для реализации данного подхода предлагается open-source библиотека PdfPig, предоставляющая детальный доступ как к текстовым, так и к графическим слоям PDF-документа. Её использование позволяет избежать лицензионных ограничений коммерческих решений и обеспечить прозрачность обработки. Генерация векторных контуров с данным инструментарием может осуществляться с помощью кроссплатформенной графической библиотеки SkiaSharp, которая поддерживает высокоточное построение глифов на основе системных шрифтов. Skia – это библиотека 2D-графики с открытым исходным кодом, предоставляющая общие API, работающие на различных аппаратных и программных платформах [4].

Заключение. Разработанная архитектура приложения-конвертера решает фундаментальную проблему межформатной трансформации документов – сохранение визуальной идентичности текста при переходе от статического PDF к динамическому SVG. Предложенный комбинированный подход, учиты-

вающий как векторное, так и семантическое представление текста в исходном документе, обеспечивает максимальную точность результата в широком спектре сценариев. Использование open-source библиотек PdfPig и SkiaSharp позволяет избежать лицензионных ограничений, сохраняя при этом высокое качество обработки.

Архитектура на основе WPF и паттерна MVVM гарантирует чёткое разделение ответственности между пользовательским интерфейсом и бизнес-логикой, что повышает тестируемость, сопровождаемость и потенциал для дальнейшего расширения функционала. Асинхронная обработка и строгое управление ресурсами обеспечивают стабильную работу даже с объёмными документами, а представление текста исключительно в виде векторных путей (<path>) делает итоговый SVG полностью независимым от шрифтовых ресурсов целевой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Windows Presentation Foundation для .NET [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/wpf/overview/>. – Дата доступа: 24.09.2025.
2. Асинхронное программирование - Await – пауза и воспроизведение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/archive/msdn-magazine/2011/october/asynchronous-programming-pause-and-play-with-await>. – Дата доступа: 24.09.2025;
3. Как конвертировать PDF в векторное изображение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pdf.wondershare.com.ru/pdf-knowledge/convert-pdf-to-vector.html>. Дата доступа: 27.09.2025 – 21.09.2025;
4. Documentation Skia [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skia.org/docs/>. Дата доступа: 28.09.2025.

МАШИНОСТРОЕНИЕ**УДК 159.944.3****ОЦЕНКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА СВАРЩИКА
С ПОДБОРОМ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ****A. В. ДРАГАРАДОВ***(Представлено: д-р техн. наук, проф. В. П. ИВАНОВ)*

Статья посвящена оценке психосоциальных рисков сварщиков. Разработан и апробирован набор психологических тестов для объективной оценки уровня стресса, тревожности и других рисков, что позволяет разработать эффективные меры профилактики.

Ключевые слова. сварочное производство, риск, человеческий фактор, психологический тест, психология.

Введение. Понятие «человеческий фактор» повсеместно используется во таких областях науки, как философия, экономика, психология, экология, менеджмент и промышленность. Впервые данное понятие было использовано Фредериком Уинслоу Тейлером (1856-1911). Человеческий фактор раскрывает человека с разных сторон: как семьинина, гражданина, рабочего, духового, интеллектуального и чувственного человека. Поэтому, человеческий фактор определяется, как постоянно движущаяся сила человека, включающая в себя все способности и их проявления в различных ситуациях и в определенном роде деятельности.

Цель исследования. Игнорирование профессиональных, физиологических, психологических и социальных возможностей и ограничений человека в условиях деятельности людей может являться причиной негативных последствий, губительных для человека. Поэтому, мы должны провести оценку человеческого фактора, чтобы снизить риск во время трудовой деятельности и улучшить условия деятельности работника.

Материалы и методы исследования. анкетирование, наблюдение, интервьюирование, тестирование.

Результаты и их обсуждение. Оценка человеческого фактора сварщика ремонтного производства проведена на базе отдела главного энергетика УО «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой».

В 2018 году участники IX Международной выставки по охране труда и промышленной безопасности А.В. Федосов, А.Н. Хамитова, К.Н. Абдрахманова и Н.Х. Абдрахманов провели исследование концепции психосоциального фактора и риска, а также его влияния на здоровье, безопасность и благополучие работников. Эти понятия следует использовать при оценке условий труда. Психосоциальным риском является вероятность опасного воздействия психосоциальных факторов на здоровье работника через его восприятие, опыт и тяжесть болезненного состояния. Ученые предлагают алгоритм оценки психосоциальных рисков.

Эмпирические коэффициенты определяются путем проведения анкеты, в каждом блоке которой имеются четыре возможные ответы:

1. определенно да (4 балла);
2. скорее всего, да (3 балла);
3. скорее всего, нет (2 балла);
4. определенно нет (1 балл).

Для проведения анкетирования мы применили такие психологические тесты, как:

1. тест О.И. Моткова;
2. шкала сонливости Эпворта;
3. тест Пола Спектора;
4. тест А.Г. Грецова;
5. тест «Семь смертных грехов: Уныние» Ю.В. Щербатых;
6. шкала осложненного горя.

Первичный интегральный показатель предлагается использовать для количественной оценки показателей по четырехбалльной шкале. Он рассчитывается по формуле:

$$\Psi_n = \frac{(a-d)+(b-c)/2}{n}, \quad (1.4)$$

где а – количество респондентов, выбравших ответ «1 балл»;

б – «2 балла»;

с – «3 балла»;

д – «4 балла»;

Н – количество респондентов (N=1 чел).

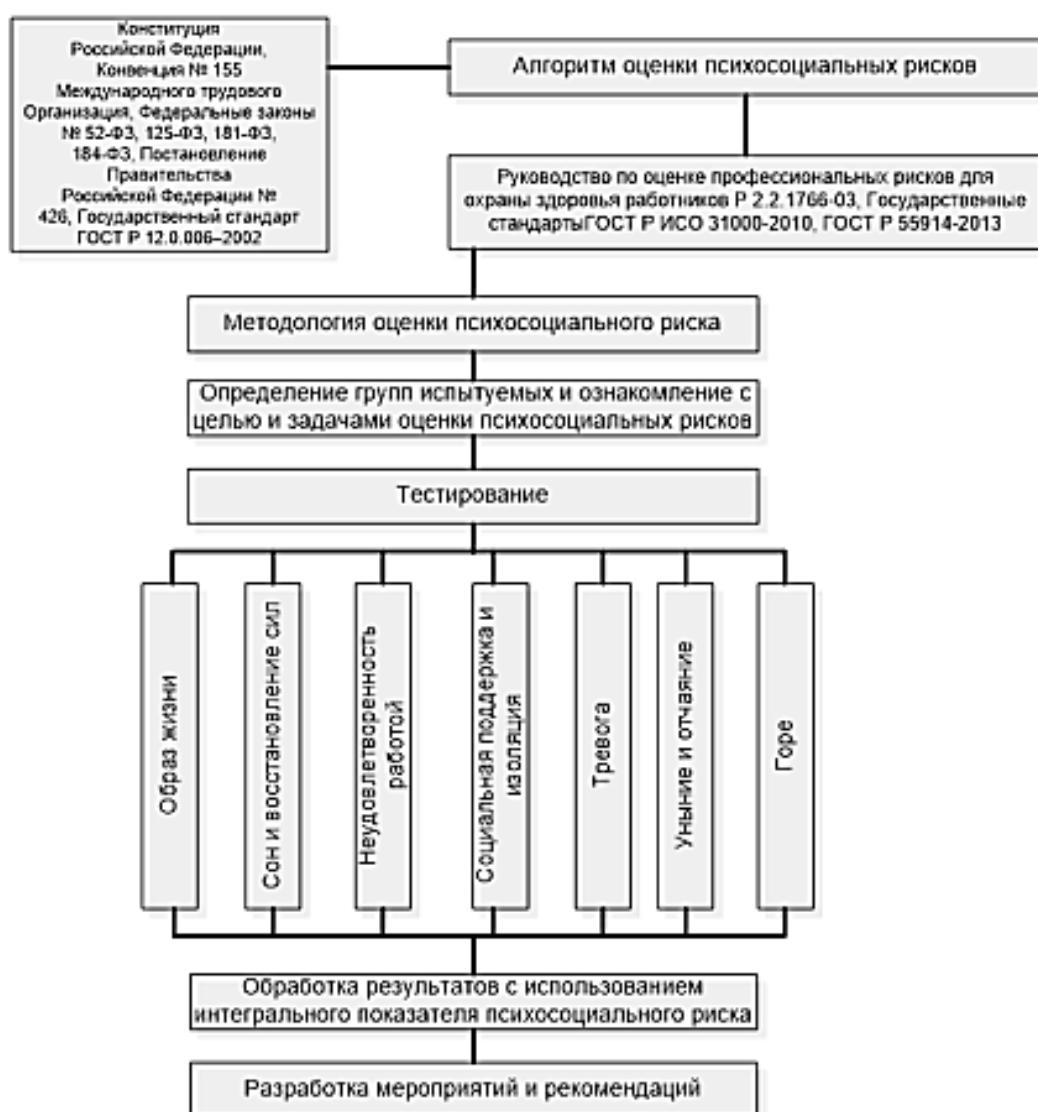


Рисунок 1. – Алгоритм оценки психосоциальных рисков.

Образ жизни: четыре балла «4», два балла «3», один балл «1».

$$\Psi_n = \frac{(1-4) + (0-2)/2}{1} = 2,5 = 3$$

Сон и восстановление сил: три балла «2», два балла «3», два балла «1».

$$\Psi_n = \frac{(2-0) + (3-2)/2}{1} = 1,5$$

Неудовлетворенность работой: пять баллов «4», один балл «2», один балл «3».

$$\Psi_n = \frac{(0-5) + (1-1)/2}{1} = -2,5$$

Социальная поддержка и изоляция: четыре балла «1», два балла «4», один балл «3».

$$\Psi_n = \frac{(4-4) + (0-3)/2}{1} = -1,5$$

Тревога: четыре балла «1», один балл «2», один балл «3».

$$\Psi_n = \frac{(4-0) + (1-1)/2}{1} = 2$$

Уныние и отчаяние: семь баллов «1».

$$\Psi_n = \frac{(1-0) + (0-0)/2}{1} = 0,5$$

Горе: семь баллов «1».

$$\Psi_n = \frac{(1-0) + (0-0)/2}{1} = 0,5$$

Для расчета интегрального показателя психосоциального риска отдельной категории необходимо суммировать первичные интегральные показатели каждого вопроса, включенный в блок:

$$\Psi = \sum_n \Psi_n \quad (1.5)$$

$$\Psi = \sum_n \Psi_n = 3 + 1,5 + (-2,5) + (-1,5) + 2 + 0,5 + 0,5 = 3,5$$

Вывод. Результатирующий интегральный показатель психосоциального риска, по нашим расчетам, равняется 3,5 и соответствует классу условий труда 2 и малому незначительному риску. Меры не требуется, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите.

Заключение. Подбор адекватных психологических тестов позволяет объективно оценить индивидуальные особенности сварщика, влияющие на качество работы. Выявленные корреляции между психологическими профилями и производственными показателями открывают перспективы для разработки персонализированных программ обучения и повышения квалификации. Это, в свою очередь, способствует снижению брака, повышению безопасности и общей эффективности сварочного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гадиева Т.М. «Человеческий фактор»// «Форум молодых ученых», 2018 г. – 6/1 (22) – с. 747-749.
2. Гагарина О.Д. «Человеческий фактор в контексте концепции человеческого потенциала»// «Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации», 2009 г. – №142 – с. 76-80.
3. Маркелова С. В. «Методология оценки влияния человеческого фактора» // Информация и безопасность. – 2015 г. – Т. 18, №1. – с. 107-112.

УДК 614.8.084

АНАЛИЗ И УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СВАРЩИКА РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТДЕЛА ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

A. B. ДРАГАРАДОВ

(Представлено: д-р техн. наук, проф. В. П. ИВАНОВ)

Аннотация. Данная статья рассматривает условия труда сварщика в рабочем помещении на рабочем месте, выявляя факторы, влияющие на их деятельность, а также предлагает рекомендации по улучшению условий труда.

Ключевые слова. сварочное производство, микроклимат, шум, вибрация, сварочные аэрозоли, тяжесть труда, напряженность труда, освещенность

Введение. Одной из важнейших задач предприятий любой отрасли промышленности является контроль и управление охраной труда и промышленной безопасностью, так как от определенных мероприятий зависит безопасность трудовой деятельности.

По данным Международной организации труда, в мире количество смертей, заболеваний и производственных травм возрастает с каждым годом. Ежегодно около 374 млн работников получают производственные травмы и заболевания. Их нетрудоспособность даже в течение короткого промежутка времени оборачивается потерей от 4 до 6% глобального ВВП. От профессиональных заболеваний и травм умирают 2,8 млн работников в год – в среднем 6 тыс. человек ежедневно. Несчастные случаи на производстве становятся причиной порядка 30% смертей. Увеличение количества смертей и случаев производственного травматизма эксперты МОТ связывают с изменением климата, глобальным ростом населения и напряженным режимом работы.

Актуальность работы определяется тем, что в настоящее время количество случаев производственного травматизма в промышленности, согласно официальным статистическим данным, остается недопустимо высоким по сравнению с другими странами. В результате сложившейся ситуации требуется разработка эффективных мер по улучшению условий труда и повышению безопасности.

Постановка задачи. Улучшение условий труда остается одним из важных приоритетных направлений социально-экономической политики в нашей стране. В современных реалиях обеспечение безопасности трудовой деятельности сварщиков является неотъемлемым требованием в промышленной отрасли Республики Беларусь и во многом зависит от эффективности мероприятий по управлению охраной труда.

Вопрос по безопасности в сварочном производстве диктует необходимость проведения оценки риска во время профессиональной деятельности с целью сохранения жизни и здоровья работника на его рабочем месте. Считается, что вредные и опасные производственные факторы влияют на результаты трудовой деятельности и, следовательно, на экономику страны.

Целью нашего научного исследования является улучшение условий труда сварщика ремонтного производства. На основании данной цели мы сформулируем следующие задачи:

1. исследование вредных и опасных факторов во время сварочных работ;
2. исследование источников опасных производственных факторов;
3. подбор методов исследования;
4. планирование мероприятий по улучшению условий труда.

Материалы и методы исследования: анкетирование, интервьюирование, анализ, дедукция, измерение (портативный шумомер ОКТАВА-110А, люксметр-яркометр «ТКА-ПКМ», метеометр МЭС-200А), метод Элмери.

Результаты и их обсуждение. Анализ технологического процесса по сварочным работам проведен на базе отдела главного энергетика УО «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой». Основной вид деятельности ремонтного цеха УО «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» включает в себя:

1. поддержание в исправном состоянии станков, приборов и другого оборудования, используемого в учебном процессе и научных исследованиях;
2. проведение плановых осмотров и работ для предотвращения поломок и аварий;
3. восстановление или замена изношенных или поврежденных конструкций и оборудования;
4. поддержание в надлежащем состоянии фасадов зданий, кровли, внутренних помещений, а также ремонтом инженерных коммуникаций (электроснабжение, водоснабжение, отопление и канализация);
5. благоустройство территории;

6. выполнение заявок от структурных подразделений университета;
7. участие в обеспечении пожарной безопасности и соблюдении правил охраны труда при проведении ремонтных работ.

Благодаря специальной анкете, было выявлено, что во время сварочных работ сварщик подвергается таким вредным и производственным факторам, как:

1. шум (25 % рабочего времени);
2. вибрация (25 % рабочего времени);
3. недостаточная освещенность (75 % рабочего времени);
4. отсутствие естественного освещения (25 % рабочего времени);
5. экстремальные повышенные/ пониженные температуры (25 % рабочего времени);
6. ядовитые пары (75 % рабочего времени);
7. пыль (75 % рабочего времени);
8. опасные машины и механизмы (75 % рабочего времени);
9. монотонность труда (25 % рабочего времени);
10. тяжесть труда (75 % рабочего времени);
11. нехватка работников (75 % рабочего времени).

Рассмотрим подробнее некоторые из производственных факторов. Мы обнаружили, что угловая шлифовальная машина Jonser является источником шума и вибрации, измеряемых в 120...130 дБА. Шум и вибрация такого диапазона могут являться причиной боли и травм органов слуха. Они также приводят к снижению внимания и повышению напряженности труда. В результате снижается производительность труда. Шум замедляет реакцию человека на звуковые сигналы, что способствует возникновению несчастных случаев на производстве. Что касается вибрации, то она может привести к развитию вибрационной болезни из-за разрушительного воздействия на нервную и сердечно-сосудистую системы. Согласно Постановлению Минтруда Республики Беларусь от 22 февраля 2008 г. № 35, шум и вибрация относятся к IV классу условий труда.

Источниками опасных химических факторов являются окись железа, цинк, окись цинка, азот, сероводород, углекислый газ, метан, аммиак. Первые три химические компонента являются источниками пыли, а остальные – из канализационной системы. Окись может вызвать аллергию и содержать токсичные вещества, такие как свинец или кадмий, вызывающие серьезные проблемы с окружающей средой, отравления и онкологические заболевания у человека.

При длительном вдыхании цинковых паров или при попадании цинка в организм через пищу или воду, могут возникнуть такие симптомы, как тошнота, рвота, головокружение, слабость, проблемы с пищеварением. При продолжительном контакте с цинком, есть вероятность хронического отравления, приводящего к серьезным нарушениям работы органов и систем организма. Пыль окиси цинка или пары могут вызвать раздражение дыхательных путей, тяжелый дерматит (оспу окислов). Влияние высоких доз пыли и паров вызывает металлический привкус и симптомы, подобные признакам ротавирусной инфекции. Сероводород воздействует на нервную систему, вызывая сильные головные боли, судороги и приводя к коме. Смертельная концентрация сероводорода составляет примерно 1 000 мг/м³. При концентрации от 6 мг/м³ начинаются головные боли, головокружения и тошнота. Мы можем соотносить ядовитые пары к IV классу условий труда.

Во время измерения температуры рабочего помещения метреометр МЭС-200А показал нам следующие показания – температуру и относительную влажность, равные 23°C и 60% соответственно. Данные параметры входят в класс вредных условий третьей степени.

Для определения естественной освещенности мы используем формулу для расчета КЕО (коэффициента естественного освещения):

$$KEO = \frac{E_b}{E_n} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

где E_b – естественная освещенность, создаваемой внутри помещения;

E_n – наружная, горизонтальная освещенность, создаваемая светом полностью открытого небосвода.

Коэффициент естественного освещения (KEO) представляет собой отношение естественной освещенности, создаваемой внутри помещения E_b, к одновременному значению наружной освещенности E_n, создаваемой светом полностью открытого небосвода. При подсчитывании трех коэффициентов естественного освещения мы обнаружили, что наименьший коэффициент естественного освещения проявляется в помещении с системой отопления. Следовательно, в данном помещении существует недостаточная освещенность. Недостаточная освещенность может привести к различным негативным последствиям для работников как для физического, так и для психологического их здоровья. К последствиям относятся:

1. утомляемость глаз;
2. боли в глазах;
3. головные боли;
4. ухудшение зрения;
5. повышенное напряжение;
6. ухудшение распознавания цвета, формы, расстояния;
7. медленность движений и ухудшение скорости реакции.

К самым распространенным причинам недостаточной освещенности относятся:

1. неправильно установленные источники света в достаточном количестве на рабочем месте;
2. плохо разработанные дизайны помещений;
3. теневые зоны.

Можно отнести недостаточную освещенность к классу условий труда 3.1.

Рассчитаем индекс Элмери:

$$\text{Индекс Элмери} = \frac{\text{пункты "хорошо"} \cdot 100\%}{\text{пункты "хорошо" + пункты "плохо"} \cdot 100\%}$$

$$\text{Индекс Элмери} = \frac{9}{9 + 13} \cdot 100\% = 41\%$$
(1.2)

Результат 41% показывает, что 41 изученных пунктов из 100 соответствует требованиям. Рабочие места со средним уровнем риска требуют улучшений условий труда в ходе производственной деятельности.

Вывод. Таким образом, при суммировании всех классов условий труда, изложенных в таблице 1, общий класс условий труда относится к классу 3.4 (вредный четвертой степени).

Таблица 1. – Показатели оценки условий труда на рабочем месте

Фактор	Класс условий труда					
	оптимальный	допустимый	вредный			опасный (экстремальный)
			3.1	3.2	3.3	
			I степень	II степень	III степень	IV степень
1. Химический						есть
2. Пыли, аэрозоли						есть
3. Шум						есть
4. Вибрация общая						есть
5. Вибрация локальная						есть
6. Микроклимат					есть	
7. Освещение			есть			
8. Тяжесть труда		есть				
9. Напряженность труда		есть				

Анализ результатов показал, что, несмотря на применение СИЗ, в рамках выполнения сварочных работ, в рабочем помещении сварщика Отдела главного энергетика УО «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» зафиксированы опасные и вредные производственные факторы. В связи с этим, возникает необходимость предложить специальные мероприятия по обеспечению безопасности технологического процесса и снижению негативных воздействий на сварщика.

В качестве мероприятий по повышению безопасности технологического процесса по сварочным работам предлагаем использовать:

1. звукоизоляцию;
2. антивibrationные перчатки и рукавицы;
3. наушники и бирюши;
4. улучшение освещения;
5. тщательная пылеуборка;
6. система аспирации;
7. респираторы.

Заключение. В заключение, проведенный анализ условий трудовой деятельности сварщика ремонтного производства выявил ключевые факторы, влияющие на эффективность работы и безопасность. Рекомендации по улучшению условий труда позволяют значительно повысить производительность и снизить влияние опасных производственных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда (Постановление Минтруда от 22 февраля 2008 г. № 35 (ред. от 18.06.2024))
2. Постановление «Гигиенический норматив. Показания безопасности и безвредности атмосферного воздуха». Утверждено Советом Министров Республики Беларусь. 25.01.2021 г. №37
3. Волкова П. «МОТ: ежедневно от профзаболеваний умирают свыше 6 тысяч человек»/ П. Волкова// Центральная профсоюзная газета «Солидарность» – 2019. – Режим доступа:https://www.solidarnost.org/news/MOT_ezhednevno_ot_profzabolevaniy_umirayut_svyshe_6_tysya_ch_chelovek.html – Дата доступа: 23.04.2019
4. Шишова А.А., Дроздова Т.И. «Оценка уровня профессионального риска от воздействия шума»// Безопасность – 2024. Материалы XXIX Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием.-2024 г. - с.53-56
5. Старовойтов И.Г., Бирюк В.А., Булавка Ю.А. – «Методы оценки риска в системе управления охраной труда»// Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларусь. – 2018 г. – Т.2, №1. – с. 5-17.
6. Бочарова А.М. «Анализ влияния плохой освещенности на безопасность труда, ее расчет и методы улучшения»// Известия Тульского государственного университета. Технические науки -2023 г. - №3 – с. 310-312.

УДК 621.774

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОПЕРЕЧНОЙ РАЗНОСТЕННОСТИ ТРУБЫ ВДОЛЬ КОНУСА ДЕФОРМАЦИИ СТАНА ХПТ

К. А. КУНЧЕВСКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. С. В. ПИЛИПЕНКО,
канд. техн. наук, доц. О. П. ШТЕМПЕЛЬ)

В статье приведены результаты исследования влияния процесса холодной пильгерной прокатки труб на изменение эксцентричной составляющей поперечной разностенности трубы вдоль конуса деформации. Результаты работы являются основой для дальнейших исследований, которые будут проводиться в данном направлении и могут быть использованы при проектировании параметров процесса ХПТ.

Введение: холодная прокатка труб на станах типа ХПТ, это циклический процесс обработки металлов давлением [1-3]. Обжатие трубы осуществляется валками с изменяющимся по определенному закону радиусом ручья калибра, закрепленных в клети, совершающей возвратно-поступательное движение вдоль конуса деформации. Процесс ХПТ, один из наиболее выгодных для производства прецизионных труб, из широкого спектра марок сталей и сплавов, так как изменения многочисленные параметры процесса ХПТ имеется возможность управлять как точностью готовых труб, так и их механическими характеристиками (в определенных пределах) [3-4]. В ходе деформации трубы в стане ХПТ производится как исправление исходной разнотонности трубы-заготовки, так и наведение собственной ее величины [3]. Проблемам изучения изменения точности труб в ходе процесса ХПТ посвящено много статей, но важность данного вопроса заставляет исследователей возвращаться к этому важному вопросу [4-5].

Цель исследования: исследование изменения эксцентричной составляющей разностенности труб из стали 10ГНА, прокатанных по маршруту 140x6,06-123.08x4.07 мм, на стане ХПТ-160, при ведении процесса прокатки с подачей и поворотом трубы в заднем положении клети.

Методы исследования: для исследований, в ходе прокатки промышленной партии труб на стане типа ХПТ-160 (китайский аналог), по маршруту 140x6,06-123.08x4.07 мм (сталь 10ГНА) отобрана пильгерголовка (конус деформации). Процесс прокатки производился с подачей и поворотом трубы, только в заднем положении клети. Из пильгерголовки были вырезаны темплеты, которые соответствуют началу конуса (сечение № 1), концу зону редуцирования (сечение № 2), середине зоны деформации (сечение № 3), началу зоны калибровки (сечение № 4). После замера распределения значений толщины стенки по поперечному сечению отобранных темплетов, анализ полученных данных производился согласно методики, описанной в источнике [3].

Результаты исследования и обсуждение результатов: Разностенность труб (рис. 1) — это неравномерность толщины стенки по окружности трубы, возникающая вследствие технологических особенностей процесса прокатки. Она является одним из основных параметров точности геометрических размеров труб наряду с овальностью. Разностенность может быть исходной, обусловленной качеством заготовки, и наведенной, возникающей в процессе холодной пильгерной прокатки. На ее величину влияют такие факторы, как угол развалки калибра, жесткость клети, параметры подачи и вытяжки, а также форма поперечного профиля ручья. Снижение угла развалки и повышение жесткости клети способствуют уменьшению поперечной разностенности готовых труб. Контроль и минимизация разностенности позволяют повысить точность, надежность и экономичность трубных изделий. В данном работе, кроме прочего, исследовалось изменение эксцентричной составляющей поперечной разностенности трубы вдоль конуса деформации, при ведении процесса ХПТ с подачей и поворотом заготовки только в заднем положении клети.

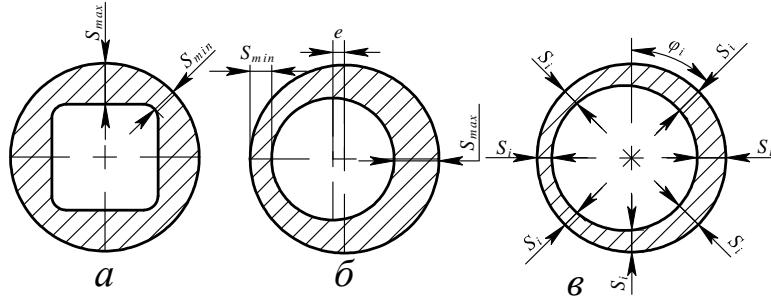
В [2, 3-7] для прогнозирования изменения относительной разностенности в ходе процесса предложили следующую зависимость:

$$\Delta s_{\text{отн.} \text{mp.}} = \Delta s_s \cdot (0,27s_T + 0,13) - (3,7 - 0,44s_T)\eta + (0,068 - 0,034s_T)\Delta s_s\eta - s_T + K_s, \quad (1)$$

где η — дробность деформации; Δs_s — разностенность заготовки в % K_s — коэффициент учитывающий техническое состояние стана, величину развалки; параметры калибровки рабочего инструмента; величину упругой деформации клети.

При анализе ф. (1) можно отметить, что на точность труб влияет величина обжатия по площади поперечного сечения трубы, величина подачи, исходная разностенность трубы-заготовки, техническое

состояние стана, параметры калибровки рабочего инструмента и пр. Из многочисленных исследований [1] известно, что при исходной разностенности трубы ниже 4-5 %, в ходе прокатки разностенность трубы не уменьшается, а может даже несколько увеличиться. Это связано с тем, что разностенность труб, про-катанная в конкретном стане, не может быть меньше той величины разностенности, которая наводится на трубу этим станом ХПТ.



а – граненность; б – эксцентрическая разностенность;
в – возможная схема замера толщины стенки трубы по поперечному ее сечению

Рисунок 1. – Различные виды поперечной разностенности

Абсолютную разностенность, исходя из результатов замеров можно рассчитать по формуле:

$$\Delta s_{a\delta\text{сол.}} = s_{\max} - s_{\min}, \text{ мм} \quad (2)$$

Абсолютную разностенность, исходя из результатов замеров можно рассчитать по формуле:

$$\Delta s_{omnosc.} = \frac{\Delta s_{a\delta\text{сол.}}}{s_{cp}} \cdot 100\%, \text{ мм} \quad (3)$$

где: s_{cp} – средняя толщина стенки в поперечном сечении, исходя из полученных замеров.

Эксцентризитет сечения трубы, в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cos \phi_i}{\sum_{i=1}^n \cos^2 \phi_i} \cdot 100\%, \text{ мм} \quad (4)$$

Часть дисперсии, обусловленная эксцентричностью:

$$\sigma_e^2 = \frac{e^2}{2} \quad (5)$$

Суммарная дисперсия толщины стенки:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - s_{cp})^2}{n} \quad (6)$$

Доля, вносимая в отклонение толщины стенки эксцентричностью:

$$a_e = \frac{\sigma_e^2}{\sigma^2} \quad (7)$$

В таблице 1 показаны данные замеров толщины стенки в поперечных сечениях отобранных темплетов и результаты расчетов величины разностенности.

Как видно из результатов расчетов (табл. 1) исходная разностенность трубы-заготовки не превышает 6,3 %, что является хорошим показателем для горячедеформированной трубы. Вдоль

конуса деформации, поперечная разностенность трубы непрерывно уменьшается, вплоть до 4,7 %. Данний факт говорит, как о хорошей способности стана исправлять исходную поперечную разностенность, так и о низкой величине наведенной станом разностенности.

Таблица 1

Угол (град)	0	45	90	135	180	225	270	315	e	$\Delta S_{\text{абсол}}$ мм	$\Delta S_{\text{относ}}$ %	σ_2	σ_3^2	a_3
№ 4	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,75	4,75	4,7	-0,009	4,75	4,7	0,000469	$3,906 \times 10^{-5}$	8,333
№ 3	5,1	5,1	5,1	5,1	5,05	5,1	5,1	5,1	0,012	5,1	5,05	0,000273	$7,812 \times 10^{-5}$	28,571
№ 2	6,1	6	6,1	6	6,2	6,2	6,1	5,9	-0,078	6,2	5,9	0,009375	$3,045 \times 10^{-3}$	32,476
№ 1	6,27	6,1	6	6	6	6	6	6,1	0,103	6,27	6	0,008161	$5,290 \times 10^{-3}$	64,82

На рисунке 2 показан график изменения доли разностенности, вносимая эксцентричностью поперечного сечения трубы (a_3). Как видно из рисунка, в ходе деформации труб на данном стане ХПТ, вдоль конуса деформации наблюдается не только уменьшение поперечной разностенности (как абсолютных ее значений, так и относительных), а и уменьшение эксцентричной ее составляющей с 64,83 % до 8 % a_3 .

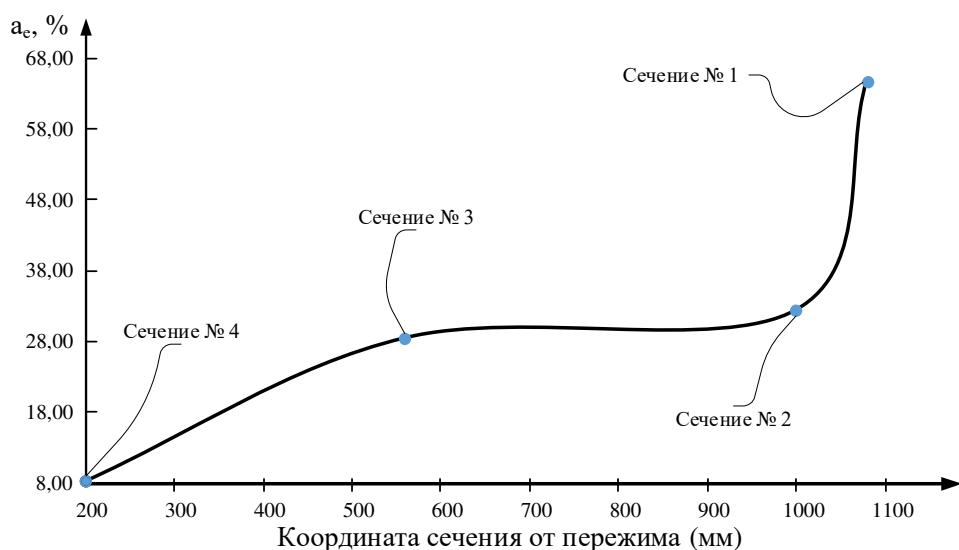


Рисунок 2. – График изменения доли разностенности (вдоль конуса деформации стана ХПТ), вносимой эксцентричностью поперечного сечения трубы

Заключение. В ходе исследования установлено, что изменение поперечной разностенности трубы вдоль конуса деформации в процессе холодной пильгерной прокатки определяется рядом взаимосвязанных факторов: исходной разностенностью заготовки, параметрами калибра, жесткостью клети и дробностью деформации. Определено, что в ходе деформации трубы в стане ХПТ эксцентричная составляющая величины поперечной разностенности уменьшается. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании режимов холодной пильгерной прокатки и калибровочных инструментов для производства прецизионных труб из углеродистых и легированных сталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб. – М.: Металлургиздат, 1963. – 269 с
2. Орро П.И. Производство стальных тонкостенных труб: [Монография] / П.И. Орро, Я.Е. Осада. - М. Харьков: Металлургиздат, 1951. - 416 с.

3. Столетний М.Ф., Клемперт Е.Д. Точность труб. – М.: Металлургия, 1975. – 240 с.
4. Хаустов Г.И. Исследование точности прокатки холоднокатанных труб: автореферат дис. На соискание степени канд. тех. наук: спец. 324 «Обработка металлов давлением» / Хаустов Г.И. - Днепропетровск, 1971. – 20 с.
5. Пилипенко С. В. Теоретические основы холодной пильгерной прокатки труб / С. В. Пилипенко. – Новополоцк: Полоцк. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – 288 с.
6. Grigorenko V.U., Pilipenko S.V. VARIATION IN WALL THICKNESS OF COLD-ROLLED PIPE // Steel in Translation. 2008. Т. 38. № 9. С. 775-776.
7. Пилипенко С.В. Исследование изменения разностенности труб в ходе прокатки на стане ХПТ // Сталь, 2016 № 3. С. 32-37

УДК 621.774.16

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ТРУБ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ ХОЛОДНОЙ ПИЛЬГЕРНОЙ ПРОКАТКИ

К. А. КУНЧЕВСКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. С. В. ПИЛИПЕНКО,
канд. техн. наук, доц. О. П. ШТЕМПЕЛЬ)

Операции пластического формоизменения исходной заготовки в готовую круглую или профильную трубу специального назначения производят в один или несколько циклов в зависимости от ее геометрических размеров, свойств металла трубы, способа деформации и требований к качеству готовых труб.

Цель работы: Изучение влияния процессов холодной пильгерной прокатки на изменение микроструктуры и механических свойств труб, включая распределение геометрических параметров, твердости и степень деформации вдоль конуса прокатки, с целью выявления закономерностей упрочнения материала и оптимизации технологических режимов для повышения качества готовой продукции.

Введение: холодная пильгерная прокатка труб (ХПТ) представляет собой высокоэффективный метод производства прецизионных труб из стали и сплавов [1-2]. Особенности технологии ХПТ заключаются в чередовании поступательной подачи и поворота заготовки с деформацией в подвижной клети с валками переменного калибра, работающей на неподвижной конической оправке. Такой подход обеспечивает значительные степени деформации (до 80–95% за проход) и получение труб с высокой точностью и качеством поверхности [3-4].

Анализ исследований: особенность процесса ХПТ состоит в том, что клеть стана совершает возвратно-поступательное движение от двустороннего кривошипно-шатунного привода. В клети установлены валки с калибрами, имеющими переменный радиус ручья. Процесс прокатки на станах ХПТ имеет периодический характер, так как труба прокатывается отдельными участками по ее длине при возвратно-поступательном движении клети [4-5]. Процесс прокатки трубы осуществляется на неподвижной конической оправке калибрами, закрепленными в вырезах валков и имеющими по окружности ручей переменного сечения. Исходный размер ручья соответствует наружному диаметру заготовки R_3 , конечный размер — наружному диаметру готовой трубы R_0 . Перед прямым ходом клети в конус деформации подается участок трубы длинной t (величина подачи), перед обратным ходом клети конус деформации поворачивают, чтобы раскатать утолщение трубы выпусках калибра. Постепенно, от двойного хода к двойному ходу клети, каждое сечение объема подачи подвергается сперва только редуцированию (в зоне редуцирования конуса), потом как редуцированию так и обжатию стенки (в зоне калибровки), далее идет калибровка по толщине стенки (в зоне предотделки), так и калибровка по диаметру (зона калибровки). Изменяя величины подачи-поворота, длины зон. Частоту двойных ходов, конусность оправки и ее тип (конусная или с криволинейной образующей) имеется более широкий спектр возможностей управления процессом деформации трубы. Чем при волочении трубы.

Основной материал: для анализа изменения микроструктуры и механических свойств материала трубы выбран маршрут прокатки труб на стане китайского производства (аналог стана ХПТ 160) - 140x6,06 – 123,08x4,07 (10 ГНА). В ходе прокатки промышленной партии труб был выкатан конус деформации, разрезан на 29 темплетов одинаковой длины. Для анализа отобраны:

- Сечение №1, соответствует сечению входа трубы в конус (сечение трубы заготовки).
- Сечение №16, на расстоянии 320 мм от пережима.
- Сечение №24, сечение пережима.
- Сечение №29, сечение готовой трубы.

Такой выбор обеспечивает более объективную выборку реальных микроструктурных состояний в трубе.

Все 29 сечений были обмеряны с регистрацией среднего значения диаметра (D) и толщины стенки (S). Рассчитана площадь поперечного сечения (F) и обжатие по площади поперечного сечения (ε) каждого из них (табл.1)

Наибольшие значения относительной деформации наблюдаются в диапазоне сечений 22–25 (рис. 3), что соответствует зоне максимального упрочнения и изменения микроструктуры, выявленной ранее.

В каждом из отобранных сечений, замерами значений твердости металла по шкале Викерса, был выявлен характер изменения микротвердости по толщине стенки трубы (рис. 3, сечение 0 соответствует наружному диаметру трубы).

Таблица 1. Изменение геометрических и деформационных характеристик трубы вдоль конуса деформации

L по опр.	№ сеч	D, мм	S, мм	F, мм ²	ε, %
180	29	123,08	4,70	1747,9	31,710
Зона калибровки и выпуска	28	123,08	4,70	1747,9	31,710
	27	123,08	4,70	1747,9	31,710
	26	123,08	4,70	1747,9	31,710
	25	123,08	4,70	1747,9	31,710
0	24	123,14	4,71	1752,7	31,522
40	23	123,17	4,73	1760,7	31,208
80	22	123,26	4,80	1786,3	30,210
120	21	123,49	4,81	1793,7	29,921
160	20	123,74	4,83	1805,6	29,458
200	19	124,03	4,82	1806,8	29,408
240	18	124,50	4,87	1829,7	28,515
280	17	125,12	4,93	1860,7	27,305
320	16	125,34	4,99	1886,2	26,308
360	15	126,33	5,09	1940,3	24,194
400	14	126,53	5,09	1941,5	24,147
440	13	126,73	5,30	2021,9	21,007
480	12	127,89	5,50	2115,7	17,340
520	11	128,36	5,57	2147,0	16,118
560	10	129,29	5,68	2204,8	13,858
600	9	130,28	5,73	2243,3	12,355
640	8	130,83	6,05	2372,8	7,2941
680	7	131,87	6,08	2404,0	6,0767
720	6	133,12	6,13	2446,9	4,4014
760	5	134,45	6,04	2438,4	4,7342
800	4	138,49	6,10	2537,1	0,8754
Труба - заготовка	3	140,55	6,07	2558,8	0,0288
	2	140,60	6,08	2559,5	0
	1	140,60	6,06	2559,5	0

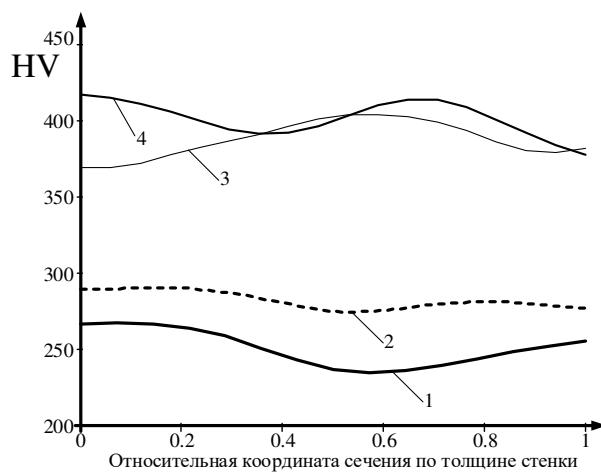


Рисунок 2. – 1- сеч, 2; 2- сеч 16, 3- сеч. 24, 3- сеч 30

Как видно из рис. 2 от сечения к сечению наблюдается изменение характера распределения микро твердости по глубине сечения стенки трубы. Если в начале конуса деформации (рис. 2 сеч. 1) микро твердость серединных слоев стенки трубы меньше, чем микро твердость наружных сечений, то в сечениях 3, 4 которые соответствуют началу и концу участка калибровки серединные слои тверже наружных. Из сечения в сечение наблюдается увеличение среднего значения твердости трубы:

- Сечение №1, среднее 258,94 HV
- Сечение №16, среднее 277,90 HV
- Сечение №24, среднее 388,32 HV
- Сечение №29, среднее 401,03 HV

Характеристика структуры по сечениям: изменение микроструктуры металла от сечения к сечению показали следующие

Сечение 1 (рис.3, А) как писалось выше соответствует микроструктуре горячей катанной трубы заготовки. Наблюдаются относительно крупные структурные составляющие косвенно свидетельствующие о большой концентрации дефектов кристаллической решетки. В наблюдаемой микроструктуре должно быть большая доля белой составляющей, которая соответствует ферриту, но поскольку в феррите присутствует большое количество дефектов кристаллической решетки, то эти микроструктуры вытравились в темный цвет. В целом структура по градиенту не равномерная, наблюдаются крупные темные и светлые участки.

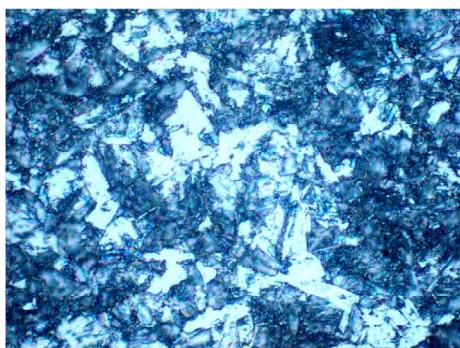


Рисунок 3. – Сечение 1

В сечениях 16, 24, 30 (рис. 4) материал получает деформацию 26,31% до 31,71%, что не приводит к существенным изменениям в микроструктуре соответствующих сечениях. Однако произошло измельчение структурных составляющих и их более равномерное распределение по сравнению с сечением 1. Между сечениями 24 и 30 происходит калибровка трубы по геометрическим параметрам без значительной размерной деформации. Протяженность этой зоны 180 мм, диаметр поперечного сечения ручья калибра постоянный, но в этот участок (из-за подачи и последующей вытяжки трубы) все же поступают более утолщенные сечения конуса. Кроме этого раскатываются утолщения в выпусках калибра, происходит выравнивание напряжений внутри материала трубы. Таким образом в зоне калибровки все же происходит деформация о чем свидетельствует изменение микроструктуры в сечениях от сечения 24 до сечения 30. Происходит дальнейшее измельчение структурных составляющих и увеличения плотности дефектов по всему объему металла.

Описанные изменения микротвердости и микроструктуры обусловлены характером работы валков и конической оправки в стане ХПТ. Между сечениями 1 и 16 происходит львиная доля деформации, однако, локальный их характер приводит к нагреву металла в мгновенный момент деформации. Это вместе с большим количеством двойных ходов клети в минуту (130 ходов в мин в данном случае) приводит к нагреву металла до температур, приводящих к разупрочнению металлов. Поэтому твердость в сечении 2 существенно ниже, чем в сечениях 3 и 4 (рис. 3). Далее по конусу обжатие в мгновенном очаге деформации в любом его положении в доль дальнейших участков конуса сравнимо с процессом дрессировки тонколистового металла. В ходе дрессировки, как известно, наблюдается характерное изменение микроструктуры в глубь листа с образованием более и менее наклепанных слоев. Именно это наблюдается на графике изменения микро твердости (изменение волнистости кривых от 2 до 3 и 4). Между сечениями 16 и 24 происходит больший наклеп металла, чем между 2 и 16, хотя разница в деформации в 26,31% (сечение 16) и 31,5% (сечение 24) не является существенной. Однако наклеп металла (увеличение твердости) значительный на этом участке. Можно сделать вывод, что разупрочнение металла на участке сечение 16, сечение 24 происходит в меньшей мере, чем в начале конуса деформации.

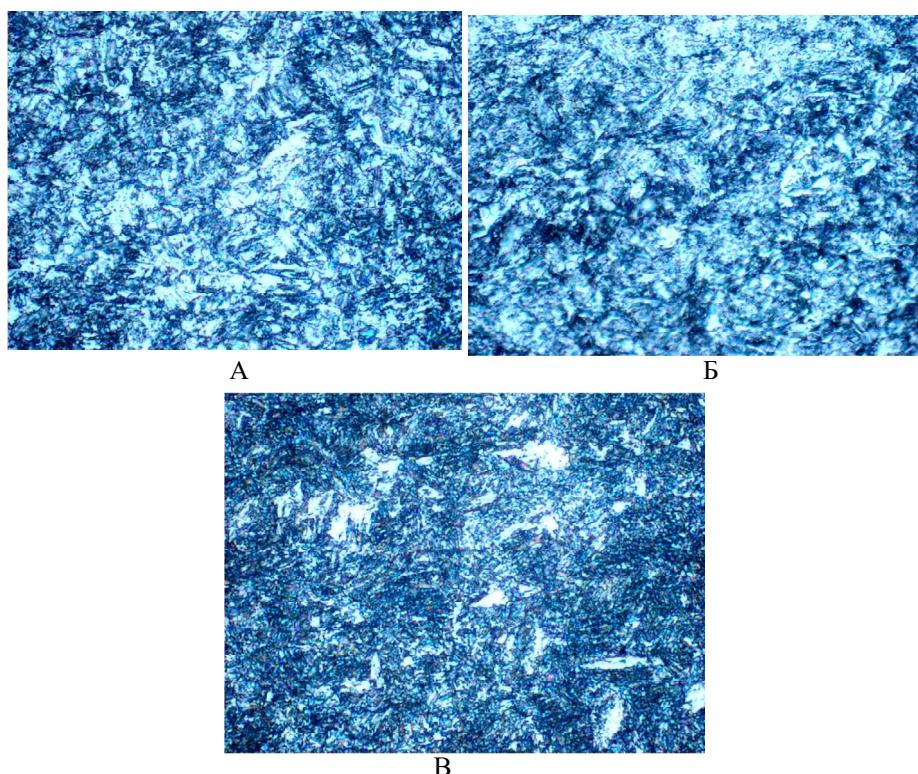


Рисунок 4. – А- сеч. 16; Б- сеч 24, В- сеч. 30

Небольшая разница в деформации между сечениями 24 и 30 (31,5% и 31,7%). Однако средняя твердость металла увеличивается с 388,32 HV до 401,03 HV.

Таким образом, совмещение данных геометрического и микроструктурного анализа позволяет более полно охарактеризовать процесс ХПТ: идентифицировать критические зоны интенсивной деформации, зоны стабилизации геометрии и установить соответствие между внешней формой трубы и ее внутренней структурой.

Заключение. В ходе проведенного исследования были изучены изменения микроструктуры и механических свойств труб, полученных методом холодной пильгерной прокатки. Анализ геометрических параметров вдоль конуса деформации показал значительное изменение диаметра, толщины стенки и степени деформации, особенно в зоне сечений 22–25, что соответствует участку максимального упрочнения. Измерения микро твердости подтвердили закономерный рост твердости от начального сечения заготовки к готовой трубе, достигая максимальных значений в зоне калибровки. Микроструктурный анализ выявил измельчение структурных составляющих и повышение однородности структуры, особенно в финальных сечениях. Установлена связь между интенсивностью локальной деформации и структурными изменениями материала. Полученные результаты позволяют глубже понять процессы, происходящие при ХПТ, и могут быть использованы для оптимизации режимов прокатки и повышения качества готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Столетний М.Ф. Точность труб / М.Ф. Столетний, Е.Д. Клемперт – М.: Металлургия 1975 - 239 с.
2. Орро П.И. Производство стальных тонкостенных труб: [Монография] / П.И. Орро, Я.Е. Осада. - М. Харьков: Металлургиздат, 1951. - 416 с.
3. Фролов В.Ф. Холодная пильгерная прокатка труб / В.Ф. Фролов, В.Н. Данченко, Я.В. Фролов; Гос. предпр. "Научно-исследовательский трубный институт им. Я.Е. Осады, Нац. металлург. акад. Украины. - Днепропетровск: Пороги, 2005. - 255 с.
4. Пилипенко С. В. Теоретические основы холодной пильгерной прокатки труб / С. В. Пилипенко. – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – 288 с.
5. Grigorenko V.U., Pilipenko S.V. VARIATION IN WALL THICKNESS OF COLD-ROLLED PIPE // Steel in Translation. 2008. Т. 38. № 9. С. 775-776.

УДК 62-5

ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НИЖНЕГО ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ПОДНЯТИЯ НОГИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗВИВАЕМЫХ МОМЕНТОВ СИЛ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

И. В. ЛИСТВИН, К. А. КУНЧЕВСКИЙ, Р. В. ЛЕВАНОВСКАЯ
(Представлено: Е. В. БРИТИК)

В целях рационального проектирования конструкции экзоскелета необходимо понимать, какие приближенные характеристики должен иметь конечный продукт, проведено кинематическое исследование с использованием ранее полученных данных.

Введение. При проектировании экзоскелета важно учитывать не только глобальные движения, такие как ходьба или бег, но и элементарные, из которых они состоят. Одним из таких базовых движений является поднятие ноги. Несмотря на кажущуюся простоту, именно этот процесс определяет возможность шага, подъема по лестнице и сохранения равновесия. Для корректного выбора параметров привода необходимо рассмотреть биомеханику данного движения и определить характерные моменты сил, возникающие в тазобедренном суставе. Построение кинематической схемы позволяет выявить закономерности изменения нагрузок и оценить требования к исполнительным механизмам экзоскелета.

Построение схемы. Для анализа создается кинематическая схема нижнего опорно-двигательного аппарата, включающая бедро, голень. Каждое звено представляется в виде жесткого стержня с заданной длиной и массой, а суставы моделируются как врачательные шарниры. На схеме отображаются:

- силы тяжести звеньев (m_1g и m_2g);
- силы инерции, возникающие при ускорении движения (F_{i1} , F_{i2});
- реактивные силы в суставах;
- углы поворота бедра и голени относительно вертикали;
- направления осей координат для плоскостей (XZ) и (YZ).

С помощью схемы на рисунке 1 определяется момент, развиваемый бедренным суставом (M), необходимый для совершения движения. Для этого составляется уравнение равновесия моментов относительно тазобедренного сустава, учитывающее как статические (сила тяжести), так и динамические (инерционные) составляющие. Полученная зависимость $M(t)$ позволяет определить нагрузку на привод экзоскелета и выбрать оптимальные параметры двигателя.

Для мужчины ростом 180см и весом 75кг: $l_1=0.4\text{м}$, $l_2=0.45\text{м}$, $m_1= 8.5\text{кг}$, $m_2= 4\text{кг}$. Имея кинематическую схему и законы движения голени и бедра от переменной времени x можно составить уравнение движения для нахождения M .

$$M(x) + m_1g \cdot \sin(\alpha(x)) \cdot \frac{l_1}{2} + m_2g \cdot \sin(\alpha(x)) \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) - F_{i1}(x) \cdot (l_1 + l_2) = 0 \quad (1)$$

При этом для плоскости: (XZ):

$$\begin{aligned} a(x) &= j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\ j &= 19.3834; k = -70.44241; \\ g &= 51.57097; h = 92.78267; \\ a &= -156.60816; b = 57.79217; \\ c &= 6.10877; d = 0.336934; \\ f &= -0.905949 \end{aligned} \quad (2)$$

$$F_{i1}(x) = a(x) \cdot (m_1 + m_2) = \frac{d^2}{dx^2} \alpha(x) \cdot (l_1 + l_2) \cdot (m_1 + m_2) \quad (3)$$

Тогда формула имеет вид:

$$\begin{aligned} M(x) + m_1g \cdot \sin(\alpha(x)) \cdot \frac{l_1}{2} + m_2g \cdot \sin(\alpha(x)) \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) - \frac{d^2}{dx^2} \alpha(x) \cdot (l_1 + l_2)^2 \cdot (m_1 + m_2) &= 0 \\ \Downarrow \\ M(x) &= -m_1g \cdot \sin(\alpha(x)) \cdot \frac{l_1}{2} - m_2g \cdot \sin(\alpha(x)) \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) + \frac{d^2}{dx^2} \alpha(x) \cdot (l_1 + l_2)^2 \cdot (m_1 + m_2) \end{aligned} \quad (4)$$

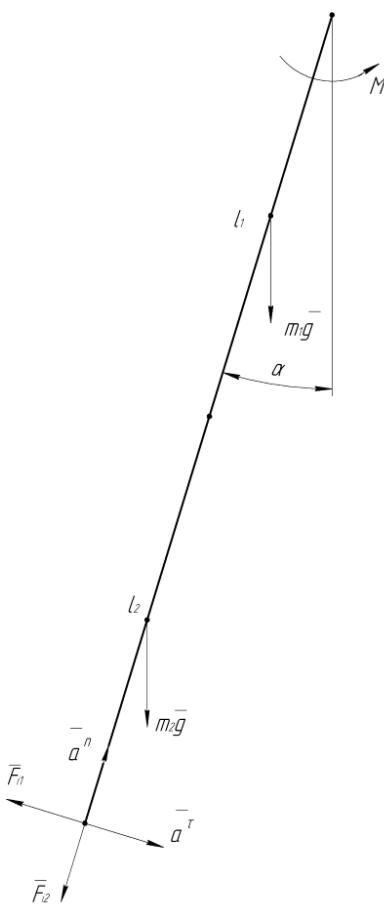


Рисунок 1. – Кинематическая схема

Где:

М – искомый момент бедра;

l₁ – длина бедра;l₂ – длина голени;m₁g – сила тяжести бедра;m₂g – сила тяжести голени;a^t – тангенциальное ускорение ноги и F₁₁ сила инерции соответствующая ему;aⁿ – нормальное ускорение ноги и F₁₂ сила инерции соответствующая ему;;

Для плоскости (YZ): кинематическая схема остается неизменной, изменяется лишь закон зависимости движения изменения угла бедра от времени.

$$\begin{aligned}
 a(x) &= j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\
 j_1 &= 18.27182; k_1 = -93.17803; \\
 g_1 &= 188.14435; h_1 = -191.83228; \\
 a_1 &= 94.78326; b_1 = -2.16079; \\
 c_1 &= -15.20762; d_1 = -0.449985; \\
 f_1 &= 1.59198
 \end{aligned} \tag{5}$$

Результаты вычислений. Проведя вычисления в программе Mathcad получаем график зависимости момента, развиваемого бедром в каждый момент времени совершения движения (рис.2-3).

На графике можно заметить, что пиковые развиваемые моменты ~60 Нм. Так же стоит отметить, что в формуле выше и на кинематической схеме рассматривается только одно состояние в один момент времени, а движение в обратную сторону не учитывается. Это связано с тем, что при обратном движении в формуле лишь меняются знаки слагаемых, в результате чего график показывает противоположные по

знаку значения, а поскольку в данной статье нас интересует лишь пиковые развиваемые моменты данный аспект можно опустить. В дальнейшем этот график можно использовать для расчета примерного потребления энергии мотором, зная его потребление Нм/А.

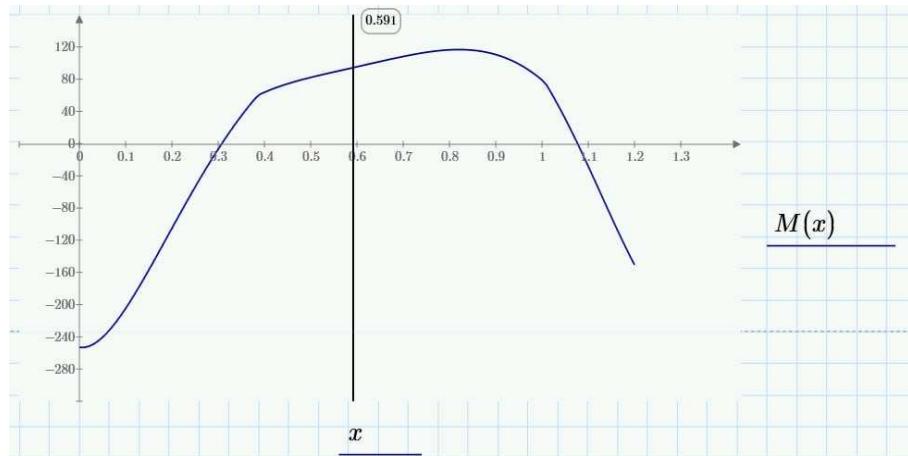


Рисунок 2. – График развиваемых моментов в бедренном суставе при поднятии ноги в плоскости YZ

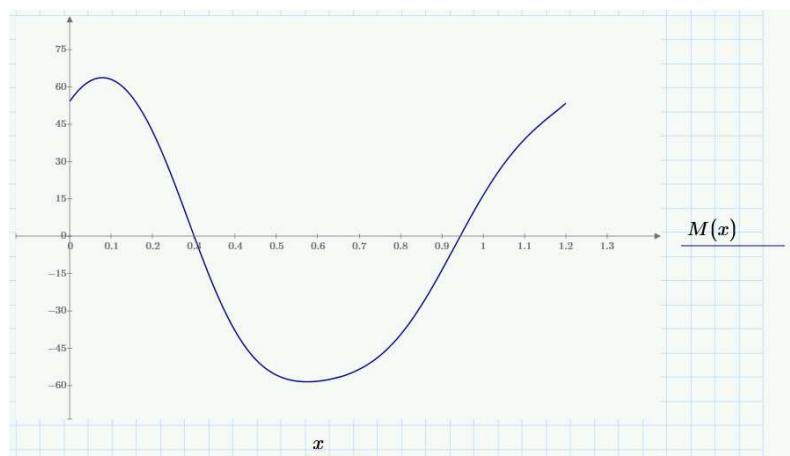


Рисунок 3. – График развиваемых моментов в бедренном суставе при поднятии ноги в плоскости XZ

В результате построения кинематической схемы движения поднятия ноги определены основные силы и моменты, действующие на звенья нижней конечности. Расчет показал, что максимальные моменты в тазобедренном суставе достигают около 60 Нм, что соответствует реальной нагрузке при естественном движении человека. Полученные данные могут служить основой для проектирования исполнительных механизмов экзоскелета, обеспечивающих поддержку и повторение биомеханики движения. Таким образом, построенная схема является важным этапом в создании функциональной модели экзоскелета и позволяет оценить требования к его приводной системе.

УДК 62-5

ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НИЖНЕГО ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ СГИБАНИЯ ГОЛЕНИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗВИВАЕМЫХ МОМЕНТОВ СИЛ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

И. В. ЛИСТВИН, К. А. КУНЧЕВСКИЙ, Р. В. ЛЕВАНОВСКАЯ
(Представлено: Е. В. БРИТИК)

В целях рационального проектирования конструкции экзоскелета необходимо понимать, какие приближенные характеристики должен иметь конечный продукт, проведено кинематическое исследование с использованием ранее полученных данных.

Введение. Сгибания и разгибания колена — это одно из самых частых и быстрых движений нижних конечностей, которое играет ключевую роль в беге, прыжках и даже в поддержании устойчивости при ходьбе. В отличие от приседаний, здесь нагрузка сосредоточена преимущественно на голени и коленном суставе, без вовлечения массы всего корпуса. Для экзоскелета такие движения важны с точки зрения скорости реакции и точности управления приводами. Определение моментов сил при сгибании позволяет задать требования к мотору, отвечающему за динамику и плавность работы коленного узла.

Построение схем. Для анализа создается кинематическая схема нижнего опорно-двигательного аппарата, включающая бедро, голень. Каждое звено представляется в виде жесткого стержня с заданной длиной и массой, а суставы моделируются как вращательные шарниры. На схеме отображаются:

- силы тяжести звеньев (m_1g и m_2g);
- силы инерции, возникающие при ускорении движения (F_{i1} , F_{i2});
- реактивные силы в суставах;
- углы поворота голени относительно вертикали;
- направления осей координат для плоскостей (XZ) и (YZ).

С помощью схемы на рисунке 1 определяется момент, развиваемый в коленном суставе (M), необходимый для совершения движения. Для этого составляется уравнение равновесия моментов относительно коленного сустава, учитывающее как статические (сила тяжести), так и динамические (инерционные) составляющие.

Полученная зависимость $M(t)$ позволяет определить нагрузку на привод экзоскелета и выбрать оптимальные параметры двигателя.

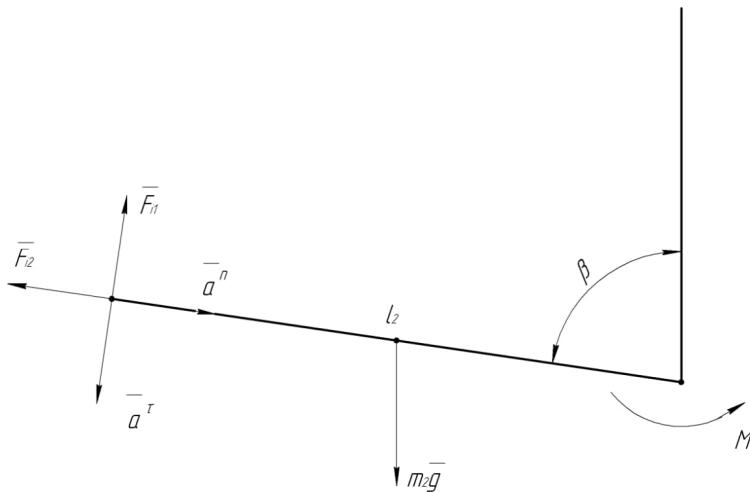


Рисунок 1. – Кинематическая схема

Где:

M – искомый момент колена; l_2 – длина голени; m_2g – сила тяжести всей ноги;

a^t – тангенциальное ускорение голени и F_{i1} сила инерции соответствующая ему;

a^n – нормальное ускорение голени и F_{i2} сила инерции соответствующая ему;

Для мужчины ростом 180см и весом 75кг: $l_1=0.4\text{м}$, $l_2=0.45\text{м}$, $m_1= 8.5\text{кг}$, $m_2= 4\text{кг}$. Имея кинематическую схему и законы движения голени от переменной времени можно составить уравнение движения для нахождения M .

$$M(x) + m_2 g \cdot \sin(\beta(x)) \cdot l_2 - F_{il}(x) \cdot l_2 = 0 \quad (1)$$

При этом:

$$\begin{aligned} \beta(x) &= j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\ j &= -398.42081; k = 1174.4038; \\ g &= -1011.88652; h = -79.00969; \\ a &= 477.65918; b = -151.34967; \\ c &= -12.81605; d = 1.897965; \\ f &= 2.952143 \end{aligned} \quad (2)$$

$$F_{il}(x) = a^t(x) \cdot m_2 = \frac{d^2}{dx^2} \beta(x) \cdot l_2 \cdot m_2 \quad (3)$$

Тогда формула имеет вид:

$$\begin{aligned} M(x) + m_2 g \cdot \sin(\beta(x)) \cdot l_2 - F_{il}(x) \cdot l_2 &= 0 \\ \downarrow \\ M &= -m_2 g \cdot \sin(\beta(x)) \cdot l_2 + F_{il}(x) \cdot l_2 \end{aligned} \quad (4)$$

Результаты вычислений. Проведя вычисления в программе Mathcad получаем график зависимости момента, развивающегося коленным суставом в каждый момент времени совершения движения (рис. 2).

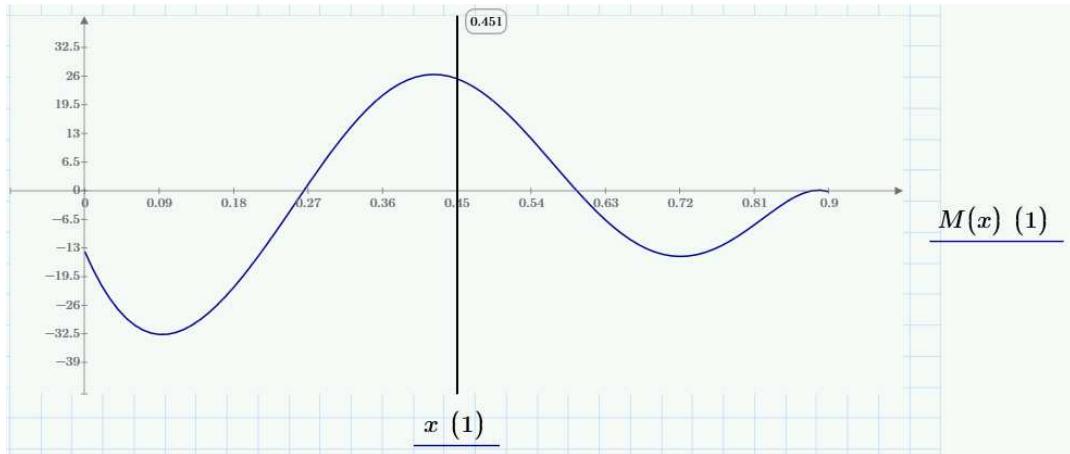


Рисунок 2. – График развивающихся моментов в коленном суставе при сгибаниях

Исходя из полученного графика можно сделать вывод что максимальные развивающиеся моменты довольно малы и равняются примерно 30 Нм. Это связано с малой массой голени и тем что в движении принимает участие лишь голень и сам коленный сустав не нагружен весом всего остального тела. В дальнейшем этот график можно использовать для расчета примерного потребления энергии мотором, зная его потребление Нм/А.

УДК 62-5

ИЗМЕРЕНИЕ И НАХОЖДЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЖНЕГО ОТДЕЛА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ЭКЗОСКЕЛЕТА

И. В. ЛИСТВИН, К. А. КУНЧЕВСКИЙ, Р. В. ЛЕВАНОВСКАЯ

(Представлено: Е. В. БРИТИК)

В целях рационального проектирования конструкции экзоскелета необходимо понимать средние физические характеристики человеческого тела, исследованы нижние конечности с целью установления их физических параметров.

Введение. Для разработки и создания действующего экзоскелета человека необходимо в первую очередь определить характеристики, которым должен соответствовать конечный продукт. Это особенно важно при проектировании тяжелых активных экзоскелетов, которые должны не только полностью соответствовать характеристикам человеческого тела, но и превосходить их. В случае более простых вариантов экзоскелетов задачи становятся более тривиальными и сводятся к облегчению выполнения различных действий с целью экономии энергии. Данная отрасль активно развивается в настоящее время, что связано с постоянным техническим прогрессом в области электроники, особенно в сфере электродвигателей. С увеличением доступности микропроцессоров и бесщеточных электромоторов теоретически любой энтузиаст, обладающий необходимыми знаниями и средствами, может разработать экзоскелет. Это обусловлено относительной простотой конструкции экзоскелетов.

Задача. Главная задача состоит в создании носимого механизма, который будет обладать теми же степенями свободы, что и человеческое тело. На рисунке 1 представлена кинематическая схема экзоскелета. Для упрощения анализа экзоскелет можно разделить на три основных отдела: нижние конечности (ноги), спинной отдел и верхние конечности (лопатки и руки). При проектировании экзоскелета особое внимание необходимо уделить спинному и нижним отделам. Эти части должны не только выполнять все необходимые движения, но и обеспечивать поддержку веса тела, разгружать спину пользователя, а также выдерживать нагрузку от верхнего отдела экзоскелета. Верхний отдел экзоскелета должен быть достаточно мобильным, чтобы при движении рук пользователя охватывать весь диапазон движений и не вызывать ощущение скованности. Благодаря предложенной схеме можно описать тело человека с точки зрения кинематического механизма, что позволяет определить моменты, скорости и ускорения, развивающиеся каждым суставом. В дальнейшем эта информация будет необходима на этапе проектирования. Таким образом основной задачей данной статьи является рассмотрение нижнего отдела тела человека (рис.2) с целью измерения развиваемых скоростей, ускорений и предельных углов каждого из суставов.

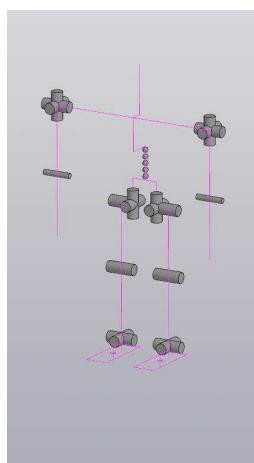


Рисунок 1. – Кинематическая схема экзоскелета

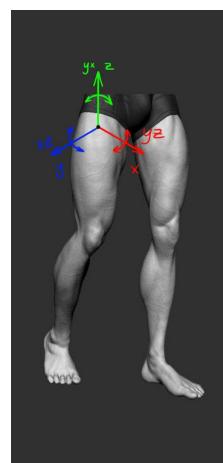


Рисунок 2. – Назначение осей вращения нижнего отдела тела

Измерения. Для нахождения всех указанных параметров было принято решение провести замеры различных типов движений, таких как: ходьба, легкий бег, быстрый бег, приседания, поднятие ноги вперед и назад, а также поднятие ноги в сторону и сгибание колена. Все действия, кроме бега и ходьбы, вы-

полнялись с максимальным усилием и инерцией, чтобы определить пределы, на которые способно тело человека, и получить максимальные значения физических характеристик, которым должен соответствовать экзоскелет. Выборка составляла 8 человек разной физической подготовки и телосложения. После у каждого типа движения, будь-то поднятие ноги или бег, выбиралось произвольно 5 полных циклов этого движения. Далее один цикл делится на 16 кадров и эти кадры переносятся в программу с возможностью простановки размеров и углов. В нашем варианте для такой задачи подходят программы, предназначенные для создания чертежей и 3д проектирования, например, Компас или Solidworks. Ввиду простоты задачи используется средство компьютерного проектирования "Компас-3D". С помощью базовых инструментов производиться замер углов отклонения от вертикальной оси каждого из сегментов конечности (рис.3).



Рисунок 3. – Метод измерения углов

Где отклонение влево принимаем со знаком минус. Стоит учесть, что для получения угла отклонения колена требуются лишь отнять отклонение относительно главной оси от угла отклонения бедра после чего полученное число взять по модулю отнять от 3,142. После полученные значения в радианах заносятся в таблицу. В итоге для одного цикла можно построить график зависимости углов отклонений от времени.

Получив график зависимости углов от времени по точкам можем преобразовать его в функцию используя модель множественной линейной регрессии (формула 1). Первая и вторая производные полученной функции будут являться графиком угловых скоростей и угловых ускорений соответственно.

$$y = jx_1^6 + kx_1^5 + gx_1^6 + hx_1^5 + ax_1^4 + bx_1^3 + cx_1^2 + dx_1 + f \quad (1)$$

Результат. Выполнив все вышеописанные действия для каждого типа движения мы получим предельные углы, развиваемые скорости и ускорения для каждого из суставов.

Анализ ходьбы показывает сравнительно низкие угловые скорости и ускорения. Для бедра (XZ) максимальные значения составили $\omega_{\max} = 0,4903$ рад, $\omega_{\min} = -0,2766$ рад, $\dot{\omega}_{\max} = 3.13$ рад/с и $\ddot{\omega}_{\max} = 6.42$ рад/с², а для колена (XZ) — $\omega_{\max} = 5,8$ рад, $\omega_{\min} = 2,0167$ рад $\dot{\omega}_{\max} = 5.8$ рад/с и $\ddot{\omega}_{\max} = 14.13$ рад/с². Это указывает, что экзоскелет, предназначенный только для облегчения ходьбы, не предъявляет высоких требований к динамическим характеристикам приводов.

При медленном беге наблюдается значительный рост угловых скоростей и ускорений по сравнению с ходьбой. Угловая скорость колена (XZ) возросла до $\omega_{\max} = 10.7$ рад/с, $\omega_{\max} = 2,9573$ рад, $\omega_{\min} = 1,5291$ рад, $\dot{\omega}_{\max} = 55,6$ рад/с². Угловое ускорение бедра (XZ) достигло $\ddot{\omega}_{\max} = 43.2$ рад/с² так же $\omega_{\max} = 0,5881$ рад, $\omega_{\min} = -0,5277$ рад, $\dot{\omega}_{\max} = 5,2$ рад/с. Это означает, что экзоскелет, поддерживающий бег, должен иметь приводы с более высоким быстродействием.

Быстрый бег предъявляет самые высокие динамические требования. Зафиксированы максимальные значения угловых скоростей для колена $\omega_{\max} = 18.2$ рад/с, $\omega_{\max} = 2,8885$ рад, $\omega_{\min} = 0,9238$ рад, $\dot{\omega}_{\max} = 64,13$ рад/с². Ускорений для бедра $\ddot{\omega}_{\max} = 92$ рад/с², $\dot{\omega}_{\max} = 10,4$ рад/с, $\omega_{\max} = 0,6781$ рад, $\omega_{\min} = -0,8559$ рад. Проектирование экзоскелета для этого режима является наиболее сложной задачей, так как механизм должен с запасом превосходить эти пиковые характеристики.

Данное движение определяет предельные углы сгибания/разгибания и отведения/приведения бедра. В плоскости XZ диапазон углов бедра составил от $\omega_{\min} = -0.9326$ рад до $\omega_{\max} = 1.6518$ рад, $\dot{\omega}_{\max} = 6.9$ рад/с, $\ddot{\omega}_{\max} = 22,4$ рад/с². В плоскости YZ — от $\omega_{\min} = -0.9015$ рад до $\omega_{\max} = 1.6677$ рад, $\dot{\omega}_{\max} =$

5,98 рад/с, $\dot{\epsilon}_{\max} = 29$ рад/с². Измерения выявили максимальный рабочий диапазон углов для коленного сустава — от $\phi_{\min} = 0,7818$ рад (почти полное разгибание) до $\phi_{\max} = 3,0980$ рад (глубокое сгибание), $\omega_{\max} = 8,7$ рад/с, $\dot{\epsilon}_{\max} = 29,6$ рад/с². Эти значения задают необходимый диапазон движений для шарниров экзоскелета и определения конструкции и хода коленного шарнира экзоскелета.

Приседание характеризуется большими углами сгибания в суставах: для бедра (XZ) диапазон от $\phi_{\min} = 0,2483$ рад до $\phi_{\max} = 2,3726$ рад, $\omega_{\max} = 5,3$ рад/с, $\dot{\epsilon}_{\max} = 19,8$ рад/с². Для колена (XZ) — от $\phi_{\min} = 0,3135$ рад до $\phi_{\max} = 3,0469$ рад, $\omega_{\max} = 5,7$ рад/с, $\dot{\epsilon}_{\max} = 25$ рад/с². Основной фокус при проектировании для этого движения смещается с динамики на обеспечение высокого крутящего момента, особенно в коленном суставе для обеспечения поднятия тяжести и снижения нагрузки на коленный сустав.

Таблица 1. – Результаты, полученные из всех проведенных измерений

Сустав, ось	Параметр						
	Предельные углы, рад	Предельное угловое ускорение, рад/с	Предельная угловая скорость, рад/с	Среднее максимальное угловое ускорение при ходьбе, рад/с	Средняя максимальная угловая скорость при ходьбе, рад/с	Среднее максимальное угловое ускорение при быстром беге, рад/с	Средняя максимальная угловая скорость при быстром беге, рад/с
Бедро XZ	1,6518 -0,9326	96,3	10,4	5,05	1,8	42,3	7,43
Бедро YZ	1,6677 -0,9015	29	5,98		-		
Колено XZ	3,0980 0,3135	70,2	18,2	11,3	2,99	39,5	9,68

Вывод. В результате проведенных измерений можно сделать вывод о кинематических характеристиках нижнего двигательного аппарата тела человека. В таблице 1 представлены все данные необходимые для принятия общих выводов о развиваемых характеристиках которые можно использовать для построения кинематических схем. Можно заметить, что не проводились исследования касательно вращения бедра в оси YX. Это связано с малым вкладом данного вращения в движения. По большей мере все действия совершаются в осях XZ и YZ, что является ключевым фактором направлений измерений. Следует также отметить, что, учитывая разнообразие действий, выполняемых нижними конечностями человека, можно выделить три основных направления разработки экзоскелета: бег, ходьба и приседания.

Во время бега развиваются максимальные угловые скорости и ускорения для каждого сегмента ноги. Поэтому при проектировании экзоскелета, ориентированного на бег, необходимо не только соответствовать этим экстремальным значениям, но и превосходить их, что является более сложной инженерной задачей. В случае ходьбы бедро и голень развивают относительно малые скорости и ускорения, поэтому создание экзоскелета, облегчающего ходьбу, представляется менее сложным по сравнению с экзоскелетом для бега.

Исследование приседаний проводилось для определения характеристик коленного сустава, поскольку именно он в значительной степени ответственен за разгибание ноги из положения сидя. Кроме того, в ситуациях, когда человек поднимает или перемещает большой вес, именно коленный сустав принимает на себя основную нагрузку. Следовательно, для облегчения работы с тяжелыми грузами необходимо уделить особое внимание проектированию и усилию именно этого узла экзоскелета. Объединяя все три направления исследований, можно предложить концепцию универсального экзоскелета, который будет эффективно разгружать коленный сустав при подъеме тяжестей, помогать человеку при длительной ходьбе, а также при необходимости облегчать и ускорять бег.

Полученные данные могут быть использованы для построения кинематических схем нижних конечностей человека и проведения их кинематического анализа. Это позволит получить всю недостающую информацию, необходимую для непосредственного начала проектирования экзоскелета для ног.

УДК 62-5

ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НИЖНЕГО ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ХОДЬБЫ И БЕГА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗВИВАЕМЫХ МОМЕНТОВ СИЛ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

И. В. ЛИСТВИН, К. А. КУНЧЕВСКИЙ, Р. В. ЛЕВАНОВСКАЯ
(Представлено: Е. В. БРИТИК)

В целях рационального проектирования конструкции экзоскелета необходимо понимать, какие приближенные характеристики должен иметь конечный продукт, проведено кинематическое исследование с использованием ранее полученных данных.

Введение. Для рационального проектирования экзоскелета необходимо определить основные характеристики, обеспечивающие естественное движение человека. Одной из ключевых задач является расчет моментов сил, развивающихся при движениях нижних конечностей. Особое внимание уделяется действию поднятия ноги, так как оно является базовым элементом ходьбы и других повседневных движений. На основе имеющихся биомеханических данных выполняется построение кинематической схемы, позволяющей определить закономерности изменения моментов и использовать результаты при проектировании приводов экзоскелета.

Построение схемы. Для анализа создается кинематическая схема нижнего опорно-двигательного аппарата, включающая бедро, голень. Каждое звено представляется в виде жесткого стержня с заданной длиной и массой, а суставы моделируются как вращательные шарниры. На схеме отображаются:

- силы тяжести звеньев (m_1g и m_2g);
- силы инерции, возникающие при ускорении движения (F_{i1} , F_{i2});
- реактивные силы в суставах;
- углы поворота бедра и голени относительно вертикали;
- направления осей координат для плоскостей (XZ) и (YZ).

С помощью схемы на рисунке 1 определяется момент, развивающийся бедренным суставом (M), необходимый для совершения движения. Для этого составляется уравнение равновесия моментов относительно тазобедренного сустава, учитывающее как статические (сила тяжести), так и динамические (инерционные) составляющие. Полученная зависимость $M(t)$ позволяет определить нагрузку на привод экзоскелета и выбрать оптимальные параметры двигателя.

Для мужчины ростом 180см и весом 75кг: $l_1=0.4\text{м}$, $l_2=0.45\text{м}$, $m_1=8.5\text{кг}$, $m_2=4\text{кг}$. Имея кинематическую схему и законы движения голени и бедра от переменной времени можно составить уравнение движения для нахождения M .

$$\begin{aligned}
 M - M_0 + m_1 g \frac{l_1}{2} \cdot \sin(\alpha) - F_{il} l_1 + m_2 g (l_1 \cdot \sin(\alpha) + \frac{l_2}{2} \cdot \sin(\beta)) + \\
 + N \cdot (l_2 \sin(\beta) + l_1 \sin(\alpha)) - F_{mp} \cdot |(l_2 \cos(\beta) + l_1 \cos(\alpha))| \\
 - F_{i2} \cdot \cos(\beta) \cdot |(l_2 \cos(\beta) + l_1 \cos(\alpha))| + F_{i2} \cdot |\sin(\beta)| \cdot (l_2 \sin(\beta) + l_1 \sin(\alpha)) \\
 - F_{i3} \cdot \cos(\beta) \cdot |(l_2 \sin(\beta) + l_1 \sin(\alpha))| + F_{i3} \cdot |\sin(\beta)| \cdot (l_2 \cos(\beta) + l_1 \cos(\alpha)) = 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

При этом:

$$\begin{aligned}
 \alpha(x) = j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\
 j = 7506.16861; k = -41836.4387; g = 76919.6647; h = -67807.1959; \\
 a = 32208.1159; b = -8388.23378; c = 1109.83955; d = -56.71974; f = 0.633388
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 \beta(x) = j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\
 j = 118773.77; k = -266637.031; \\
 g = 228672.258; h = -91208.5872; \\
 a = 15572.0087; b = -461.65065; \\
 c = 59.34287; d = -6.519491; \\
 f = 1.7315
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$m_o = (m_m + m_l + m_2) \tag{5}$$

где m_t – масса всего тела не считая ног,

$$N(x) = m_2 g + m_0 g + m_1 g + F_{i3}(x) \cdot \cos(\beta(x)) + F_{i2}(x) \cdot \sin(\beta(x)) - F_{i1}(x) \cdot \sin(\alpha(x)) \quad (6)$$

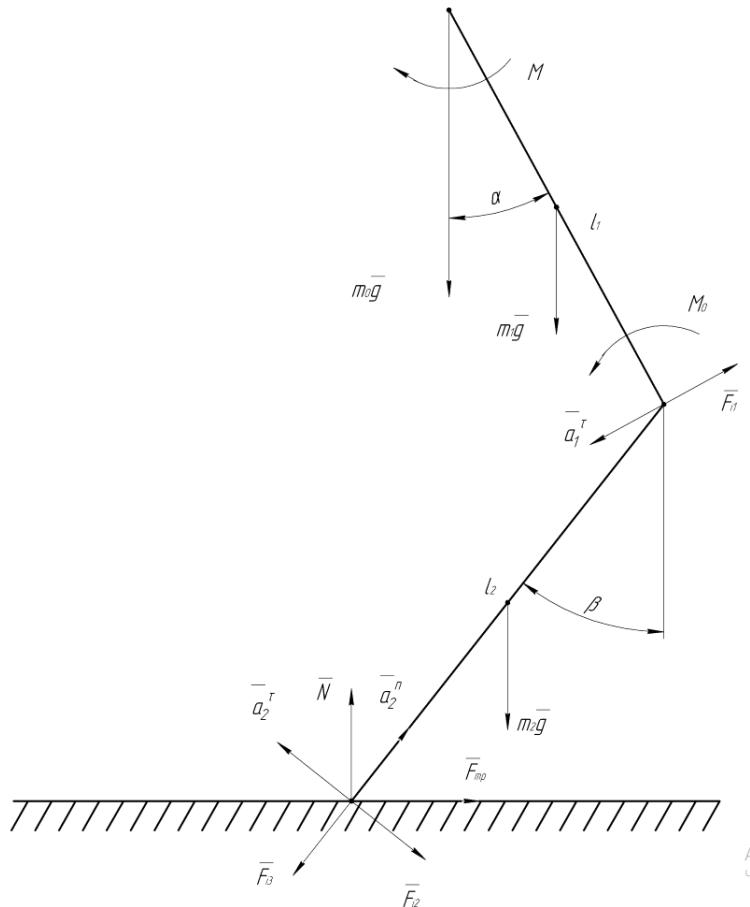


Рисунок 1. – Кинематическая схема

Где:

M – искомый момент бедра;

l_1 – длина бедра;

l_2 – длина голени;

m_0g – сила тяжести всего остального тела;

m_1g – сила тяжести бедра;

m_2g – сила тяжести голени;

a_1^t – тангенциальное ускорение бедра и F_{i1} сила инерции соответствующая ему;

M_0 – момент создаваемый в коленном суставе под действием силы тяжести всего тела что выше ноги;

N – сила реакции пола на ногу;

F_{tp} – сила трения пола с поверхностью ноги;

a_2^t – тангенциальное ускорение голени и F_{i2} сила инерции соответствующая ему;

a_2^n – нормальное ускорение голени и F_{i3} сила инерции этого ускорения соответственно;

N не существует постоянно и будет не равно 0 только на отрезке t_1-t_2 когда исследуемая нога касается пола;

$$F_{mp}(x) = N(x) \cdot \mu \quad (7)$$

$\mu=0.8$

Как и в случае с N , сила трения скольжения существует только на отрезке t_1-t_2 когда исследуемая нога касается пола;

$$F_{i1}(x) = a_1^r(x) \cdot m_1 = \frac{d^2}{dx^2} \alpha(x) \cdot l_1 \cdot m_1; \quad (8)$$

$$F_{i2}(x) = a_2^r(x) \cdot m_2 = \frac{d^2}{dx^2} \beta(x) \cdot l_2 \cdot m_2; \quad (9)$$

$$F_{i3}(x) = a_2^n(x) \cdot m_2 = \left(\frac{d}{dx} \beta(x) \right)^2 \cdot l_2 \cdot m_2; \quad (10)$$

Вынеся M за знак равенства и переписав формулу для использования в программе Mathcad итоговая формула принимает вид:

$$\begin{aligned} M(x) = M_0(x) - m_1 g \frac{l_1}{2} \cdot \sin(\alpha(x)) + F_{i1}(x) \cdot l_1 - m_2 g (l_1 \cdot \sin(\alpha(x)) + \frac{l_2}{2} \cdot \sin(\beta(x))) - \\ - N(x) \cdot (l_2 \sin(\beta(x)) + l_1 \sin(\alpha(x))) + F_{mp}(x) \cdot \left| (l_2 \cos(\beta(x)) + l_1 \cos(\alpha(x))) \right| \\ + F_{i2}(x) \cdot \cos(\beta) \cdot \left| (l_2 \cos(\beta(x)) + l_1 \cos(\alpha(x))) \right| - F_{i2}(x) \cdot \left| \sin(\beta(x)) \right| \cdot (l_2 \sin(\beta(x)) + l_1 \sin(\alpha(x))) \\ + F_{i3}(x) \cdot \cos(\beta(x)) \cdot \left| (l_2 \sin(\beta(x)) + l_1 \sin(\alpha(x))) \right| - F_{i3}(x) \cdot \left| \sin(\beta(x)) \right| \cdot (l_2 \cos(\beta(x)) + l_1 \cos(\alpha(x))) \end{aligned} \quad (11)$$

Результаты вычислений. Проведя вычисления в программе Mathcad получаем график зависимости момента, развивающегося бедром в каждый момент времени совершения движения.

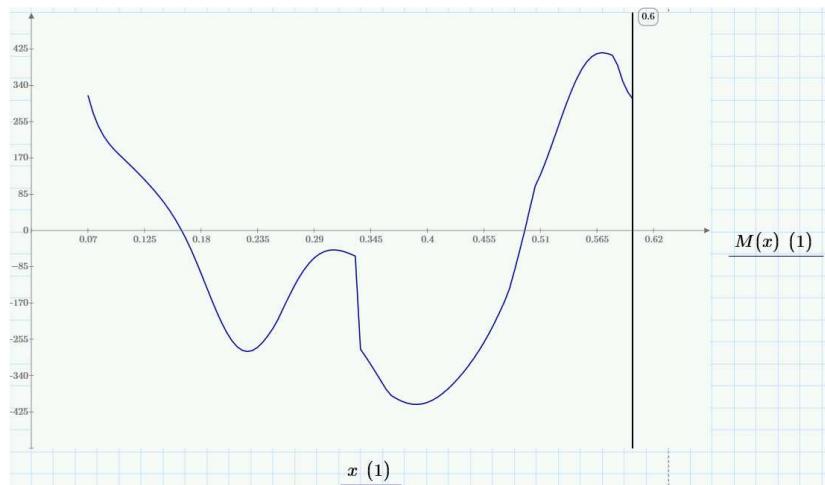


Рисунок 2. – График развивающихся моментов в бедре при беге

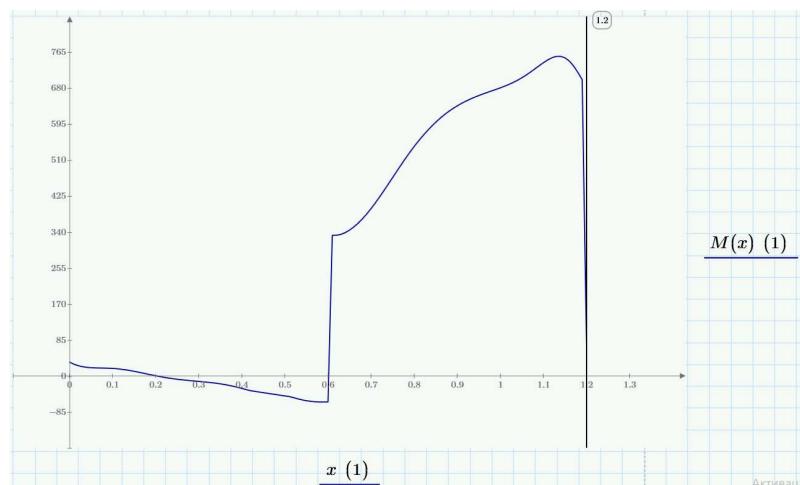


Рисунок 3. – График развивающихся моментов в бедре при ходьбе

При беге график демонстрирует значительный развивающий момент порядка 200-400 Нм, что связано с фазами активного отталкивания и приземления ноги. Так резкие изменения в графике связаны с тем что нога на участке 0.33-0.51с касается пола. Эти пики существенно превышают значения, характерные для ходьбы, и требуют от конструкции экзоскелета повышенной мощности приводов, а также запаса прочности в узлах крепления и сочленениях. Поддерживать настолько большие моменты с сохранением угловой скорости для одного небольшого мотора с редуктором будет невозможно. Ввиду этого следует предусмотреть помочь ноге лишь при поднятии ноги или при отталкивании. Так же может потребоваться интеграция элементов пассивного экзоскелета таких как пружины, газлифты и тд.

При ходьбе развивающие моменты имеют относительно плавный характер. Резкий скачок графика на участке 0.6-1.2с связан с тем что в этот промежуток времени нога касается пола. Не принимая во внимание этот пик максимальные развивающие моменты равные примерно 60 Нм. Это отражает более равномерное распределение нагрузок и меньшую динамичность по сравнению с бегом.

УДК 62-5

ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НИЖНЕГО ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ПРИСЕДАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗВИВАЕМЫХ МОМЕНТОВ СИЛ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

И. В. ЛИСТВИН, К. А. КУНЧЕВСКИЙ, Р. В. ЛЕВАНОВСКАЯ
(Представлено: Е. В. БРИТИК)

В целях рационального проектирования конструкции экзоскелета необходимо понимать, какие приближенные характеристики должен иметь конечный продукт, проведено кинематическое исследование с использованием ранее полученных данных.

Введение. Приседания представляют собой одно из наиболее энергозатратных и нагружающих движений нижних конечностей. В отличие от ходьбы или бега, здесь ключевая нагрузка сосредоточена на коленном суставе, который должен выдерживать вес всего корпуса. Для экзоскелета это движение является критическим тестом на прочность и эффективность приводной системы. Определение моментов сил при приседании позволяет оценить, какие усилия должен развивать привод, чтобы поддерживать или облегчать движение человека, сохраняя при этом естественную биомеханику. **Построение схем.** Для анализа создается кинематическая схема нижнего опорно-двигательного аппарата, включающая бедро, голень. Каждое звено представляется в виде жесткого стержня с заданной длиной и массой, а суставы моделируются как вращательные шарниры. На схеме отображаются:

- силы тяжести звеньев (m_1g и m_2g);
- силы инерции, возникающие при ускорении движения (F_{i1} , F_{i2});
- реактивные силы в суставах;
- углы поворота бедра и голени относительно вертикали;
- направления осей координат для плоскостей (XZ) и (YZ).

С помощью схемы на рисунке 1 определяется момент, развиваемый в коленном суставе (M), необходимый для совершения движения. Для этого составляется уравнение равновесия моментов относительно коленного сустава, учитывающее как статические (сила тяжести), так и динамические (инерционные) составляющие.

Полученная зависимость $M(t)$ позволяет определить нагрузку на привод экзоскелета и выбрать оптимальные параметры двигателя.

Для мужчины ростом 180см и весом 75кг: $l_1=0.4\text{м}$, $l_2=0.45\text{м}$, $m_1=8.5\text{кг}$, $m_2=4\text{кг}$. Имея кинематическую схему и законы движения голени и бедра от переменной времени можно составить уравнение движения для нахождения M .

$$M(x) + M_0(x) + m_1g \frac{l_1}{2} \sin(\alpha(x)) + m_2g \frac{l_2}{2} \sin(\beta(x)) - N(x) \cdot l_2 \sin(\beta(x)) + F_{i1}(x) \cdot l_2 = 0 \quad (1)$$

При этом:

$$m_o = (m_m + m_1 + m_2) \quad (2)$$

где m_o – масса всего тела не считая ног

$$\begin{aligned} a(x) &= j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\ j &= 156.093; k = -744.36674; \\ g &= 1396.41101; h = -1296.16041; \\ a &= 622.87008; b = -162.79197; \\ c &= 28.66549; d = 0.2776239; \\ f &= 0.1868924 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \beta(x) &= j \cdot x^8 + k \cdot x^7 + g \cdot x^6 + h \cdot x^5 + a \cdot x^4 + b \cdot x^3 + c \cdot x^2 + d \cdot x + f \\ j &= -93.42785; k = 450.99569; \\ g &= -834.7232; h = 723.24563; \\ a &= -287.74457; b = 58.06729; \\ c &= -17.74346; d = 0.124766; \\ f &= 3.062 \end{aligned} \quad (4)$$

$$N(x) = m_2 g + m_0 g + m_1 g + F_{i2}(x) \cdot \cos(\beta(x)) - F_{i1}(x) \cdot \sin(\beta(x)) \quad (5)$$

$$F_{i1}(x) = a^t(x) \cdot m_2 = \frac{d^2}{dx^2} \beta(x) \cdot l_2 \cdot m_2 \quad (6)$$

$$F_{i2}(x) = a^n(x) \cdot m_2 = \left(\frac{d}{dx} \beta(x) \right)^2 \cdot l_2 \cdot m_2 \quad (7)$$

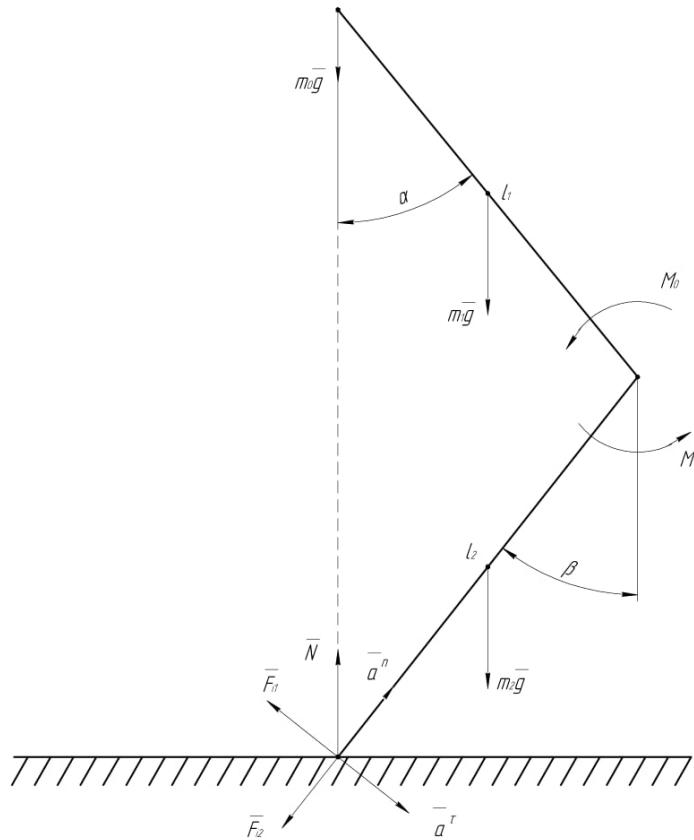


Рисунок 1. – Кинематическая схема

Где:

M – искомый момент колена;

l_1 – длина бедра;

l_2 – длина голени;

$m_0 g$ – сила тяжести корпуса;

$m_1 g$ – сила тяжести бедра;

$m_2 g$ – сила тяжести голени;

a^t – тангенциальное ускорение голени и F_{i1} сила инерции соответствующая ему;

a^n – нормальное ускорение голени и F_{i2} сила инерции соответствующая ему;

M_0 – момент создаваемый в коленном суставе под действием силы тяжести корпуса;

N – сила реакции пола на ногу;

Принимая все выше указанные переменные общая формула имеет вид:

$$\begin{aligned}
 M(x) + M_0(x) + m_1 g \frac{l_1}{2} \sin(\alpha(x)) + m_2 g \frac{l_2}{2} \sin(\beta(x)) - N(x) \cdot l_2 \sin(\beta(x)) + F_{i1}(x) \cdot l_2 &= 0 \\
 \Downarrow \\
 M = -M_0(x) - m_1 g \frac{l_1}{2} \sin(\alpha(x)) - m_2 g \frac{l_2}{2} \sin(\beta(x)) + N(x) \cdot l_2 \sin(\beta(x)) - F_{i1}(x) \cdot l_2 &
 \end{aligned} \quad (8)$$

Результаты вычислений. Проведя вычисления в программе Mathcad получаем график зависимости момента, развивающегося коленным суставом в каждый момент времени совершения движения (рис. 2).

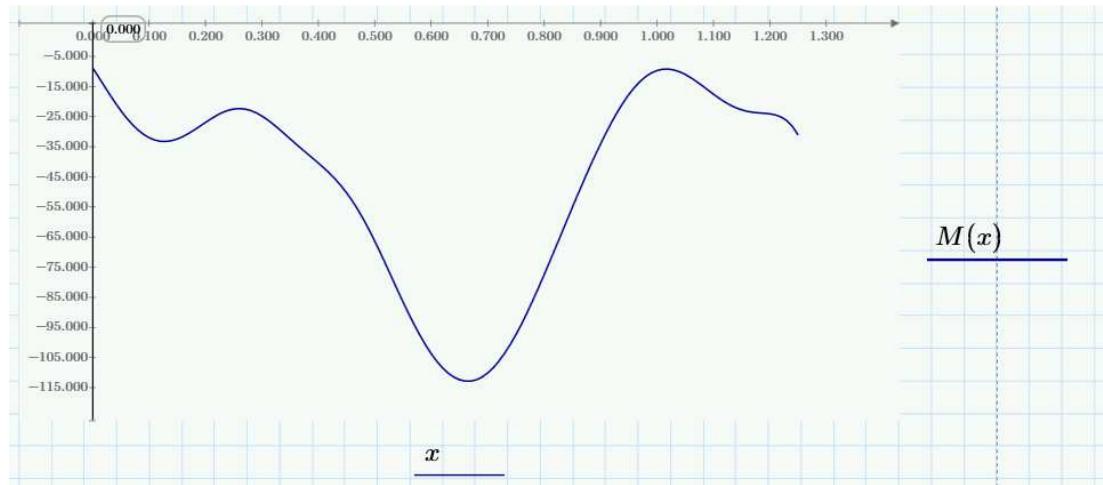


Рисунок 2. – График развивающихся моментов в коленном суставе
при приседаниях

Исходя из полученного графика можно сделать вывод что пиковое значение момента равняется примерно 115 Нм. Стоит так же отметить что моменты получаются с знаком минус, в сущности на ответ и на вывод это не оказывает влияния тк. в данном исследовании рассматриваются пиковые значения моментов для дальнейшего рассмотрения и подбора электромоторов и редукторов. В дальнейшем этот график можно использовать для расчета примерного потребления энергии мотором, зная его потребление Нм/А.

УДК 378.1, 004.9

МИРОВОЙ ОПЫТ И ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

М. Н. МОИСЕЕНКО
(Представлено: М. В. СЕМЕНЧЕНКО)

В статье проанализированы современные проблемы утилизации автомобильного транспорта в Республике Беларусь и за рубежом с учетом роста парка электромобилей. Рассмотрены мировые практики переработки литий-ионных аккумуляторов и предложены адаптированные решения для белорусских условий. Проведена корреляция между системами утилизации традиционных и электрических транспортных средств.

Введение. Быстрое увеличение количества автомобильного транспорта в Республике Беларусь обуславливает необходимость развития эффективной системы утилизации. Особую актуальность приобретает вопрос переработки электромобилей и их аккумуляторных батарей, поскольку парк электротранспорта в стране демонстрирует устойчивый рост. Согласно данным Министерства транспорта и коммуникаций РБ, на начало 2024 года в республике было зарегистрировано более 2,5 тысяч электромобилей, что создает предпосылки для формирования специализированной инфраструктуры утилизации. [4]

Методы исследований. В работе использованы методы сравнительного анализа, статистические методы обработки данных, экспертные оценки и нормативно-правовой анализ. Исследование основано на данных Белстата, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ, а также международных организаций по переработке автомобильной техники. [5]

Современное состояние утилизации автомобилей в Беларусь. Система утилизации автомобилей в Республике Беларусь регламентируется Законом "Об обращении с отходами" и техническим кодексом установившейся практики ТКП 17.11-06-2016 "Правила обращения с отходами автомобильного транспорта". Основными предприятиями, осуществляющими утилизацию, являются ОАО "Белвтормет", УП "Белцветмет" и ряд частных компаний.

Существующая технологическая цепочка включает:

- Демонтаж компонентов
- Сортировку материалов
- Прессование кузовов
- Переработку черных и цветных металлов

Однако система имеет существенные недостатки: низкий процент извлечения редкоземельных металлов, отсутствие специализированных линий для переработки электронных компонентов и ограниченные мощности для работы с композитными материалами. А главный недостаток - отсутствие технологий, инфраструктуры и знаний в области утилизации электромобилей. [1 - 2]

Мировой опыт утилизации электромобилей и аккумуляторов. Международная практика демонстрирует уже несколько эффективных подходов к утилизации электромобилей.

1. Direct recycling: «регенерация» активного материала. Вместо того чтобы полностью разрушать структуру катода и восстанавливать металлы, некоторые методы пытаются восстановить катод так, чтобы он опять мог работать почти как новый. Примеры: Проект **RecyLIB** в ЕС: процесс прямого рециклинга литий-ионных батарей, с минимальным расходом энергии, без токсичных растворителей, и последующим использованием восстановленного материала в новых электродах. В Корее: метод восстановления «spent cathode material» путем раствора с бромом и алюминием, где ионы лития повторно внедряются в структуру катода - без высоких температур и агрессивной химии. Результат: восстановление до 100 % емкости. Гидротермальная релитизация (hydrothermal relithiation) + спекание: восстановление катодов через гидротермическую обработку и термическое восстановление. [6]

2. Recovery of lithium: прямая добыча лития из «черной массы» и отходов. Французская компания «Adionics» использует технологию Flionex: прямая экстракция чистого лития из «черной массы» (измельченные батареи после первичной обработки), с высокой чистотой - подходящая для прямого использования при производстве батарей. [5]

3. Автоматизация разборки, предобработка, сортировка. Проект RESTORE (ЕС) предполагает автоматическую сортировку, безопасность, умную разборку и отделение материалов, чтобы повысить выход полезных компонентов и снизить затраты. Завод BLC в Магдебурге (Германия) внедрил первую в Европе автоматизированную установку «deep discharge» аккумуляторов, которая разряжается быстро (вместо 24 часов — менее 15 минут), безопасно и высокоэффективно. [5]

4. Вторичная жизнь («Second Life») и повторное использование. Redwood Materials: старые батареи, еще способные хранить до ~50 % емкости, используются для стационарного хранения энергии и создания микросетей. Проект REBORN в ЕС: создание модульных систем батарей из вышедших из строя автомобильных аккумуляторов, адаптированных под разные применения – логистика, сельское хозяйство, хранение энергии. [3,5]

5. **Новые химические / физические методы с улучшенной экономикой и меньшим воздействием.** Flash Joule Heating: быстрый нагрев, используемый для разделения и извлечения металлов с более низкими энергозатратами. Механохимические методы: комбинация механического дробления и реакций, чтобы извлечь литий без агрессивных химикатов и сильного нагрева. [5 – 6]

Текущее состояние утилизации электромобилей в Беларуси.

Существует ряд компаний по сбору, хранению и транспортировке аккумуляторов электромобилей. Эти компании не перерабатывают батареи сами, но они являются критически важным звеном в цепочке. Они аккумулируют батареи, правильно их хранят (часто на специально оборудованных площадках с соблюдением правил пожарной безопасности) и затем организуют их экспорт для переработки в другие страны. Примеры таких компаний:

- «БелВТИ» (и его филиалы по областям): Как один из крупнейших игроков на рынке вторичных ресурсов, они активно занимаются сбором и подготовкой к переработке всех видов аккумуляторов, включая литий-ионные. Они имеют необходимые лицензии на обращение с опасными отходами.
- «Белцветмет»: Государственный холдинг, который является централизованным оператором по приему лома цветных металлов и отработанных аккумуляторов. Они также собирают Li-ion батареи и формируют партии для отправки за границу.
- Специализированные компании по обращению с отходами: Некоторые частные компании, имеющие лицензию на работу с опасными отходами (I-IV класса опасности), также принимают такие батареи. Их можно найти через каталоги отходов или по запросу "утилизация аккумуляторов" в Беларусь. [1 – 2]

Рост количества электромобилей. За последние 5 лет мировой парк электромобилей вырос более чем в 5,5 раз. Электромобиль перестал быть нишевым продуктом и стал мейнстримом, определяющим будущее автомобильной промышленности. В Беларусь в 2019 году насчитывалось около 1500 электромобилей, однако уже к 2024 году это число выросло в несколько раз и количество электромобилей уже насчитывало более 35000. На сегодняшний день примерно каждый 150-й автомобиль на дорогах Беларусь – электрический. Это маленькая, но очень заметная и быстрорастущая часть транспортной экосистемы страны. Что касается зарубежных стран, в Китае 35% всех продаваемых автомобилей – электромобиль, в Норвегии 90%, в Германии около 20%. В каждой стране мира количество электромобилей увеличивается, вытесняя автомобили с двигателем внутреннего сгорания, соответственно в каждой стране мира вопрос об утилизации электромобилей должен быть решен. Несмотря на то, что в Беларусь такова проблема не имеет сильное влияние, учитывая тенденцию рынка электромобилей, в скором времени эта проблема может стать на «первый план». [4 – 5]

Заключение. Существующая в Беларусь система утилизации, ориентированная на автомобили с ДВС, является неполной и технологически устаревшей. Она не готова к решению ключевой задачи – комплексной переработки электромобилей и их литий-ионных аккумуляторов. Главный системный недостаток – отсутствие специализированных технологий, инфраструктуры и экспертизы для утилизации компонентов электромобилей. В настоящее время Беларусь не имеет собственных промышленных предприятий, способных осуществлять полный цикл переработки тяговых батарей. Действующая модель сводится к сбору, безопасному хранению и экспорту опасных отходов (аккумуляторов) для переработки в другие страны (ЕС, Россия), что создает долгосрочные экономические и экологические риски. В стране действуют профильные государственные («Белвтормет», «Белцветмет») и частные компании, которые обладают необходимыми лицензиями и выполняют функции первичного сбора и накопления отходов. Эта сеть может стать основой для создания национальной системы утилизации при условии ее технологического перевооружения. Зафиксированный экспоненциальный рост парка электромобилей (с ~1 500 в 2019 г. до >35 000 в 2024 г.) свидетельствует о том, что проблема утилизации батарей перейдет из категории потенциальных в категорию актуальных в среднесрочной перспективе (5-7 лет). Промедление с разработкой и внедрением решений приведет к накоплению критических объемов опасных отходов. Мировая практика предлагает готовые технологические решения для Беларусь, которые выходят за рамки простого захоронения или экспорта отходов. Наиболее релевантными являются: организация каскадного использования батарей («second life») для систем накопления энергии, а также внедрение передовых методов рециклинга (прямое восстановление катодных материалов, эффективное извлечение лития), позволяющих вернуть ценные компоненты в производственный цикл. Республика Беларусь стоит перед необходимостью безотлагательной разработки и реализации государственной программы по созданию наци-

ональной системы утилизации электромобилей. Эта программа должна включать развитие нормативно-правовой базы, стимулирование инвестиций в перерабатывающие технологии, подготовку кадров и внедрение наиболее эффективных и экологичных мировых практик, адаптированных к местным условиям. Промедление с принятием мер приведет к усугублению экологических угроз и потере потенциальной экономической выгоды от рециклинга ценных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт ОАО «Белвтормет». Режим доступа: <https://belvtormet.by>. – Дата доступа: 25.09.2024.
2. Официальный сайт УП «Белцветмет». Режим доступа: <https://beltsvetmet.by>. – Дата доступа: 10.09.2024.
3. Официальный сайт Redwood Materials. Режим доступа: <https://www.redwoodmaterials.com>. Дата доступа: 25.09.2025. – Дата доступа: 15.09.2024.
4. Рынок электромобилей в Беларуси: итоги 2023 года и тенденции Автомобильный портал ABW.BY. Режим доступа: <https://abw.by/>.
5. Global EV Outlook 2024 [Электронный ресурс] / International Energy Agency (IEA). – 2024. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024> . – Дата доступа: 15.09.2024.
6. RecyLIB: Advanced Recycling of Lithium-Ion Batteries <https://cordis.europa.eu/project/id/958316>.

УДК 621.81

ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПАР ТРЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

И. И. ПИЛИПЁНОК

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Т. В. ВИГЕРИНА)

В статье рассмотрены: триботехническое действие смазок в тяжелонагруженных узлах трения, особенности использования смазок с присадками, влияние смазок на срок службы деталей тяжелонагруженных узлов трения, влияние наличия присадок на период приработки.

Цель работы: рассмотреть тенденции применения смазочных материалов в транспорте и перспективы его интеграции на предприятиях республики Беларусь. Структурирование знаний о влиянии смазочных материалов.

Смазочные материалы — твердые, пластичные, жидкие и газообразные вещества, используемые в узлах трения автомобильной техники, промышленных машин и механизмов, а также в быту для снижения износа, вызванного трением.

Увеличение срока службы и надежности подвижных сопряжений механизмов и машин является важной технической задачей.

В современных машинах и механизмах часто встречаются узлы трения, работающие в экстремальных условиях. Сочетание значительных удельных нагрузок и скоростей скольжения, нередко усугубляемое динамическими воздействиями и недостаточным смазыванием, формирует крайне неблагоприятную среду для работы узлов трения, что приводит к их преждевременному выходу из строя.

Отказ большинства узлов современных транспортных средств редко вызван утратой их прочности; чаще всего причиной является износ трибологических элементов. Следовательно, важнейшей задачей для обеспечения надежности и долговечности машин является снижение износа в трибосопряжениях. Данные свидетельствуют о том, что структура затрат на протяжении срока службы автомобиля распределяется следующим образом: производство — 1,4%, техническое обслуживание — 45,4%, а ремонт, в основном вызванный износом деталей, — 53,2%.

Стойкость к износу тяжелонагруженных пар трения во многом зависит от качества используемой смазки, характеристик сопрягаемых поверхностей (отклонений формы, волнистости, шероховатости), а также физико-механических свойств поверхностного слоя, сформированных при изготовлении и изменяющихся в процессе эксплуатации. Одним из эффективных путей решения проблемы снижения износа в тяжелонагруженных парах трения автомобилей является улучшение эксплуатационных свойств пластичных смазок путем добавления модифицирующих присадок.

Целесообразность использования смазок с присадками. Подбор материалов для узлов трения, подверженных высоким нагрузкам, представляет собой непростую задачу, требующую всестороннего анализа и учета множества факторов, включая конструкцию самого узла, условия его работы (температура режим, величина нагрузки, скорость скольжения, характер движения), требуемый срок службы и экономическую целесообразность.

В случае пластичных смазок, их свойства в значительной степени обусловлены структурой дисперсной фазы, которая представляет собой сложную трехмерную сетку, формирующуюся в два этапа. На первом этапе происходит образование первичных мицелл (зародышей кристаллизации) и их последующий рост до более крупных агрегатов определенного размера. Второй этап характеризуется взаимодействием этих макроагрегатов между собой, что приводит к формированию трехмерной структуры, определяющей пластичные свойства смазки. Эффективными модификаторами смазок выступают микроразмерные добавки различной природы, способные влиять на процесс формирования и стабильность данной структуры, а также на ее взаимодействие с поверхностями трения.

Широкое применение получила многоцелевая универсальная антифрикционная комплексная литиевая смазка общего назначения — ИТМОЛ 150Н, подходящая для использования в качестве закладной в закрытых подшипниках качения. Она сохраняет работоспособность в диапазоне температур от минус 40°C до плюс 160°C, с кратковременным повышением до плюс 180°C. Производится на основе индустриального масла И-40А, для загущения которого используется комплекс из 12-гидрооксистеариновой, ортоборной и терефталевой кислот, нейтрализуемых гидрооксидом лития. Смазка разработана как импортозамещающий продукт серии ИТМОЛ, предлагаемый по более низкой цене, чем аналоги, благодаря использованию местного сырья.

Сравним износ образцов, протестированных в смазке Литол-24, комплексной литиевой смазке ИТМОЛ и комплексной литиевой смазке с добавлением нитрида бора ИТМОЛ 150Н+3% BN. Для бронзовых образцов наблюдается значительное уменьшение износа при использовании смазки с добавлением

нитрида бора при давлении 6 МПа. На протяжении всего пути трения износ образцов для ПСМ с нитридом бора меньше, чем с обычной комплексной литиевой смазкой, и ярко выраженная область приработки отсутствует. Если сравнивать величину интенсивности изнашивания пары трения скольжения с традиционно используемой смазкой Литол-24, то можно увидеть, что величина износа при ее использовании в 4–5 раз выше, чем с предлагаемыми комплексными литиевыми смазками ИТМОЛ 150Н и с добавлением нитрида бора ИТМОЛ 150Н+3% BN (рисунок 1).

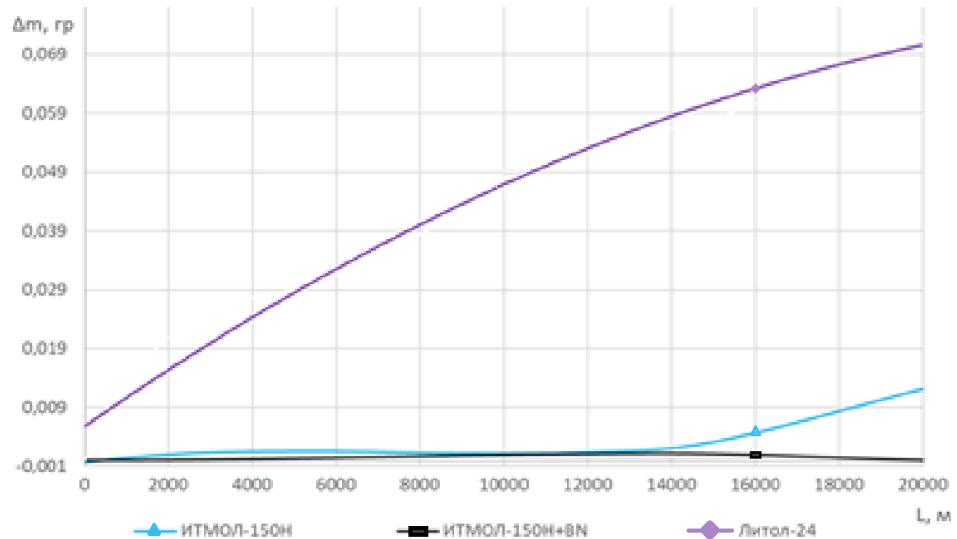


Рисунок 1. – Зависимость массового износа ролика Δm от пути трения L при давлении 6 МПа

Заключение. Показано, что повышение функциональных свойств пластичной смазки может быть достигнуто введением в ее состав нитрида бора. Исследования, смоделированные на основании условий работы тяжелонагруженных деталей узлов трения подтвердили, что износстойкость пар трения увеличивается, а период приработки снижается при использовании комплексных смазок. На основе проведенных исследований установлено, что улучшение свойств пластичных смазок может быть достигнуто введением в ее состав модифицирующих добавок. Триботехнические испытания подтверждают наличие выраженных антифрикционных и противоизносных качеств у разработанных смазочных материалов при эксплуатации в условиях повышенных удельных нагрузок. Имитация условий работы тяжелонагруженных элементов балансирной подвески грузовых автомобилей МАЗ показала, что применение комплексной литиевой смазки с нитридом бора ведет к уменьшению износа контактирующих поверхностей. Интенсивность изнашивания пары трения при использовании стандартной смазки Литол-24 оказывается в 4–5 раз выше по сравнению с испытанными комплексными литиевыми смазками, что подчеркивает значительное преимущество последних.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, В.П. Триботехническое модифицирование поверхностей узлов трения в технике / В.П. Иванов, А.В. Дудан, Т.В. Вигерина // Актуальные проблемы развития экономики и управления в современных условиях: материалы IV международной научно-практической конференции (Московский экономический институт, 10 ноября 2021 года, г.Москва). – Москва: МЭИ, 2021. – С 45–48.
2. Крижевская Э.Т., Сентюрихина М.И., Бартко Р.В., Данилов А.М. Пластичные смазки, модифицированные графеном / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2020. N 6. С. 62–63.
3. Иванов В.П., Дудан А.В., Вигерина Т.В. Триботехническое модифицирование поверхностей узлов трения в технике // Актуальные проблемы развития экономики и управления в современных условиях: сб. мат. IVМеждунар. науч.-практич. конф., Москва, 10 нояб. 2021 г. // Московский экономический ин-т; – М. 2021. С. 328–336.
4. Дудан, А.В. Повышение износстойкости деталей тяжелонагруженных узлов трения автомобилей / А.В. Дудан, Т.В. Вигерина, В.И. Кравчук, И.И.Пилипенок // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность прикладные науки. —2024. — №10 (46). —С. 25-30.
5. Жорник, В. И. Пластичные смазочные материалы с бинарной дисперсной фазой для тяжелонагруженных узлов трения / В. И. Жорник // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Т. 1. - Минск : БНТУ, 2014. - С. 358.

ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

И. И. ПИЛИПЁНОК

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Т. В. ВИГЕРИНА)

В статье рассмотрены трибосопряжения в автомобильном транспорте. Изучены условия работы пар трения, экономическое и экологическое влияние износа, перспективные направления снижения износа.

Цель работы: анализ причины износа и перспектив повышения долговечности трибосопряжений в автомобильном транспорте

Во многих узлах современных машин и механизмов имеются пары трения, работающие в тяжелых условиях. Высокие значения удельных нагрузок и скоростей скольжения, нередко действующих

Решение проблем трения, изнашивания и смазки позволяет добиться высокого экономического эффекта: снижение потребления энергии, затрат на смазочный материал и техническое обслуживание

Надежность и продолжительность службы транспортных средств различных типов, включая автомобили, напрямую зависят от процессов трения и изнашивания, протекающих в механизмах машин. Износ компонентов ведет к разгерметизации узлов, ухудшению точности взаимного расположения и движений деталей. Это провоцирует заклинивания, толчки, вибрации, являющиеся причиной поломок. Трение вызывает потери энергии, перегрев систем, снижение эффективности передаваемых усилий, увеличение потребления топлива и других ресурсов. Вместе с тем, положительная роль трения необходима для функционирования тормозных систем, сцепления и обеспечения движения колес. Явления трения и износа взаимосвязаны: трение ускоряет изнашивание, а износ поверхностей деталей в процессе эксплуатации, в свою очередь, влияет на характер трения.

Для устранения последствий износа необходимы текущие и капитальные ремонтные работы, в ходе которых поврежденные детали и узлы либо заменяют новыми, либо восстанавливают. В процессе эксплуатации техники с износом борются путем проведения регулярных технических осмотров.

Усиленное истирание деталей в соединениях может приводить к нарушению герметичности в рабочих зонах машин (например, в поршневых системах), ухудшению смазки или потере кинематической точности механизма. В результате износа снижается мощность двигателя, увеличивается расход топлива и смазочных материалов, падает производительность компрессоров, повышается риск утечки опасных веществ через уплотнения, ухудшаются тяговые характеристики транспортных средств, управляемость автомобилей (снижая безопасность), снижается производительность и точность обработки на металлорежущих станках.

Даже незначительный износ отдельных элементов в сложных механизмах может накапливаться на выходном звене и нарушать работу всего агрегата. Износ цилиндро-поршневой группы двигателя увеличивает загрязнение воздуха выхлопными газами на 25%.

Выход из строя деталей и рабочих органов машин в нормальных условиях эксплуатации является следствием различных видов физического износа: усталостных разрушений, деформации от ползучести, механического износа, коррозии, эрозии, кавитации, старения материала и других факторов.[1]

Большая часть машин (85...90 %) выходит из строя по причине износа компонентов. Потери средств от трения и износа достигают 4...5 % национального дохода, а на преодоление сопротивления трения затрачивается во всем мире 20...25 % энергии, вырабатываемой за год. Непрерывное повышение нагрузочно-скоростных режимов работы машин и механизмов требует постоянного совершенствования их конструкции, методов технического обслуживания и ремонта.[2]

Проблему долговечности ответственных деталей, определяющих ресурс трибоузла или механизма в целом целесообразно решать на основе применения системного анализа. С позиции теории управления деталь представляет собой в системе «технология – трибоузел – эксплуатация» объект исследования (рисунок 1), в который входят следующие блоки: входные параметры; процессы, происходящие в трибосистеме, и выходные параметры. Входные параметры поделены на три категории – технологические, эксплуатационные и помехи. [3]

В связи с высокой экономической и экологической значимостью проблемы износа, разработка эффективных методов повышения износостойкости деталей машин – приоритетное направление в автомобилестроения. Существуют различные подходы к решению этой задачи, включая применение новых материалов с улучшенными трибологическими характеристиками, разработку эффективных смазочных материалов и систем смазки, а также совершенствование технологий упрочнения поверхностей деталей.

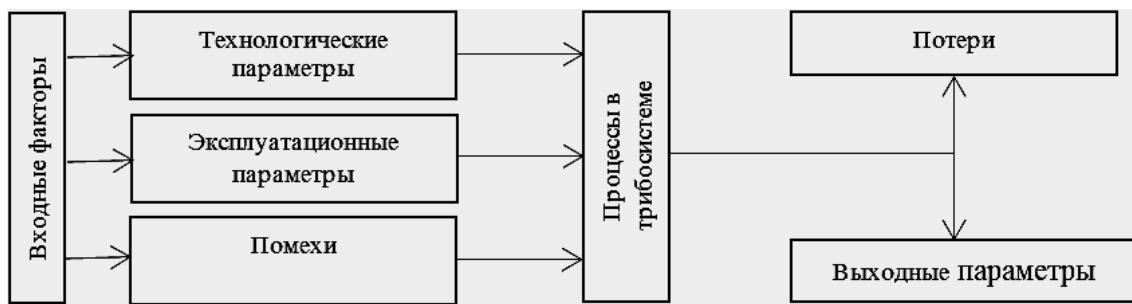


Рисунок 1. Блок-схема

Одним из перспективных направлений является применение износостойких покрытий, наносимых на поверхности деталей. Такие покрытия могут быть выполнены из различных материалов, включая твердые сплавы, керамику, алмазоподобные материалы и композиционные материалы. Выбор материала покрытия зависит от условий эксплуатации детали, требуемой износостойкости и других факторов.

Не менее значимым направлением является разработка новых смазочных материалов: поиск и создание смазок с лучшими эксплуатационными характеристиками, способных снизить трение и износ в широком диапазоне условий. Создание новых систем смазки: использование передовых систем смазки, которые обеспечивают постоянное и эффективное нанесение смазки на пары трения.

Важную роль в снижении износа играет правильная эксплуатация техники. Регулярное техническое обслуживание, своевременная замена смазочных материалов и фильтров, поддержание оптимального температурного режима работы двигателей и агрегатов позволяют значительно увеличить срок службы машин.

Заключение. Проблема износа является комплексной и требует системного подхода к ее решению. Успешное решение этой проблемы позволит не только повысить надежность и долговечность техники, но и снизить затраты на ее эксплуатацию и обслуживание, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Анализ устройства, материалов пар трения и условий их эксплуатации показал, что основными направлениями повышения их износостойкости является выбор материалов, термической и химикотермической обработок, нанесение на детали пар трения покрытий, а также подбор смазочных материалов с необходимой вязкостью и пакетом присадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беркович, И.И. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: учеб. для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; под ред. Д.Г. Громаковского. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2000. – 268 с.
2. Гарукнов, Д.И. Триботехника, конструирование, изготовление и эксплуатация машин / Д.И. Гарукнов. – М.: Изд-во МСХА, 2002. – 629 с.
3. Леонтьев, Л. Б. Системный анализ технологии формирования износостойких покрытий на поверхностях трения деталей / Л. Б. Леонтьев, А. Л. Леонтьев, В. Н. Макаров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12 (часть 4). – С. 729–734.

ФОРСУНКИ СИСТЕМЫ COMMON RAIL. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Д. Ф. ЧИРКУН, Д. С. КОЛБАСКО
(Представлено: В. В. КОСТРИЦКИЙ)

Данная статья посвящена детальному разбору устройства и принципа действия форсунок в системе питания Common Rail. Описывается роль каждого компонента: от управляющего клапана и гидравлической камеры до иглы распылителя. Доступным языком с помощью наглядной аналогии объясняется пошаговый цикл работы форсунки — от закрытого состояния до момента впрыска и его окончания. Также в статье раскрываются ключевые преимущества технологии, такие как многократный впрыск и высочайшая точность дозировки.

Основная часть. Устройство форсунки Common Rail Современная электрогидравлическая форсунка Common Rail — это высокоточный механизм, состоящий из нескольких ключевых компонентов. Упрощенно ее можно разделить на три основные части [1]:

1. Электромагнитный или пьезоэлектрический клапан (управляющий клапан) Это «мозг» форсунки, который получает электрические сигналы от ЭБУ. Электромагнитный клапан (рисунок 1).

Содержит катушку и якорь. При подаче напряжения катушка создает магнитное поле, которое перемещает якорь, открывая или закрывая управляющие каналы.

Пьезоэлектрический клапан (рисунок 2). Более современная и быстродействующая технология. Пьезоэлемент под действием напряжения изменяет свою длину, что приводит к мгновенному открытию клапана. Пьезофорсунки способны срабатывать в несколько раз быстрее электромагнитных, что позволяет выполнять multiple впрыски (несколько подач топлива за один цикл) [2].

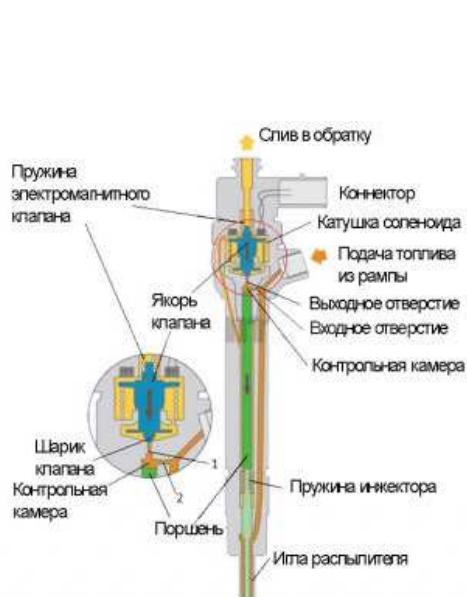


Рисунок 1. – Электрогидравлическая форсунка



Рисунок 2. – Пьезоэлектрическая форсунка

2. Гидравлическая часть. Эта часть использует давление самого топлива для управления иглой распылителя. Управляющая камера (камера управления): Полость, находящаяся сверху над иглой распылителя. Давление в этой камере удерживает иглу в закрытом состоянии. Запорный поршень (поршень управления): Соединяет управляющую камеру с иглой распылителя. Впускной (входной) дроссель: Канал, через который топливо высокого давления поступает из рампы в управляющую камеру. Выпускной (выходной) дроссель: Канал, который перекрывается управляющим клапаном. При его открытии топливо из управляющей камеры стравливается в обратную магистраль.

3. Механическая часть (распылитель). Это наконечник форсунки, который непосредственно контактирует с камерой сгорания. Игла распылителя: Подпружиненная игла, которая плотно перекрывает сопловые отверстия. Сопловые отверстия: Калиброванные каналы микроскопического диаметра, через

которые топливо впрыскивается в цилиндр. Их количество, диаметр и угол определяют форму факела распыла.

Принцип действия (на примере электромагнитной форсунки)

Работа форсунки — это цикл из двух фаз: закрытое состояние и впрыск.

Фаза 1: Форсунка закрыта (игла прижата к седлу) Топливо под высоким давлением (до 2500 бар) из рампы поступает в форсунку по двум путям: 1. В полость под иглой распылителя (в камеру сгорания). 2. Через впускной дроссель в управляющую камеру. Давление в управляющей камере действует на запорный поршень, который, в свою очередь, давит на иглу распылителя сверху. Площадь поршня сверху больше площади иглы снизу, поэтому сила, удерживающая иглу закрытой, превышает силу, пытающуюся ее поднять. Управляющий клапан (электромагнитный) закрыт и перекрывает выпускной дроссель.

Фаза 2: Впрыск топлива (игла поднимается) ЭБУ подает электрический импульс на катушку электромагнитного клапана. Клапан открывается, поднимая якорь и открывая выпускной дроссель. Топливо из управляющей камеры быстро стравливается через этот дроссель в обратную магистраль (слив в бак). Давление в управляющей камере резко падает. Теперь сила давления топлива, действующая снизу на иглу (со стороны камеры сгорания), становится больше силы сверху [3]. Игла распылителя поднимается, и топливо под высоким давлением с огромной скоростью впрыскивается в цилиндр через крошечные сопловые отверстия, образуя идеальный «туман».

Фаза 3: Окончание впрыска (игла закрывается) ЭБУ прекращает подавать напряжение на клапан. Электромагнитный клапан закрывается, перекрывая выпускной дроссель. Через впускной дроссель управляющая камера снова быстро заполняется топливом из рампы, давление в ней растет. Это давление через поршень давит на иглу сверху, и она быстро и плотно садится на седло, резко обрывая впрыск [4].

Заключение. Ключевые преимущества и особенности:

1. Высокое и постоянное давление: Давление впрыска не зависит от оборотов двигателя, что обеспечивает качественное распыление на всех режимах.
2. Многократный (многофазный) впрыск: ЭБУ может управлять форсункой так, чтобы за один цикл произвести несколько впрысков: Предварительный впрыск: Небольшая порция топлива для мягкого нарастания давления и температуры в цилиндре («поджог»), что снижает шум и вибрации. Основной впрыск: Обеспечивает основную мощность и крутящий момент. Дополнительный (послевпрыск): Необходим для регенерации сажевого фильтра (DPF) путем дожигания сажи.
3. Высочайшая точность: Дозировка топлива и момент впрыска рассчитываются с точностью до миллисекунды и миллиграмм.
4. Экологичность и экономичность: Точное управление и качественное распыление приводят к полному сгоранию топлива, минимизируя выбросы вредных веществ (сажи, NOx) и снижая расход топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика и техническое обслуживание машин : учеб. / А.Д. Ананьин [и др.]. – М : Академия, 2015. – 416 с.
2. Неговора, А.В. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных дизелей совершенствованием конструкции и технологии диагностирования топливоподающей системы : дис. ... д-ра техн. наук : 05.04.02 / А.В. Неговора. – СПб., 2004. – 343 л.
3. Грехов, Л.В. Аккумуляторная топливная система с электро-гидроуправляемой форсункой / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора // Тракторы и сельхозмашины. – 2001. – № 7. – С. 14–16.
4. Неговора, А.В. Диагностирование топливной аппаратуры автотракторных дизелей / А.В. Неговора., Л.В. Грехов, И.И. Габитов // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения : сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. 100-лет Вибе. – Челябинск : ЮУрГУ, 2003. – 85 с.

УДК 623.52

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ БЕЗ СНЯТИЯ С ДВИГАТЕЛЯ

Д. Ф. ЧИРКУН, Д. С. КОЛБАСКО
(Представлено: В. В. КОСТРИЦКИЙ)

Рассмотрен метод диагностирования дизельных топливных форсунок, который позволяет эффективно оценить их техническое состояние без снятия с двигателя. Этот метод применим в первую очередь в тех случаях, когда форсунки невозможно снять без механических повреждений. Проверка форсунок без снятия производится сравнительным анализом показателей параметров всех форсунок двигателя. К этим параметрам можно отнести коррекцию цикловой подачи топлива, калибровку нулевой подачи, характеристики управляющего сигнала, сопротивление форсунки, расход топлива на управление. Для определения состояния форсунки необходимо установить значения всех диагностических параметров. Отклонение хотя бы одного из них от номинального значения указывает на неисправность пьезофорсунки.

Основная часть. Для таких двигателей нами предложен метод, в котором рассматриваются в качестве оценочных характеристик такие диагностические показатели, которые возможно определить и зафиксировать без снятия форсунки с двигателя и без ее разборки. Кроме того, этот способ можно использовать для диагностирования любых дизельных двигателей с пьезофорсунками. К диагностическим параметрам относятся:

- коррекция цикловой подачи топлива;
- калибровка нулевой подачи;
- параметры управляющего импульса; – сопротивление форсунки;
- расход топлива на управление [1].

Проверка форсунок без снятия производится сравнительным анализом показателей параметров всех форсунок двигателя.

Коррекция цикловой подачи топлива. Цикловая подача топлива (мг) – один из важнейших показателей работы цилиндров двигателя и форсунок.

После подачи топлива в конце такта сжатия поршень в результате воспламенения этого топлива перемещается от верхней мертвоточки к нижней, передавая угловое ускорение коленчатому валу (угловое ускорение определяется с помощью датчика коленчатого вала). В идеально работающем двигателе для равномерного ускорения коленчатого вала от каждого цилиндра в одном режиме (холостой ход, частичная нагрузка двигателя, полная нагрузка двигателя и т.д.) необходимо одно и тоже количество подаваемого топлива в каждый цилиндр. Однако в результате изнашивания составных частей гидросистемы пьезофорсунки часть топлива может либо сбрасываться через канал управления, либо некачественно распыляться, поэтому требуется больше топлива, чтобы получить такое же ускорение коленчатого вала [2].

В каждый цилиндр подается разное количество топлива, и этот алгоритм работает всегда.

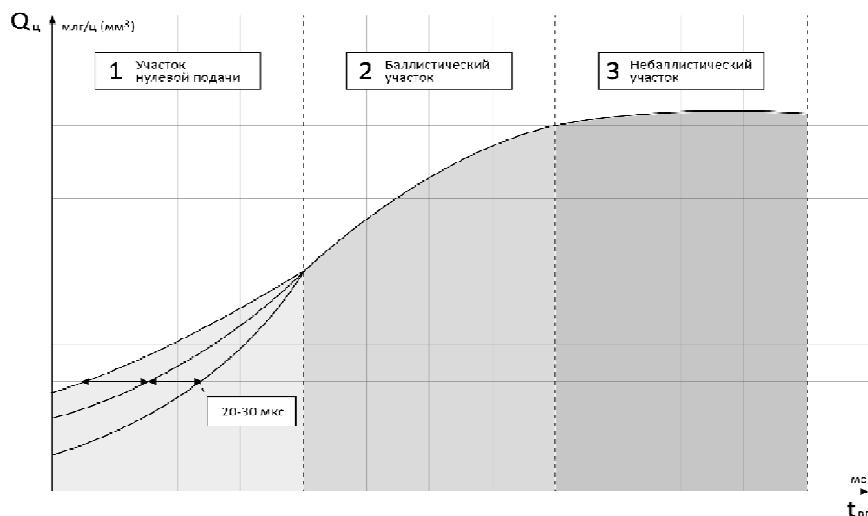
Разница между заложенным в электронный блок управления количеством топлива, которое необходимо подать форсункой, и реально поданным количеством называется коррекцией цикловой подачи топлива. Значение этого параметра можно оценить, подключив к автомобилю сканирующую диагностическую систему. Коррекция цикловой подачи носит относительный характер, т.е. техническое состояние по этому параметру определяется после анализа его значений на всех форсунках. Производители рекомендуют считать форсунку неисправной, если отклонение коррекции превышает 25% от номинального значения цикловой подачи.

Калибровка нулевой подачи. Зависимость количества подачи топлива от длительности импульса открытия пьезофорсунки можно разделить на три основных участка: участок нулевой подачи, баллистический и небаллистический участки (рисунок 1).

На баллистическом участке подача топлива растет с увеличением времени впрыска, на небаллистическом – почти не изменяется. Как правило, небаллистический участок отражает работу форсунки при повышенной нагрузке двигателя, когда дальнейшее увеличение количества топлива не приводит к нарастанию мощности, а лишь вызывает усиленное образование сажи. На этих участках каждому значению времени впрыска соответствует количество подаваемого топлива, установленное заводом-изготовителем [3].

Участок нулевой подачи характеризует работу форсунки при предварительных впрысках, где время открытия форсунки крайне мало, поэтому запрограммировать его невозможно. Такое время открытия форсунки составляет примерно 100 мкс, постоянно колеблется в пределах от 20 до 30 мкс и называется

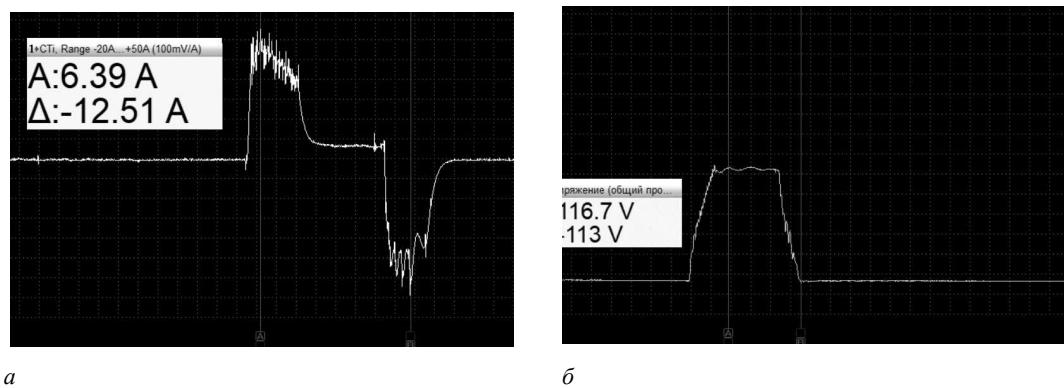
калибровкой нулевой подачи (мкс). Увеличение пределов колебания данного параметра свидетельствует об износе основных гидравлических элементов форсунки. Как и в случае коррекции цикловой подачи, калибровка нулевой подачи определяется при помощи сканирующей диагностической системы.



Q_u – цикловая подача топлива; t_{on} – время открытия форсунки

Рисунок 1. – Зависимость количества подачи топлива от длительности импульса открытия форсунки

Параметры управляющего импульса. Для открытия клапана пьезофорсунки нужны большой ток и высокое напряжение. Управляющее напряжение пьезофорсунки находится в пределах от 70 до 120 В, поэтому для питания форсунок устанавливается отдельный, повышающий напряжение, трансформатор. При этом напряжение на форсунку подается не постоянно, а короткими импульсами (ШИМ-сигналом). При подаче и снятии напряжения происходит выброс тока, одинакового по амплитуде (порядка $\pm 6-10$ А), но разнонаправленного по значению (рисунок 2) [4].



а – осциллограмма силы тока; б – осциллограмма напряжения

Рисунок 2. – Параметры управляющего сигнала

По величине напряжения, силе тока и форме сигнала тока можно сделать вывод о состоянии форсунок. Для определения параметров управляющего импульса необходимо использовать мотортестер, подключив к одному из его каналов токовые клещи с широкой полосой пропускания, а к другому – адаптер-иглу для измерения напряжения. Токовые клещи и адаптер-иглу следует установить на провод с управляющим сигналом. Форма и значения силы тока, значения напряжения должны быть одинаковыми для всех форсунок. Любое отклонение параметров управляющего импульса указывает на неисправность форсунки.

Сопротивление форсунки. Пьезоэлемент форсунки должен обладать высоким омическим сопротивлением от 150 до 200 кОм. Также сопротивление между корпусом форсунки и контактами пьезоэлемента должно стремиться к бесконечности. Для определения сопротивления пьезоэлемента используют

омметр, а для измерения сопротивления между пьезоэлементом и корпусом форсунки – мегомметр с возможностью подачи напряжения порядка 100 В [5].

Расход топлива на управление. Помимо этого, проверка форсунок без снятия производится сравнительным анализом объема поступающего топлива в обратную линию, т.е. измерением расхода топлива на управление (мг). Для проведения теста необходимо снять шланги со штуцеров обратного слива форсунки, установив на их место прозрачные шланги специального устройства. Это устройство представляет собой градуированные в единицах объема мерные стаканы (к каждой форсунке устанавливается отдельный мерный стакан). Расход топлива определяют на холостом ходу двигателя или при прокрутке стартером, если двигатель не заводится. Расход топлива на управление должен быть одинаковым для всех форсунок. Превышение расхода топлива на управление в два раза относительно других форсунок является критическим.

При диагностировании пьезофорсунок без снятия их с двигателя необходимо определить значения всех приведенных выше диагностических параметров. Отклонение хотя бы одного диагностического параметра от номинального указывает на неисправность форсунки. В таком случае неисправную форсунку следует заменить [6].

Результаты исследований. По данной методике было проведено диагностирование дизельных двигателей различных марок автомобилей, у которых есть проблема со снятием пьезофорсунок. В данной статье рассмотрены примеры применения метода для автомобилей Opel Vivaro с двигателем 2.0 HDI.

Автомобиль *Opel Vivaro с двигателем 2.0 HDI*. Этот автомобиль имеет особенности конструкции подкапотного пространства, которые позволяют дождевой воде с ветрового стекла попадать в колодцы форсунок, что приводит к коррозии и невозможности снятия форсунок без механических повреждений. В случае с этим автомобилем неисправность проявлялась как неравномерная работа двигателя на всех режимах и плохой запуск двигателя. Для определения коррекции цикловой подачи топлива и калибровки нулевой подачи использовалась сканирующая диагностическая система Launch X431 PRO; для измерения силы тока и напряжения, а также для определения формы сигнала – мотортестер USB Autoscope 4; для определения сопротивления пьезоэлемента – омметр, встроенный в мультиметр MY60, сопротивления форсунки – мегомметр Мегеон 13210. Расход топлива на управление определялся прибором Rail HCB A2252. Результаты диагностирования этого автомобиля при помощи безразборного метода представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты диагностирования автомобиля Opel Vivaro

Номер форсунки	Параметры							
	коррекция цикловой подачи топлива, мг	калибровка нулевой подачи, мкс	сила тока, А	напряжение, В	форма сигнала	сопротивление пьезо элемента, кОм	сопротивление форсунки, кОм	расход топлива на управление, мг
1	-1,2	8	7,7	114	без особенностей	178 кОм	–	5 мг за 2 мин
2	+0,3	15	7,7	118	без особенностей	175 кОм	–	4 мг за 2 мин
3	+2,4	158	8	114	без особенностей	168 кОм	–	21 мг за 2 мин
4	+0,1	12	7,9	116	без особенностей	167 кОм	–	4 мг за 2 мин

В выделенных ячейках таблицы значения параметров превышают предельно допустимые. Для данного двигателя цикловая подача топлива составляет 6,5 мг, соответственно, коррекция не должна превышать 1,95 мг топлива на цикл. Для третьей форсунки это значение значительно выше – 2,4 мг. Кроме того, для этой форсунки калибровка нулевой подачи значительно выше допустимого значения (158 мкс при предельно допустимом значении 30 мкс), расход топлива на управление в несколько раз превышает значения этого параметра для других форсунок. По полученным данным форсунку третьего цилиндра следует признать неисправной и рекомендовать ее заменить.

Заключение. В результате исследований было установлено, что предложенный нами метод диагностирования дизельных топливных форсунок с пьезоэлектрическим приводом без снятия с двигателя позволяет эффективно определять их техническое состояние. Проверка форсунок при помощи данного метода производится сравнительным анализом показателей параметров всех форсунок двигателя.

Метод в первую очередь используется в тех случаях, когда форсунки невозможно снять с двигателя без механических повреждений. Он может использоваться и для дизельных двигателей с пьезофорсунками, не имеющими проблем снятия, т.к. не требует дорогостоящего дилерского оборудования.

Для дизельных двигателей таких марок машин, как Mercedes, Peugeot, Citroen, Ford, Volvo, Suzuki, Renault, Nissan, Opel, Hyundai, Kia, Fiat и Iveco, этот метод является единственным возможным способом оценки технического состояния пьезофорсунок.

Преимущество метода заключается в использовании недорогостоящего оборудования. Кроме того, данный метод требует небольших временных затрат и обладает достаточно высокой точностью полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика и техническое обслуживание машин : учеб. / А.Д. Ананьин [и др.]. – М : Академия, 2015. – 416 с.
2. Неговора, А.В. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных дизелей совершенствованием конструкции и технологии диагностирования топливоподающей системы : дис. ... д-ра техн. наук : 05.04.02 / А.В. Неговора. – СПб., 2004. – 343 л.
3. Грехов, Л.В. Аккумуляторная топливная система с электро-гидроуправляемой форсункой / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора // Тракторы и сельхозмашины. – 2001. – № 7. – С. 14–16.
4. Неговора, А.В. Диагностирование топливной аппаратуры автотракторных дизелей / А.В. Неговора, Л.В. Грехов, И.И. Габитов // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения : сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. 100-лет Вибе. – Челябинск : ЮУрГУ, 2003. – 85 с.
5. Гюнтер, Г. Диагностика дизельных двигателей : [пер. с нем.] / Г. Гюнтер. – М. : За рулем, 2004. – 176 с. – (Автомеханик).
6. Скляр, В. Ремонт и обслуживание форсунок дизельных двигателей: практическое руководство / В. Скляр, С. Яковенко, А. Скляр. – Ростов на/Д : ПОНЧиК, 2000. – 24 с.

УДК 621.98

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТОВ YOLO 1 / YOLO 2
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ
СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ 3D-ПРИНТЕРА**

Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ, А. А. КАРЕТНИКОВА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. М. ДОЛГИХ)

Проведено экспериментальное исследование влияния алгоритмов ускорения и замедления перемещений печатающей головки на инерционные характеристики системы позиционирования 3D-принтера. Для оценки использовались тесты YOLO 1 / YOLO 2, реализованные в слайсере OrcaSlicer, которые позволяют определить отклик системы на динамические нагрузки при изменении скоростных параметров.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, инерционные свойства, ускорение, адгезия.

Введение. Точность позиционирования является одной из ключевых характеристик FDM-принтера и напрямую влияет на качество печати, особенно при высоких скоростях [1]. В процессе движения печатающая головка испытывает динамические нагрузки, связанные с ускорением, торможением и изменением направления. Избыточная инерция или неправильно настроенные параметры ускорения могут вызывать вибрации, рябь и геометрические искажения контуров изделия.

Современные слайсеры, такие как OrcaSlicer, включают тесты YOLO 1 / YOLO 2, предназначенные для экспериментальной оценки и оптимизации инерционных характеристик кинематической системы 3D-принтера. Эти тесты формируют серию резких перемещений и изменений направления, что позволяет выявить резонансные эффекты и определить диапазон устойчивой работы по скоростным параметрам.

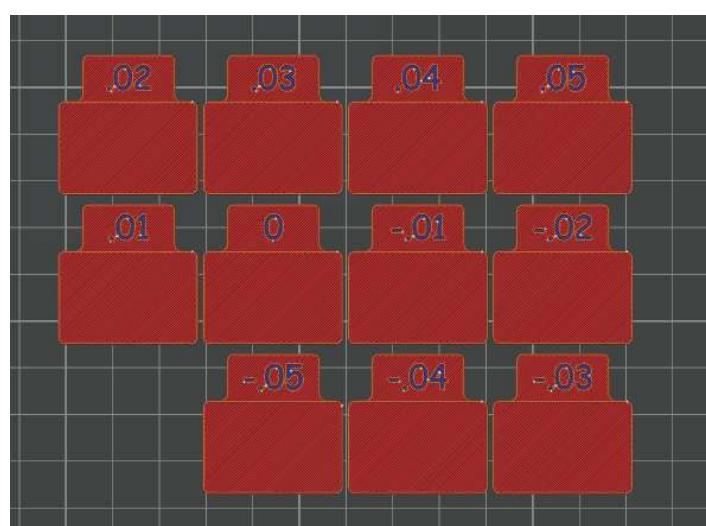
Целью настоящей работы является экспериментальное определение влияния инерционных свойств системы позиционирования на точность формирования контуров и выявление оптимальных параметров ускорения и замедления при FDM-печати.

Основная часть. Эксперимент проводился на 3D-принтере Creality Ender 3 V3 KE, оснащенном системой автоуровня (датчик CR-Touch). В качестве материала использовался филамент PLA+ от ESUN, диаметром 1,75 мм, сопло – 0,4 мм. Параметры печати:

- температура экструдера – 210 °C;
- температура стола – 55 °C;
- высота слоя – 0,2 мм.

Для тестирования использовались встроенные модели YOLO 1 и YOLO 2, генерируемые в OrcaSlicer.

- YOLO 1 – базовый тест, моделирующий короткие ускорения и изменение направления.
- YOLO 2 – расширенный тест с увеличенными амплитудами ускорения и перемещений, направленный на выявление инерционных и резонансных эффектов.



**Рисунок 1. – Расположение моделей на столе 3D-принтера
в программе OrcaSlicer**

Результаты и интерпретация. Результаты показали, что при низких значениях ускорения (до 1000 $\text{мм}/\text{с}^2$) движение печатающей головки оставалось стабильным, однако наблюдалось увеличение времени печати и незначительное снижение четкости переходов по углам.

При увеличении ускорения до 3000–4000 $\text{мм}/\text{с}^2$ на образцах YOLO 1 фиксировалась оптимальная четкость контуров и минимальная рябь на вертикальных поверхностях. Микроскопический анализ подтвердил равномерность шага дорожек и отсутствие смещения слоев.

Для теста YOLO 2 при тех же параметрах наблюдались первые признаки динамической нестабильности: микроволны и фазовые сдвиги между линиями, указывающие на инерционные колебания системы позиционирования. При превышении ускорений более 4500 $\text{мм}/\text{с}^2$ происходило выраженное смещение контуров, особенно на резких сменах направления.

Таким образом, диапазон ускорений 2500–3500 $\text{мм}/\text{с}^2$ можно считать оптимальным для данного типа принтера и кинематики. Этот режим обеспечивает компромисс между скоростью, точностью и устойчивостью системы (рис. 2).

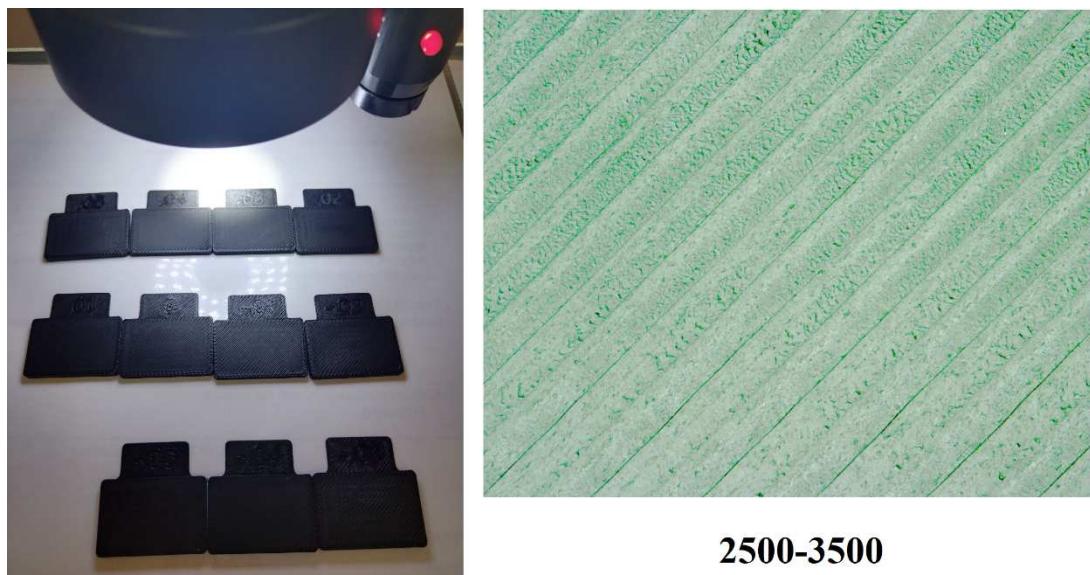


Рисунок 2. – Выявление оптимального диапазона ускорений на видеоизмерительном микроскопе

Заключение. В ходе работы экспериментально определено влияние инерционных свойств системы позиционирования на качество печати при FDM-технологии. Тесты YOLO 1 / YOLO 2, реализованные в OrcaSlicer, позволяют наглядно выявить диапазон устойчивых параметров ускорения и скорости.

Оптимальные значения ускорения для принтера Creality Ender 3 V3 KE составляют 2500–3500 $\text{мм}/\text{с}^2$, что обеспечивает высокую точность без появления инерционных дефектов. Применение данных тестов рекомендуется при первичной настройке или модернизации 3D-принтеров, а также при оценке динамических характеристик кинематических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попок, Н.Н. Технология производства машиностроительных изделий на основе послойного синтеза с использованием 3D-принтера [Электронный ресурс] : практикум : учебное пособие / Николай Николаевич Попок, Сергей Анатольевич Портянко ; Министерство образования Республики Беларусь, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : ПГУ, 2022. – 61 с.

УДК 621.98

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АЛГОРИТМА МНОГОПРОХОДНОГО НАНЕСЕНИЯ МАТЕРИАЛА НА ГЕОМЕТРИЮ И АДГЕЗИЮ ПРИ 3Д-ПЕЧАТИ

Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ, А. А. КАРЕТНИКОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. М. ДОЛГИХ)

В работе рассмотрено влияние алгоритма многопроходного нанесения материала (Pass 1 / Pass 2), реализованного в слайсере *OrcaSlicer*, на формирование геометрии и адгезию первого слоя при FDM-печати. Проведено сравнение результатов печати одно- и двухпроходным методом с использованием филамента PLA+. Для анализа структуры поверхности применялся видеоизмерительный микроскоп.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, многопроходное нанесение, адгезия, скорость потока.

Введение. На этапе формирования первого слоя проявляются отклонения, связанные с неравномерной подачей материала, колебаниями температуры и изменением скорости движения сопла. Для устранения подобных дефектов современные слайсеры используют специальные алгоритмы компенсации и оптимизации потока материала [1].

Одним из таких решений является алгоритм многопроходного нанесения материала (Pass 1 / Pass 2), реализованный в *OrcaSlicer*. Его суть заключается в последовательном нанесении двух слоев экструзии с различной скоростью и интенсивностью подачи, что позволяет добиться более плотной структуры и улучшенной адгезии к поверхности стола. Целью настоящего исследования является экспериментальный анализ влияния многопроходного алгоритма *OrcaSlicer* на геометрию и адгезию первого слоя при FDM-печати.

Основная часть. Эксперимент проводился на 3D-принтере *Creality Ender 3 V3 KE*, оснащенном системой автоуровня (датчик CR-Touch). В качестве материала использовался филамент PLA+ от *ESUN*, диаметром 1,75 мм, сопло – 0,4 мм. Параметры печати:

- температура экструдера – 210 °C;
- температура стола – 55 °C;
- высота слоя – 0,2 мм;
- скорость печати – 200 мм/с.

Для эксперимента была выбрана тестовая модель в форме плоского прямоугольника размером 40 × 30 × 1,4 мм. Образцы печатались в двух режимах (рис. 1):

- Single Pass – однопроходное нанесение материала (Pass 1 только);
- Dual Pass – двухпроходное нанесение (Pass 1 + Pass 2).

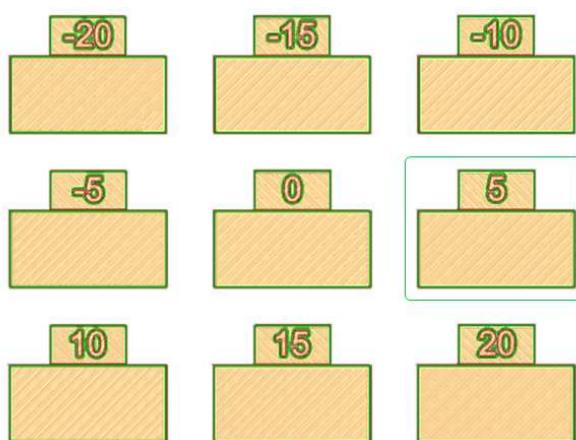


Рисунок 1. – Однопроходное и двухпроходное нанесение материала при различных скоростях потока

После печати образцы подвергались визуальному осмотру и инструментальному анализу с использованием видеоизмерительного микроскопа *NORGAU NVM-4030D*, что позволило оценить равномерность структуры, степень спайки дорожек, плотность прилегания и характер краевых зон первого слоя.

Результаты и интерпретация. Результаты исследования показали, что при однопроходной печати (Single Pass) наблюдались неравномерности толщины экструзии, непостоянство ширины дорожек и локальные зоны недэкструзии, особенно в начале и по краям модели. Поверхность характеризовалась заметной текстурой и неравномерным блеском, указывающим на различную степень прижатия материала к столу (рис. 2).

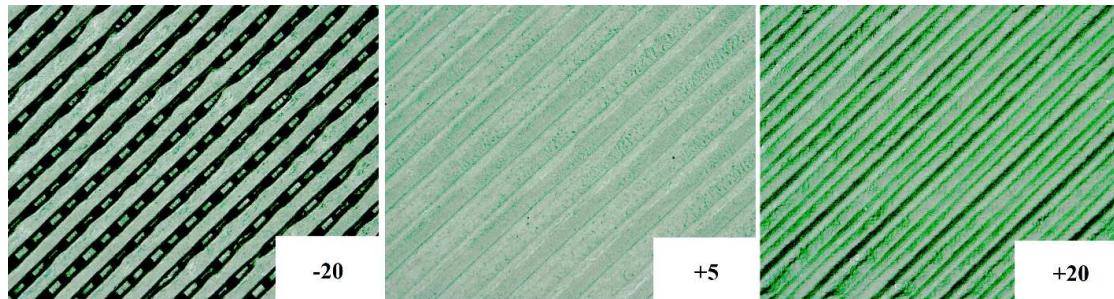


Рисунок 2. – Результаты нанесения экструзии при однопроходной печати
(ярко выраженная неравномерно наблюдалась при -20/+20)

При двухпроходной печати (Dual Pass) структура слоя стала визуально более ровной и однородной. Микроскопический анализ выявил уменьшение зазоров между дорожками и увеличение плотности прилегания расплава к подложке. Второй проход обеспечил дополнительное термическое воздействие, благодаря чему происходило частичное самовыравнивание нити и компенсация неравномерностей первого нанесения.

Кроме того, было отмечено улучшение геометрии краев модели – линии имели четкие границы и одинаковую высоту по всей длине. Это свидетельствует о синхронизации скорости подачи материала с движением печатающей головки.

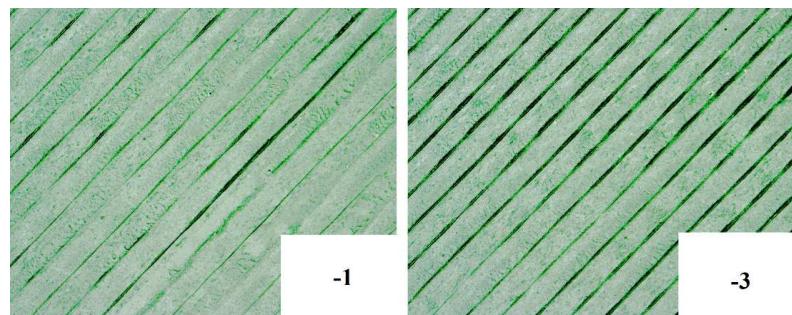


Рисунок 3. – Результаты нанесения экструзии при двухпроходной печати
(ярко выраженная неравномерно наблюдалась при -3)

В целом, многопроходный алгоритм OrcaSlicer обеспечивает более равномерный поток расплава, повышает стабильность формирования первого слоя и способствует улучшению адгезии.

Заключение. Исследование подтвердило, что применение алгоритма многопроходного нанесения материала (Pass 1 / Pass 2) оказывает положительное влияние на качество формирования первого слоя при FDM-печати.

Двухпроходный режим способствует равномерному распределению материала, улучшает геометрию дорожек и повышает адгезию к рабочей поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

- Попок, Н.Н. Технология производства машиностроительных изделий на основе послойного синтеза с использованием 3D-принтера [Электронный ресурс] : практикум : учебное пособие / Николай Николаевич Попок, Сергей Анатольевич Портянко ; Министерство образования Республики Беларусь, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : ПГУ, 2022. – 61 с.

КАРТА НЕРОВНОСТЕЙ СТОЛА КАК КРИТИЧЕСКИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ АДГЕЗИИ ПЕРВОГО СЛОЯ

*Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ, А. А. КАРЕТНИКОВА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. С. А. ПОРТЯНКО)*

В работе экспериментально исследовано влияние неравномерности поверхности стола 3D-принтера на качество формирования первого слоя. Была использована функция автоматической компенсации неровностей. Проведена серия сравнительных тестовых печатей с активированной и деактивированной компенсацией. Результаты, полученные методом визуального и инструментального контроля с помощью видеоизмерительного микроскопа, демонстрируют, что компенсация неровностей является обязательной процедурой во время 3D-печати.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, карта неровностей стола, адгезия.

Введение. Качество первого слоя выступает базовым условием для достижения заданных характеристик изделия во время 3D-печати. Даже незначительные неровности стола, вызванные особенностями сборки, механическими нагрузками или деформации от нагрева, приводят к неравномерной экструзии, отслоению и короблению модели [1].

Характерным примером такого оборудования являются 3D-принтеры начального уровня. Целью данной работы является экспериментальное исследования влияния карты неровностей стола на формирование адгезии первого слоя при FDM-печати и определение оптимальных условий калибровки для обеспечения равномерного прилипания материала к поверхности.

Основная часть. Эксперимент проводился на 3D-принтере Creality Ender 3 V3 KE, оснащенном системой автоматического выравнивания поверхности стола (датчик CR-Touch). В качестве материала использовался филамент Hyper PLA от Creality диаметром 1,75 мм. Диаметр сопла – 0,4 мм. Температура экструдера составляла 210 °C, температура стола – 60 °C при печати первым слоем и 55 °C для остальных слоев, высота слоя – 0,2 мм, скорость печати – 50 мм/с.

Для оценки влияния плоскостности поверхности было напечатано два тестовых образца в форме шестиугранника:

- без использования карты неровностей (исходное состояние стола);
- с применением карты неровностей, сформированной по сетке из 25 точек (рис. 1).

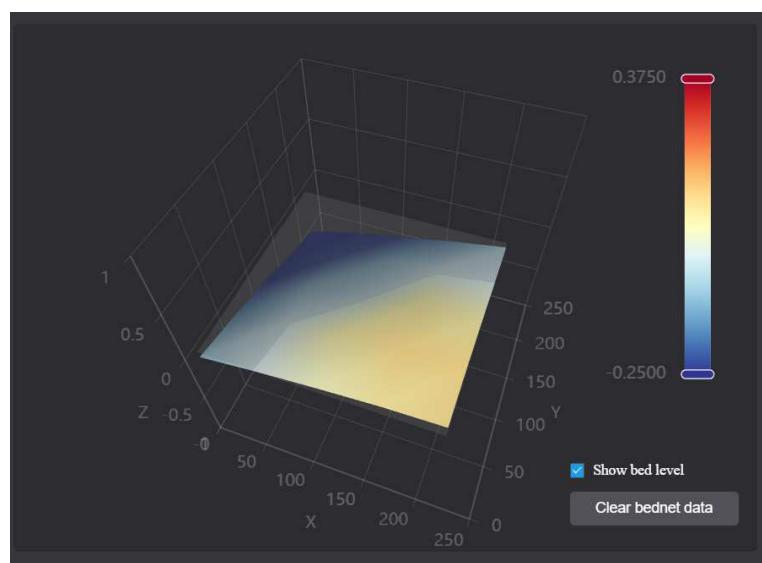


Рисунок 1. – Карта неровностей стола 220 на 220 мм

Результаты и интерпретация. Результаты исследования показали заметные различия в качестве формирования первого слоя между двумя состояниями печати.

Без коррекции наблюдались неравномерное прилегание нити к поверхности, локальные зоны переплавления и зазоры между дорожками. Местами отмечалось частичное отслаивание по краям шести-

гранника, что указывает на неодинаковый зазор между соплом и столом вследствие микронеровностей поверхности.

При использовании карты неровностей первый слой формировался равномерно по всей площади модели. Толщина нити и степень прилегания к поверхности стола оставались стабильными. Микроскопическое исследование показало значительное улучшение равномерности структуры и плотности прилегания, что подтверждает эффективность компенсации высотных отклонений стола (рис. 2-3).

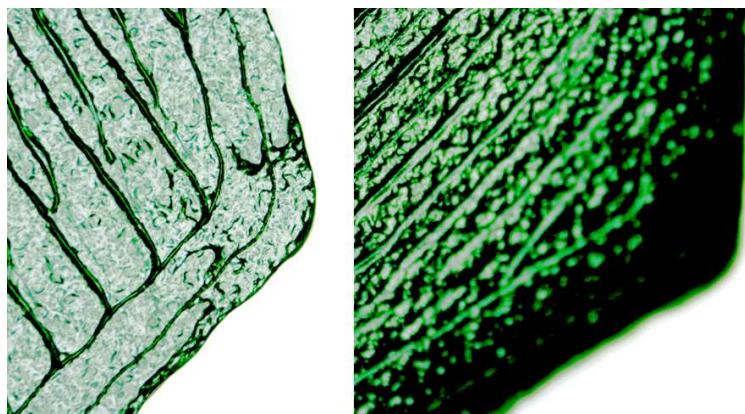


Рисунок 2. – Выявление дефектов поверхности образца, полученного методом FDM-печати
(слева – использование компенсации: край шестиугранника без отслоения,
справа – компенсация не использовалась: край шестиугранника с отслоением)

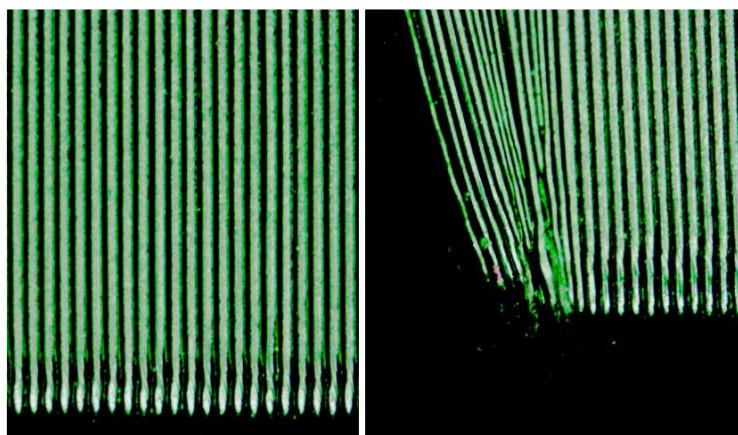


Рисунок 3. – Выявление дефектов поверхности образца, полученного методом FDM-печати
(слева – использование компенсации: угол шестиугранника равномерный,
справа – компенсация не использовалась: угол края с явным отслоением)

Таким образом, применение карты неровностей обеспечивает более равномерное распределение материала и стабильную адгезию, снижая риск дефектов, связанных с деформацией основания при нагреве.

Заключение. При 3D-печати без коррекции неровностей наблюдаются локальные дефекты нанесения и непостоянство толщины первого слоя. Применение карты позволяет компенсировать перепады высоты и обеспечить равномерное прилегание расплавленного филамента к поверхности по всей площади модели.

Полученные результаты могут быть использованы при настройке и обслуживании 3D-принтеров для повышения стабильности процесса печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попок, Н.Н. Технология производства машиностроительных изделий на основе послойного синтеза с использованием 3D-принтера [Электронный ресурс] : практикум : учебное пособие / Николай Николаевич Попок, Сергей Анатольевич Портянко ; Министерство образования Республики Беларусь, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : ПГУ, 2022. – 61 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ FDM-ПЕЧАТИ

Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ, А. А. КАРЕТНИКОВА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. С. А. ПОРТЯНКО)

Рассмотрено влияние технологических параметров процесса FDM-печати на формирование вертикальных поверхностей изделий. Для оценки качества использовалась тестовая модель «вертикальные артефакты» напечатанная при различных параметрах. Контроль качества поверхности осуществлялся с применением видеоизмерительного микроскопа.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, вертикальные артефакты (VFA), технологические параметры, качество поверхности.

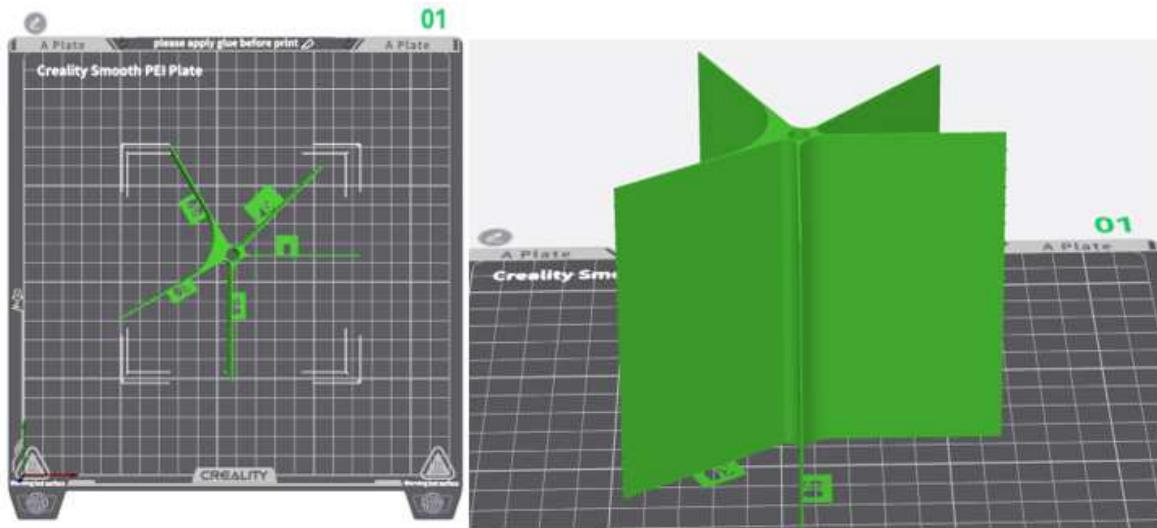
Введение. Одним из характерных дефектов, возникающих при FDM-печати, являются вертикальные артефакты (VFA, Vertical Fine Artifacts) – это периодические неровности на вертикальных поверхностях изделий. Они проявляются в виде полос, мелких волн или ступенчатых искажений.

Данные дефекты снижают качество внешнего вида изделия и могут влиять на его функциональные характеристики. Причины возникновения VFA обусловлены совокупностью факторов, к ним относят [1]:

- механические вибрации узлов 3D-принтера;
- неравномерная подача филамента;
- тепловые колебания в экструдере;
- неточность в калибровке ремней и направляющих;
- колебания при движении шаговых двигателей.

Основная часть. Для проведения эксперимента использовался 3D-принтер фирмы Creality Ender 3 V3 KE, оснащенный латунным соплом диаметром 0,4 мм. В качестве филамента применялся PLA+ компании ESUN диаметром 1,75 мм. Процесс печати выполнялся при температуре экструдера 210 °C и температуре стола 53–55 °C.

В качестве тестового объекта использовалась 3D-модель «вертикальные артефакты» (рис. 1).



**Рисунок 1. – Расположение 3D-модели на рабочей поверхности стола
в слайсере Creality Print**

Начальная скорость печати составила 40 мм/с и с шагом изменения в 10 мм/с достигла показателя в 200 мм/с. Высота слоя оставалась неизменной и составила 0,2 мм. После печати образцы подвергались визуальному осмотру, а затем исследовались с использованием видеоизмерительного микроскопа фирмы NORGAU модели NVM-4030D.

Результаты и интерпретация. В результате проведенных испытаний установлено, что характер проявления VFA напрямую зависит от выбранных технологических параметров печати. В результате

изменения скорости печати, на 6 делении скоростных параметров, что равняется 90-100 мм/с устраняется выраженное смещение контуров слоев. Это указывает на недостаточную инерционную стабильность системы позиционирования при низких скоростях (рис. 2).



Рисунок 2. – Расположение тестовой модели на столе видеоизмерительного микроскопа

Минимальные неровности и амплитуды были зафиксированы на участке с 1 до 6 деления скоростного режима (рис. 3). При повышении скорости перемещения печатающей головки уменьшается время термического воздействия экструдера на материал в каждой точке. Это снижается вероятность локального перегрева и деформации ранее напечатанных слоев, что способствует более стабильному формированию контуров.

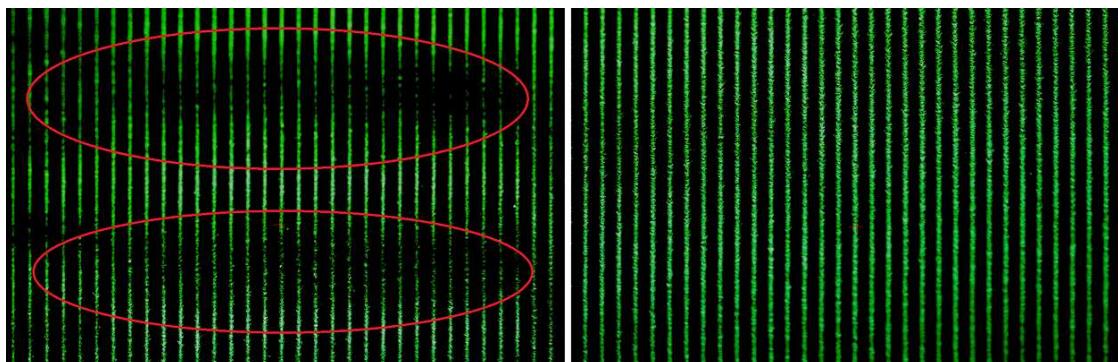


Рисунок 3. – Выявление дефектов вертикальной поверхности тестовой модели, полученного методом FDM-печати (слева – участок до 6 деления, справа – после)

Заключение. При неизменной температуре экструдера, рабочей поверхности стола 3D-принтера и высоте слоя, снижение выраженности смещения контуров слоев удалось обеспечить за счет скоростных параметров печати. При увеличении скорости в диапазоне 90-100 мм/с наблюдалось уменьшение локальных дефектов и повышение стабильности геометрии изделия. Полученные результаты могут быть использованы для калибровки параметров 3D-печати и повышению точности изготовления изделий, изготовленных с помощью технологии FDM.

ЛИТЕРАТУРА

1. New in PrusaSlicer: Consistent Surface Finish and Nerfing VFAs [Electronic resource] / Prusa Research. – Prague, 2025. – Mode of access: [https://blog.prusa3d.com/new-in-prusaslicer-consistent-surface-finish-and-nerfing-vfas_120400/..](https://blog.prusa3d.com/new-in-prusaslicer-consistent-surface-finish-and-nerfing-vfas_120400/) – Date of access: 10.10.2025.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 665.7.038.5

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРИСАДКИ СУКЦИНИМИДНОГО ТИПА

А. Н. АВРАМЕНОК, Г. АННАЕВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

В работе рассмотрены особенности химического состава присадок сукцинимидного типа к смазочным маслам. Приведены физико-химические свойства и результаты ИК-спектрометрии сукцинимидной присадки, полученной на основе полизобутилена и этиленаминов. Представлены результаты изучения антикоррозионной активности присадки в базовом масле по отношению к поверхности стали при полном её погружении в электролит.

Введение. Сукцинимидные присадки являются неотъемлемой частью пакетов присадок к смазочным маслам. Они обладают дегрентно-моюще-диспергирующими свойствами, из-за чего не позволяют твердым частицам коагулировать и оседать в цилиндропоршневой группе двигателей внутреннего сгорания. Их основным преимуществом является принадлежность к категории материалов Low SAPS в которых отсутствуют сера, фосфор и зола, которые засоряют сажевые фильтры и повреждают катализаторные системы автомобилей.

Сукцинимидные присадки также проявляют и антикоррозионные свойства. В их составе присутствуют гетероатомы, такие как азот и кислород, которые играют важную роль в механизме защиты от коррозии металлов, таких как медь, железо и сплавов на основе алюминия. Сукцинимидные присадки действуют как смешанные ингибиторы, блокируя как анодные, так и катодные реакции. Механизм их действия обусловлен адсорбцией молекул ингибитора на поверхности раздела электролит/металл с образованием новой нерастворимой защитной пленки. Физическая адсорбция связана с наличием электростатического взаимодействия между заряженными молекулами сукцинимида и поверхностью металла, в то время как химическая адсорбция связана с химическими превращениями между сукцинимидами и металлом. [1]

В процессе химической адсорбции сукцинимидные присадки реагируют с поверхностью металла, образуя совершенно новые химические соединения в виде тонкой защитной пленки, препятствующей контакту металла с агрессивной средой, за счёт чего и снижается скорость коррозии металлических деталей двигателей. [2, 3]

Огромное влияние на антикоррозионные свойства сукцинимидных присадок оказывает амин или смесь аминов, использованных на стадии амидирования продукта конденсации малеинового ангидрида и полизобутилена, а также полнота протекания реакции амидирования. Так, с увеличением молярной массы амина повышается полярность молекул сукцинимидов, за счёт увеличения доли полиэтиленаминных цепей, благодаря чему улучшается способность сукцинимида к адсорбции на поверхности металла. Однако слишком высокие значения доли азота приводят к обратному действию по отношению к сплавам меди [4].

Основная часть. Антикоррозионная активность присадки определялась путем погружения стальных пластинок, с нанесенным на их поверхность образцами, в раствор электролита и выдерживания их при комнатной температуре (20 ± 2) °C в течение 168 часов (ГОСТ 9.054-75, метод 4). Нанесение образцов проводилось путем полного погружения в них стальных пластинок на 5 минут с последующим выдерживанием пластинок в подвешенном состоянии на воздухе в течение часа. Для проведения исследований были использованы предварительно отшлифованные пластинки из стали со следующим элементным составом (в % масс.): железо – 98,3; марганец – 0,6; хром – 0,232; кремний – 0,197; никель – 0,153; углерод – 0,145; медь – 0,110; молибден – 0,061; примеси других элементов – 0,202. Элементный состав стали был определен при помощи оптико-эмиссионного спектрометра SPECTROPORT. Антикоррозионная (защитная) способность образцов оценивалась весовым методом по показателю коррозии (K), определяемому путем деления изменения массы стальной пластинки за время испытания (в граммах), на площадь поверхности пластинки (в м^2).

Для исследования были взяты три стальных пластинки: исходная стальная пластинка, которая не подвергалась обработке, пластинка, обработанная минеральным базовым маслом SN-150 и пластинка, обработанная минеральным базовым маслом с растворенной в нем сукцинимидной присадкой в количестве 5 % массовых. В таблице 1 представлены основные свойства использованной в работе сукцинимидной присадки, полученной на основе полизобутилена и этиленаминов.

Таблица 1. – Свойства сукцинимидной присадки

Показатели	Значения
Вязкость кинематическая при 100°C, мм ² /с	235.0
Температура вспышки в открытом тигле, °С	225
Щелочное число, мг KOH/г	22
Содержание азота, %масс.	0.95
Кислотное число, мг KOH/г	2.0

В таблице 2 представлена расшифровка инфракрасного спектра исследуемой сукцинимидной присадки изображенного на рисунке 1. Важнейшими пиками, указывающими на состав сукцинимидной присадки, являются пики: 3500-3100 см⁻¹, 1635-1558 см⁻¹, 1141 см⁻¹ и 725 см⁻¹.

Таблица 2. – Расшифровка ИК-спектра сукцинимидной присадки

Волновое число	Расшифровка
3500-3100	Широкая полоса со слабо выраженными максимумами, обусловленные колебаниями связанных NH-групп
2962-2900	Симметричные и ассиметричные валентные колебания CH ₂ и CH ₃
1774-1681	Валентные колебания C=O
1635-1558	Колебания амидного фрагмента C-NH
1465	Деформационные колебания в CH ₂ и CH ₃
1388-1357	Качели CH ₃ -группы
1234	Изгиб CH на полиизобутиленовой цепи в -CH ₂ -
1141	Пик изгиба C-(CH ₂); Валентные колебания C-N
925	Растяжение изгиба C=C
725	Неразветвленная углеродная цепь (более 7 атомов углерода)

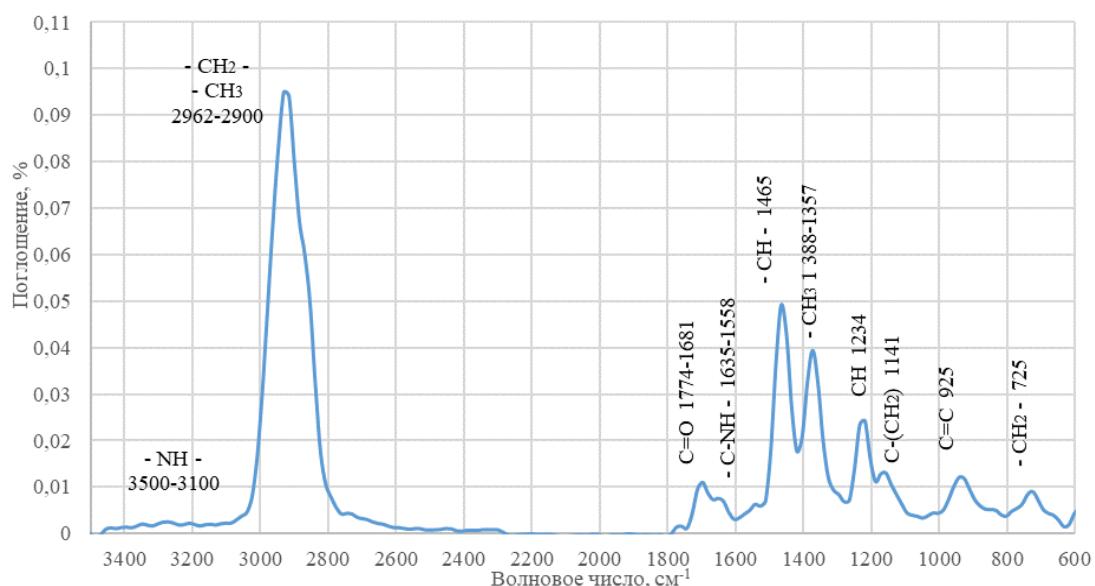
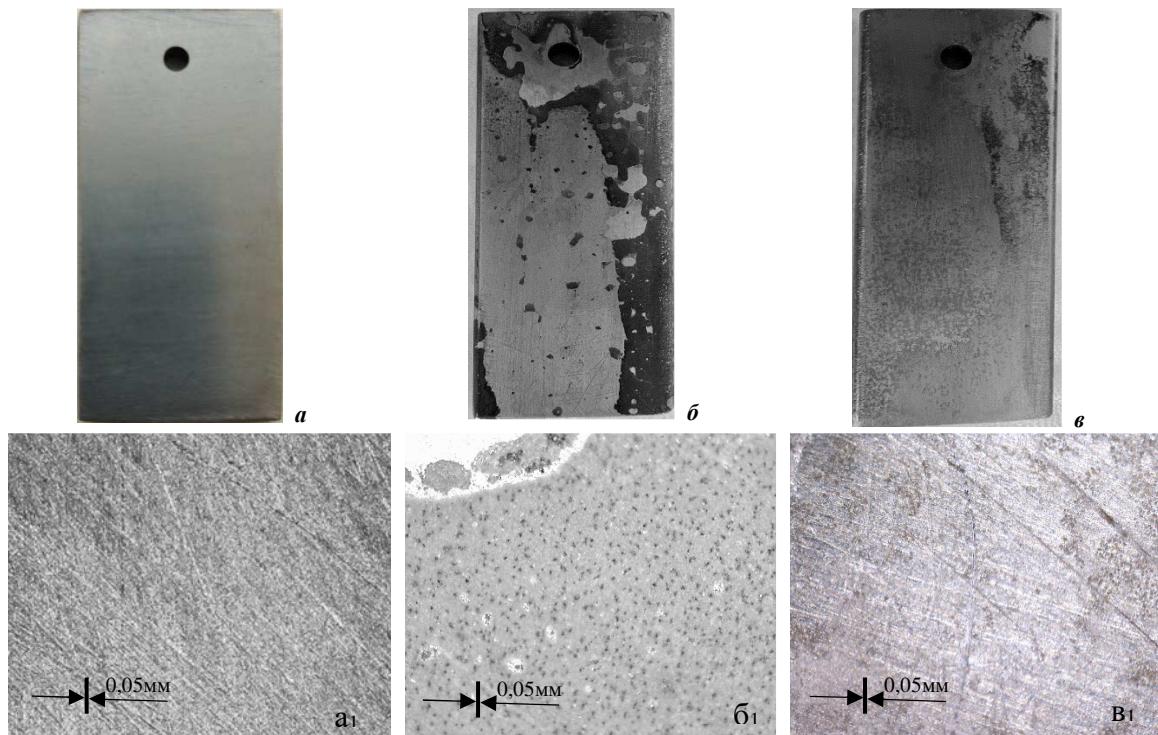


Рисунок 1. – ИК-спектр присадки

При проведении исследований по описанной методике показатель коррозии стальной пластинки, обработанной базовым маслом составил 9,83 г/м², а обработанный маслом с добавлением 5% масс. сукцинимидной присадки 1,59 г/м², снизив показатель коррозии более чем в 6 раз.

Так, наличие сукцинимидной присадки растворенной в минеральном базовом масле демонстрирует сглаживание рельефа поверхности стальной пластинки. Образуется защитная пленка, при химическом взаимодействии сукцинимида с поверхностью металла, способствующая повышению стойкости металла к коррозии. Отсутствие сукцинимидной присадки растворенной в базовом масле приводит к образованию на поверхности металлической пластинки мелких питтингов в агрессивной среде. Питтинговая коррозия является одной из самых разрушительных форм коррозии, характеризующаяся локализованным направлением атаки агрессивной среды, приводя к образованию мелких дырочек. Питтинги такие же глубокие, как и их диаметр. Они вызывают перфорирование металла, приводящее к потере веса и прочности. [5]

На рисунке 2 отражены стальные пластинки, подвергшиеся влиянию агрессивной среды, без и с различными видами защиты от коррозии.



*a, a₁ – исходной; б, б₁ – покрытой базовым маслом;
в, в₁ – покрытой раствором сукцинимидной присадки в базовом масле*

Рисунок 2. – Фотографии стальной пластиинки

Вывод. Сукцинимидная присадка на основе полизобутилена и этиленаминов, помимо типичного для данного вида присадок детергентно-моюще-диспергирующего действия, также обладает хорошими антакоррозионными свойствами. Она позволяет снизить интенсивность коррозии стали при полном её погружении в электролит (ГОСТ 9.054-75, метод 4) более чем в 6 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ma, I.A.W., Ammar, S., Kumar, S.S.A. et al. A concise review on corrosion inhibitors: types, mechanisms and electrochemical evaluation studies. *J Coat Technol Res* 19, 241–268 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11998-021-00547-0>.
2. Chandrabhan Verma, Chaudhery Mustansar Hussain, Eno E. Ebenso. *Organic Corrosion Inhibitors: Synthesis, Characterization, Mechanism, and Applications*. 2022 John Wiley & Sons, Inc. – p. 528. DOI:10.1002/9781119794516
3. Arthur, D.E., Jonathan, A., Ameh, P.O. et al. A review on the assessment of polymeric materials used as corrosion inhibitor of metals and alloys. *Int J Ind Chem* 4, 2 (2013). <https://doi.org/10.1186/2228-5547-4-2>
4. А. В. Доценок, Е. И. Майорова, И. В. Бурая. Влияние строения высших аминов на свойства присадок сукцинимидного типа. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки*. 82-87 (2022). DOI 10.52928/2070-1616-2023-47-1-82-87
5. Chandra Sahu B (2023) *Organic Corrosion Inhibitors. Introduction to Corrosion - Basics and Advances*. IntechOpen. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.109523>.

УДК 665.7.038.5

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЩЕЛОЧНОГО СУЛЬФОНАТА КАЛЬЦИЯ НА КОРРОЗИЮ МЕДИ

А. Н. АВРАМЁНОК

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

В статье представлены результаты влияния низкощелочного сульфоната кальция на процесс коррозии меди. Описан механизм протекания коррозии медных изделий в растворе электролита. Показано, что использование низкощелочного сульфоната кальция в качестве ингибитора коррозии изделий из меди способствует дополнительному ингибированию её поверхности и предотвращает дальнейшее протекание коррозии.

Введение. В современном мире проблема коррозии является повсеместной. Из-за коррозии металлических изделий вся промышленность в мире несет финансовые потери. Однако, этот вопрос затрагивает не только финансовую сторону, а также и экологическую, поскольку в процессе разрушения трубопроводов или же емкостей и т.п. может произойти утечка вредных химикатов, загрязняющие почвы, воду и воздух.

Медь является одним из самых стойких к коррозии металлов. Медь подвергается окислению на воздухе образуя оксидную пленку, защищающую её от воздействия агрессивной среды. В связи с этим медь находит широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе машиностроении и нефтехимии. Её используют для производства теплообменного и прочего оборудования, которое подвергается воздействию агрессивных сред. Однако в определенных условиях изделия из меди также подвержены коррозионному разрушению. Наличие в среде серосодержащих или хлор содержащих веществ приводит к неминуемому её разрушению.

Один из самых распространенных видов разрушения металлических изделий – электрохимическая коррозия. Защитить медное изделие от данного вида коррозии можно с помощью гальванической пары большей активности, например, железа. В данной гальванической паре медь является катодом, из-за чего в процессе электрохимической коррозии при разрушении железа электроны от него переходят к меди, защищая её до тех пор, пока железо полностью не разрушится.

Наиболее распространенным способом защиты металлов от коррозии является использования различных ингибитирующих составов. Механизм их действия достаточно сложен. Считается, что изначально происходит физическая адсорбция ингибитора на поверхности защищаемого металла, далее образуется защитная пленка коллоидно-дисперсного ингибитора и в конце образуются поверхностные химические соединения [1, 2]. Низкощелочные сульфонаты кальция проявляют хорошие антакоррозионные свойства по отношению к углеродистым сталим [2]. Однако, исследования по влиянию на медь, детали из которой входят в состав различных машин и механизмов, сульфонатных присадок не проводились.

Основная часть. Для проведения исследований были использованы медные пластинки со следующим элементным составом (в % масс.): медь – 99,600; железо – 0,209; кремний – 0,055; марганец – 0,0105; алюминий – 0,0102; цирконий – 0,0039; магний – 0,0023; примеси других элементов – 0,1091. Элементный состав стали был определен при помощи оптико-эмиссионного спектрометра SPECTROPORT. Свойства низкощелочной сульфонатной присадки приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Свойства низкощелочного сульфоната кальция

Показатели	Значения
Вязкость кинематическая при 100°C, мм ² /с	25.0
Температура вспышки в открытом тигле, °C	220
Щелочное число, мг КОН/г	16
Содержание кальция %масс	2.40
Содержание сульфатной золы, %масс	8.0

Полученный ИК-спектр можно интерпретировать следующим образом:

- 2955-2856 см⁻¹ – симметричные и асимметричные валентные колебания $-CH$, $-CH_2$ и $-CH_3$ -групп;
- 1601 см⁻¹ – валентные колебания ароматического кольца;
- ~ 1450 см⁻¹ – характеризует наличие карбонатов;
- 1375 см⁻¹ – деформационные колебания $-CH_3$ -групп;

- присутствие пиков с волновым числом 1206 - 1051 cm^{-1} с высокой долей вероятности может говорить о наличие в образце связей $\text{SO}_3\text{-Ca}$;
 - 1204 cm^{-1} – асимметричные валентные колебания O-SO_2 -групп;
 - 1079-1048 cm^{-1} – симметричные валентные колебания O-SO_2 -групп;
 - 863-833 cm^{-1} – внеплоскостные деформационные колебания $-\text{CH}_2-$ для 1,4-замещенных аренов;
 - 723 cm^{-1} – полоса поглощения появляется из-за искривления $-\text{CH}_2-$ (прямая цепь, содержащая более 7 атомов углерода). [3]

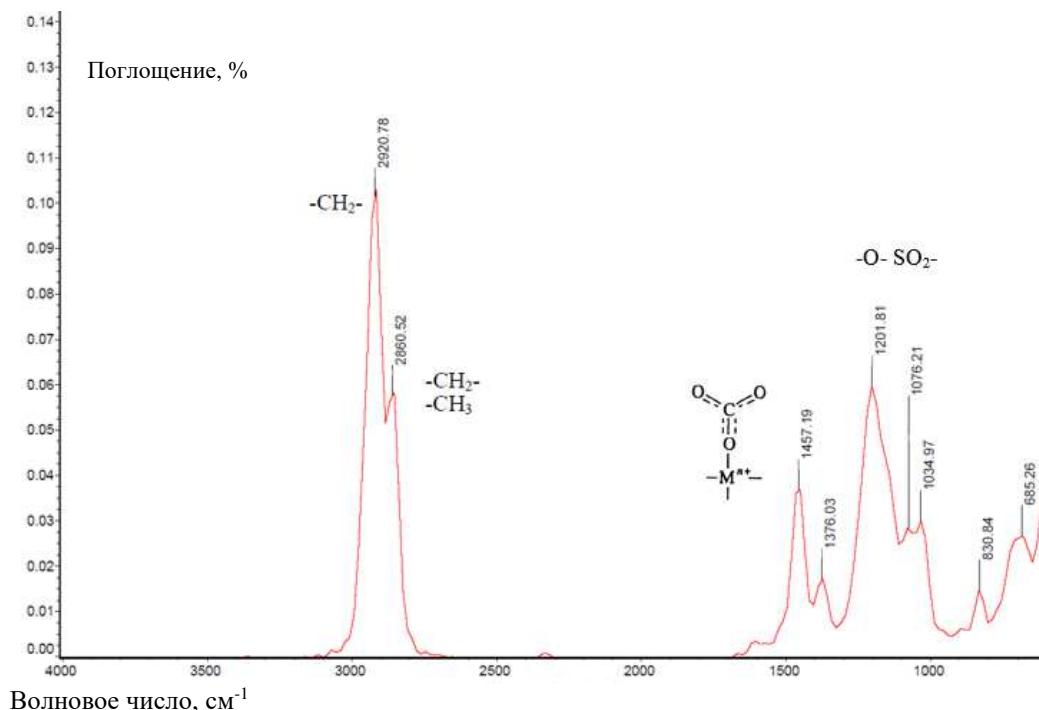


Рисунок 1. – ИК-спектр сульфонатной присадки

Антикоррозионная активность присадки определялась путем погружения медных пластинок, с нанесенным на их поверхность образцами, в раствор электролита и выдерживания их при комнатной температуре (20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ в течение 168 часов (ГОСТ 9.054-75, метод 4). Нанесение образцов проводилось путем полного погружения в них медных пластинок на 5 минут с последующим выдерживанием пластинок в подвешенном состоянии на воздухе в течение часа. Антикоррозионная (защитная) способность образцов оценивалась весовым методом по показателю коррозии (K), определяемому путем деления изменения массы пластиинки за время испытания (в граммах), на площадь поверхности пластиинки (в m^2).

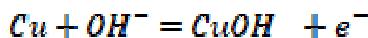
В результате испытаний показатель коррозии исходной медной пластиинки составил 1,9 g/m^2 . Показатель коррозии пластиинки, покрытой базовым маслом НС-4, снизился до 1,2 g/m^2 . При добавлении к базовому маслу 5% масс. низкощелочной сульфонатной присадки величина показателя коррозии медной пластиинки стала отрицательной и составила минус 0,2 g/m^2 .

В процессе коррозии исходной медной пластиинки наблюдается уменьшение её массы, поскольку в раствор электролита переходят образующиеся соли меди. При этом раствор окрашивается в голубоватый цвет.

Увеличение массы пластиинки в обработанной раствором сульфонатной присадки в базовом масле свидетельствует об образовании на поверхности продуктов коррозии, выступающих в качестве пассивирующего слоя.

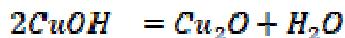
Из рисунка 2 видно, что на всех пластиинках имеется кирпично-красный налет.

Объясняется это тем, что при коррозии меди образуется в основном малорастворимый оксид меди (Cu_2O). Образованию оксида меди (I) предшествует адсорбция гидроксид-ионов, их взаимодействие с медью с образованием CuOH и отрыв электрона:

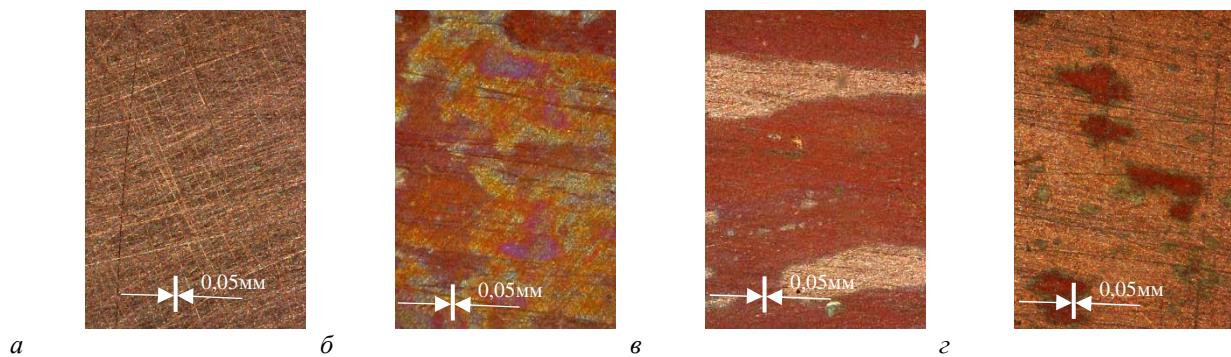
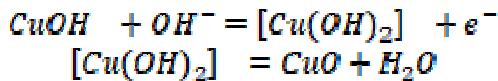


Гидроксид меди (I) имеет желтый цвет, поэтому наряду с кирпично-красными отложениями на многих пластинах имеется желтоватый налет [4].

Однако основная часть $CuOH$ дегидратируется с образованием оксида Cu_2O по реакции:



Оксид меди (I) весьма пористый и легко проницаемый для раствора, поэтому он не может пассивировать поверхность металла. Введение в растворы анионов активаторов Cl^- , SO_4^{2-} даже при невысоких концентрациях приводит к ускорению окисления меди (причем наиболее значительное в присутствии хлорид-ионов), которое сопровождается образованием $Cu(OH)_2$ голубого цвета, с его последующей дегидратацией до CuO черного цвета:



a - исходная; б - не обработанная ингибитором составом; в - обработанная базовым маслом; г - обработанная раствором сульфонатной присадки в базовом масле

Рисунок 2. – Внешний вид поверхности медных пластинок после пребывания в растворе электролита (168 ч)

На рисунке 2, *г* можно наблюдать явно выделенные участки с зеленым налетом. В процессе коррозии меди, после окисления её до оксидов и реагировании с водой и углекислым газом или карбонатами происходит образование нерастворимой в воде патины зеленого цвета, состоящей из дигидроксокарбоната меди (II, $(CuOH)_2CO_3$). Вероятно, в результате этого продукты коррозии не переходят в раствор и накапливаются на поверхности медной пластины образуя при этом защитный слой, препятствующий протеканию дальнейшего разрушения меди.

Вывод. Использование низкощелочного сульфоната кальция в качестве ингибитора коррозии изделий из меди приводит к отложению продуктов коррозии на их поверхности, состоящих преимущественно из дигидроксокарбоната меди (II), что способствует дополнительному ингибиции её поверхности и предотвращает дальнейшее протекание коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шехтер, Ю.Н. Защита металлов от коррозии (ингибиторы, масла и смазки / Ю.Н. Шехтер. – М.: Химия, 1964. – 120 с.
2. Аннаев, Г. Антикоррозионные свойства сульфонатных присадок / Г. Аннаев [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. - 2024. - № 1(49). - С. 107-111. – DOI: 10.52928/2070-1616-2024-49-1-107-111.
3. Тарасевич, Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы / Б.Н. Тарасевич. – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова Химический факультет, 2012. – 55 с.
4. Лесных, Н.Н. Особенности питтингового поражения меди в водных растворах / Н. Н. Лесных и др. // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. – 2008. – № 1 – С. 20-25.

УДК 665.7.038.5

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НИЗКОЩЕЛОЧНОГО СУЛЬФОНАТА КАЛЬЦИЯ НА КОРРОЗИЮ АЛЮМИНИЯ

A. H. АВРАМЁНОК

(Представлено: канд. техн. наук, доц. A. A. ЕРМАК)

В статье представлены результаты изучения способности низкощелочного сульфоната кальция выступать в качестве ингибитора электрохимической коррозии алюминия. Установлено влияние изменения удельной энергии, переданной образцу ультразвуковыми волнами, на величину показателя коррозии поверхности алюминия в условиях ГОСТ 9.054-75, метод 4.

Введение. Алюминий является одним из самых востребованных металлов в промышленности, ввиду его легкости и прочности. Основным методом защиты алюминиевых покрытий от коррозии является анодирование. В данном электрохимическом процессе создаётся тонкая оксидная пленка, обладающая высокими антакоррозионными свойствами. Основное достоинство оксидной пленки её способность к самовосстановлению, даже при механических повреждениях. Самая непригодная среда при защите металла образованной защитной пленкой является соленая вода, поскольку контакт соленой воды с защитной пленкой состоящей из оксида алюминия разрушается под действием растворенных в ней солей [1].

При использовании алюминия в паре с металлами, стоящими в электрохимическом ряду напряжения после алюминия, он подвержен более быстрому разрушению, вследствие выполнения роли анода. В таком случае для защиты алюминия используется методы легирования, окрашивания, оксидирование и использование защитных составов. Пакеты присадок к смазочным маслам содержат в своём составе сульфонаты кальция, которые преимущественно и обеспечивают антакоррозионные свойства этих пакетов. При контакте с металлом сульфонаты формируют защитные слои за счёт протекающей хемосорбции на поверхности металла. Наиболее ярко выраженную способность противостоять коррозии проявляют низкощелочные сульфонаты, что связано с их способностью формировать плотные адсорбционные слои на поверхности металлов.

Однако использование таких крупных частиц влияет на стабильность защитного состава, для чего необходимо снизить размер коллоидных частиц защитного состава для предотвращения потери им защитных свойств. Одним из таких методов является ультразвуковая обработка (далее УЗО) наименее стабильных компонентов защитного состава. Использование ультразвуковой обработки способствует повышению дисперсности частиц и более равномерному распределению их в объёме защитного состава [2].

Основная часть. Для проведения эксперимента использовались пластинки, изготовленные из алюминия марки АД1 по ГОСТ 4784-2019, содержание алюминия в котором не менее 99,3% по массе.

Обработка сульфонатных присадок ультразвуком проводилась при помощи ультразвукового диспергатора VCX-130 РВ при температуре не выше 60°C. Обрабатываемый образец присадки объемом 10 мл помещался в пробирку, которая опускалась в водяную баню с температурой не более 20 °C. В пробирку с образцом вводился зонд диспергатора и проводилась обработка образца ультразвуком с частотой 20 кГц. Диспергатор оснащен цифровым ваттметром, отображающим значение мощности, подаваемой на зонд, которая зависит от заданной амплитуды ультразвуковых волн. Удельная энергия, переданная образцу ультразвуковыми волнами, определялась путем деления переданной мощности на продолжительность обработки образца (определяется и отображается прибором) и на объем образца. Температура обрабатываемого образца контролировалась при помощи пирометра.

Из рисунка 1 видно, что для алюминия в результате коррозии характерно увеличение массы пластинок, что свидетельствует об отложении на его поверхности продуктов коррозии, образующих пассивирующий слой, который невозможно удалить с помощью деревянных или пластмассовых приспособлений так, чтобы на образцах не осталось царапин.

Для пластинки, не покрытой ингибитором виден минимальный прирост массы пластинки, что может свидетельствовать о разрушении образующегося пассивирующего слоя под действием ионов электролита.

Из рисунка 2 видно, что в случае пластинок, покрытых ингибиторами составами масла+присадка, чем выше энергия обработки образца присадки ультразвуком, тем больше прирост массы и, следовательно, большая толщина пассивирующего слоя для смеси НС-4+НССК-30.

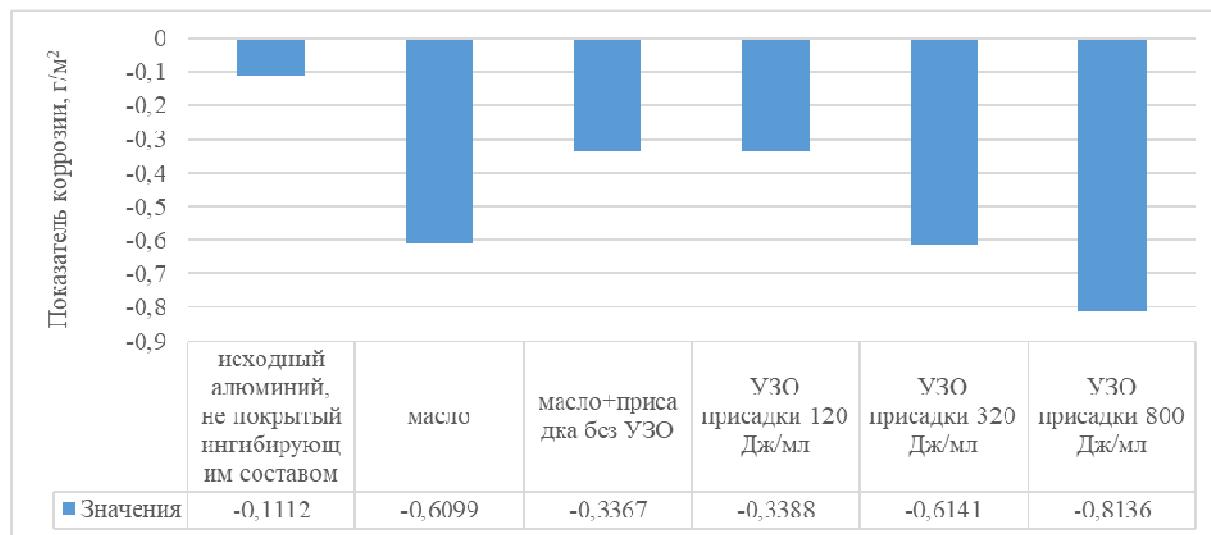


Рисунок 1. – Защитные свойства НС-4, смесей НС-4+НССК-30 и до УЗО, после передачи 120 Дж/мл, 320 Дж/мл, 800 Дж/мл энергии присадки по ГОСТ 9.054-75 «Консервационные масла, смазки и ингибиционные пленкообразующие нефтяные составы. Методы ускоренных испытаний защитной способности» (метод 4, алюминий)

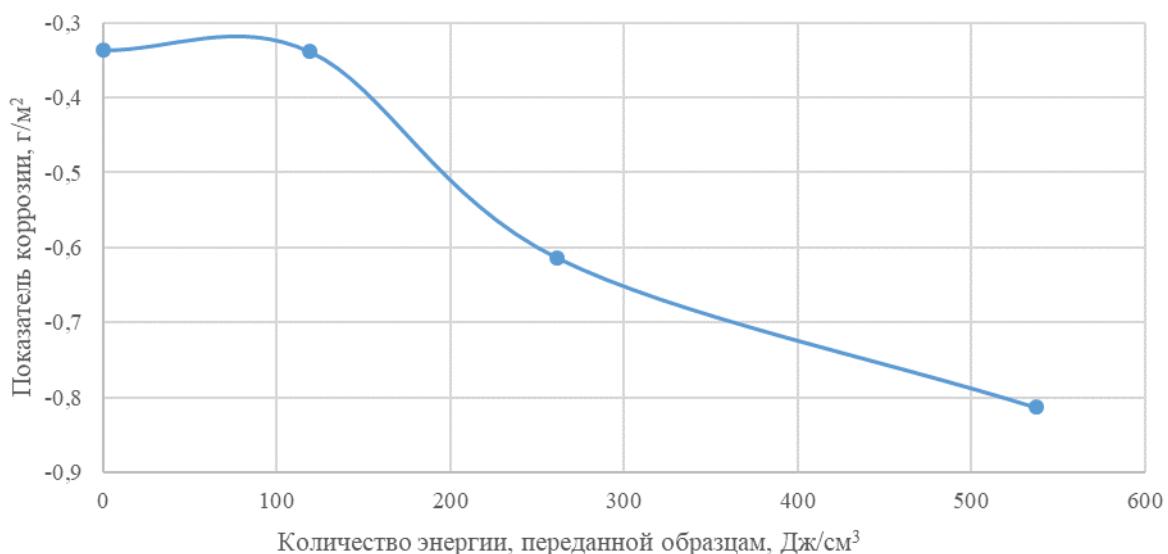
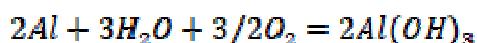


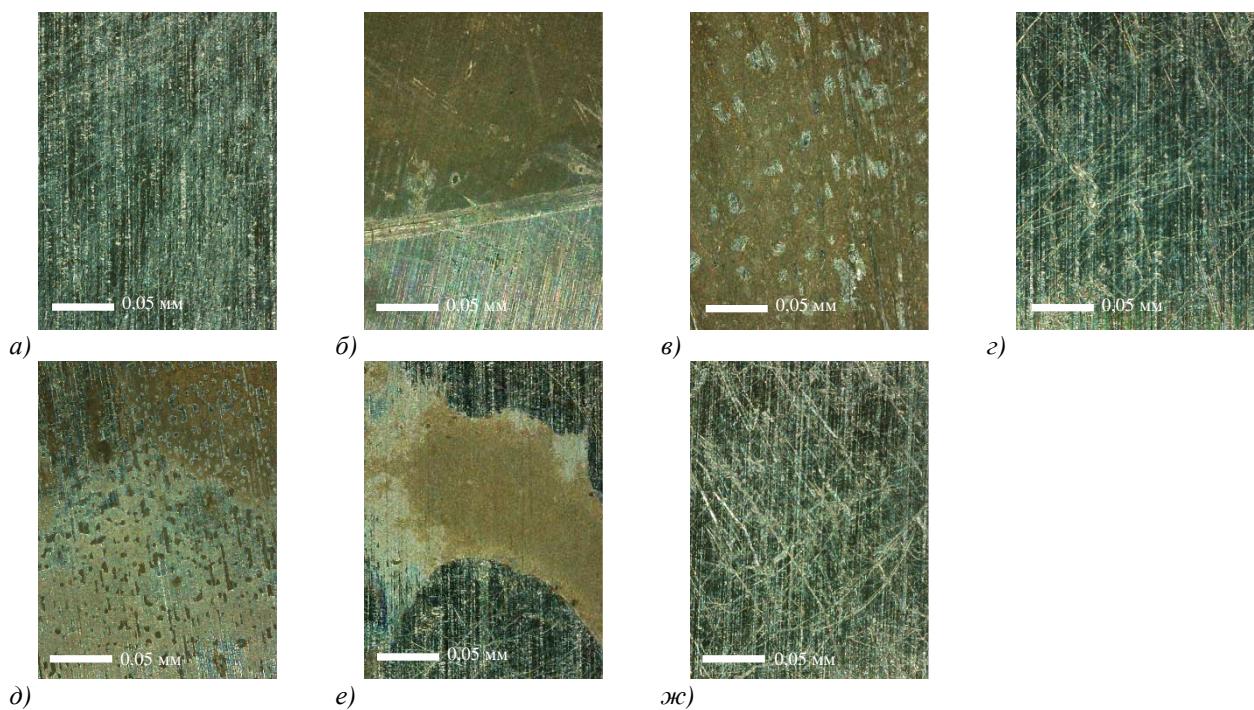
Рисунок 2. – Зависимость показателя коррозии ((ГОСТ 9.054-75, метод 4 (алюминий)) от энергии, переданной образцу присадки при помощи ультразвука, для НС-4+НССК-30

Из рисунка 3 видно, что не обработанная ингибирующим составом, а также обработанная чистым базовым маслом НС-4 пластиинка подверглись интенсивной коррозии в среде электролита, что привело к отложению на их поверхности продуктов коррозии, преимущественно гидроксида алюминия:



Поверхность пластиинки алюминия, обработанных составом НС-4+НССК-30 (без УЗО присадки) визуально не изменила своего состояния.

В свою очередь, пластиинки алюминия, обработанные составами НС-4+НССК-30 при введении 120 и 320 Дж/мл энергии в присадки, подверглись интенсивной местной неравномерной коррозии, а поверхность пластиинки, обработанной НС-4+НССК-30 при введении 800 Дж/мл методом ультразвуковой обработки присадки, не изменила своего состояния.



а) исходная; б) не обработанная ингибиторным составом; в) обработанная НС-4;
 г) обработанная НС-4+НССК-30 (без УЗО присадки); д) обработанная НС-4+НССК-30 (2 мин УЗО присадки);
 е) обработанная НС-4+НССК-30 (5 мин. УЗО присадки);
 ж) обработанная НС-4+НССК-30 (10 мин. УЗО присадки)

Рисунок 3. Внешний вид поверхности алюминиевых пластинок после пребывания в растворе электролита (168 часов):

Вывод. Использование низкощелочного сульфоната кальция в качестве компонента защитного состава приводит к росту количества отложений, образующихся на поверхности алюминия, что способствует снижению коррозии. Количество энергии, переданной образцу путем ультразвуковой обработки, прямо пропорционально массе образующегося на поверхности алюминия пассивирующего слоя. В виду этого, ультразвуковая обработка низкощелочного сульфоната кальция является эффективным способом защиты алюминия от коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синявский, В. С. Коррозия и защита алюминиевых сплавов / В. С. Синявский, В. Д. Вальков, Г. М. Будов. - М., «Металлургия», 1979. 224 с.
2. Антикоррозионные свойства сульфонатных присадок / Г. Аннаев, А.А. Ермак, Н.А. Советников и др. // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Пром-сть. Приклад. науки. - 2024. - № 1(49). - С. 107-111. DOI 10.52928/2070-1616-202449-1-107-111

УДК 628.39

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА
НА ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕЙ
С ДРЕВЕСНЫМИ ОПИЛКАМИ**

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, А. М. ЕМЕЛЬЯНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

Выявлена возможность комплексной переработки избыточного активного ила совместно с древесными опилками для получения твердых топлив. Проведен термогравиметрический анализ образцов для определения характеристик горения смесей.

Введение. Одной из проблем крупных городов является образование отходов очистных сооружений после биологической очистки, которые негативно влияют на состояние окружающей среды. Биологический метод применяется для очистки производственных и бытовых сточных вод от органических и неорганических загрязнителей. Данный процесс осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), состоящим из множества различных бактерий, простейших микроорганизмов, водорослей, грибов и др., связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями (метабиоза, симбиоза и антагонизма) [1].

Процесс обработки и переработки древесины во всех производствах также связан с получением большого количества отходов. Древесные отходы образуются в значительном количестве на всех стадиях технологического процесса: лесозаготовка — лесопиление — деревообработка. За последние годы в лесопромышленных районах накопилось огромное количество древесных отходов, так как в большинстве случаев они не используются и иногда не утилизируются. Проблема утилизации древесных отходов в настоящее время является одной из наиболее актуальных, так как в настоящее время при существующих методах переработки теряется почти половина биомассы дерева. Это свидетельствует о низком уровне технологических процессов деревообработки [2].

Основная часть. Одним из крупнотоннажных отходов очистных сооружений является избыточный активный ил, который представляет собой органоминеральный комплекс, органическая часть которого представлена клетками микроорганизмов с адсорбированными на их поверхности и частично кислыми загрязняющими веществами, азотсодержащими и фосфорсодержащими соединениями. Содержание органического углерода в активном иле (более 60%) свидетельствует о его высоком энергетическом потенциале, что свидетельствует о возможности его переработки в качестве компонента топлива [1].

К менее ценным относятся отходам деревопереработки относятся мягкие отходы — опилки, стружка, кора. Одним из способов решения энергетических проблем и их утилизации является получения топливных пеллет. В результате прессования древесный материал приобретает такие новые свойства, как высокие плотность (1000 кг/м³) и теплотворная способность (до 21000 кДж/кг), что сопоставимо со свойствами каменного угля [2].

Экспериментальная часть. Для проведения исследования термогравиметрических характеристик были подготовлены образцы избыточного активного ила очистных сооружений, древесные опилки сосновых пород, а также смеси на их основе с содержанием 1, 3, 10 %масс. активного ила. Предварительно древесные опилки и активный ил подвергались сушке при 105°C для снижения влажности образцов и снижения биологической опасности ила. Также древесные опилки измельчались для получения фракции с размером частиц не более 3мм.

Термогравиметрический анализ образцов проводился с помощью термогравиметрического анализатора TGA-101, при этом повышение температуры проводилось 10°C в минуту. Результаты проведенного термогравиметрического анализа образцов представлены на рисунках 1-4.

Как видно из данных рисунков 1-4 добавление активного ила 1-3%масс. к древесным опилкам приводит к увеличению теплоты сгорания и максимальной температуры горения, и к незначительному увеличению диапазона горения смеси, по сравнению с чистыми древесными опилками.

Вывод. На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что одним из способов утилизации избыточного активного ила очистных сооружений является его совместное сжигание с древесными опилками в виде твердого топлива, при этом оптимальное содержание активного ила составляет 1-3%масс

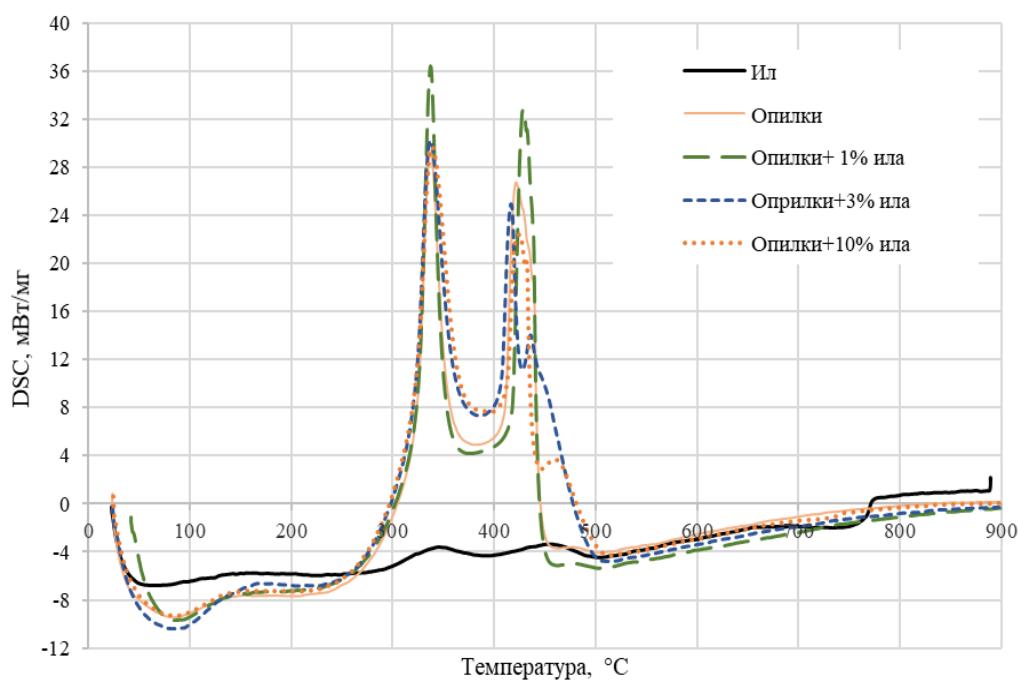


Рисунок 1. – Результаты дифференциальной сканирующей калориметрии образцов древесных опилок, активного ила и их смеси

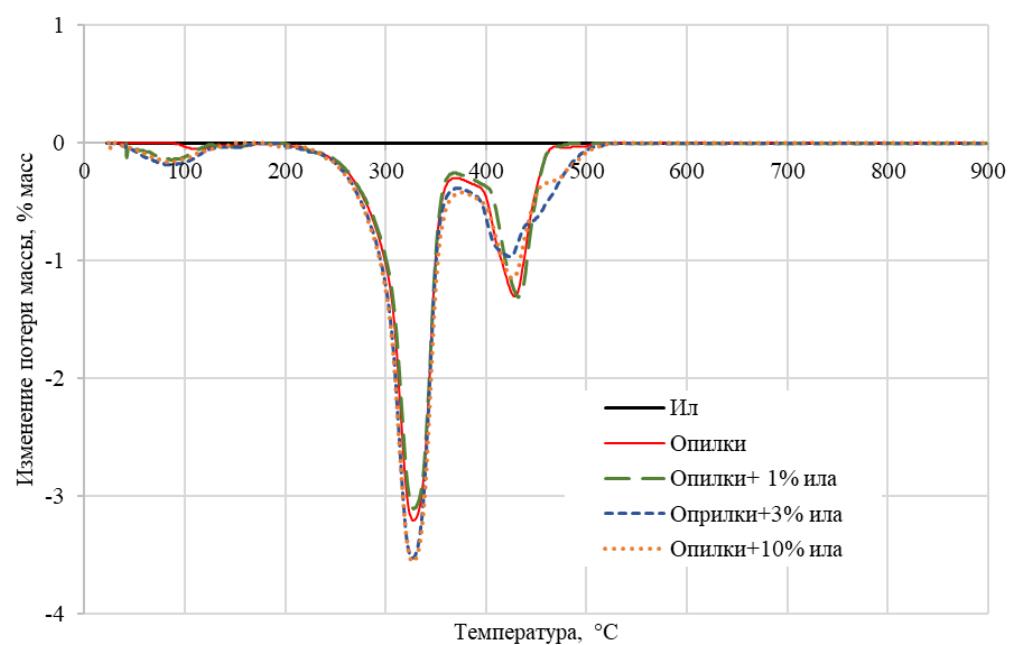


Рисунок 2. – Результаты дифференциального термогравиметрического анализа образцов древесных опилок, активного ила и их смеси

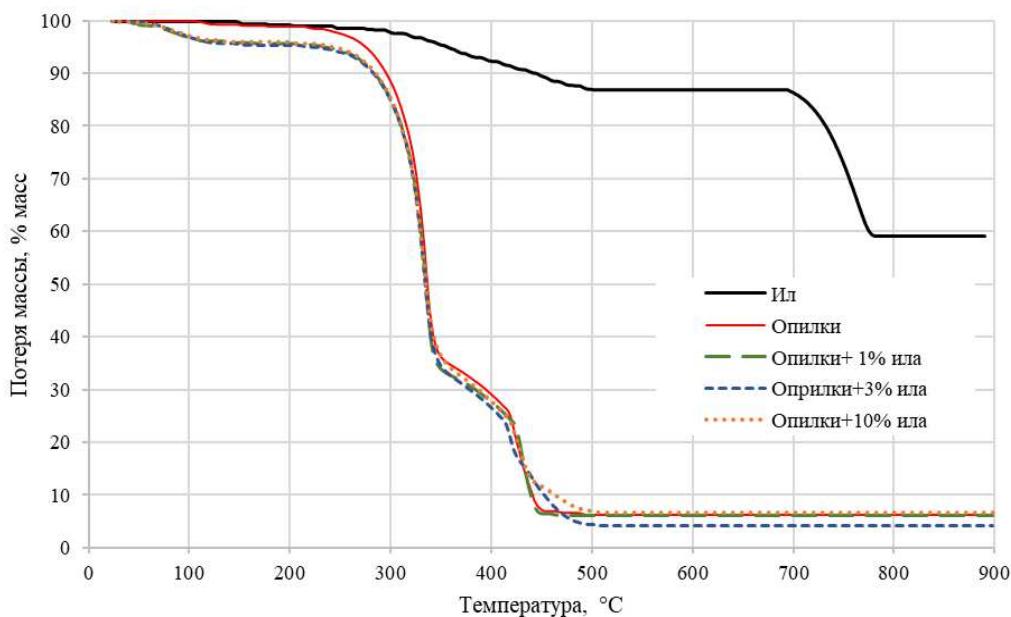


Рисунок 3. – Результаты интегрального термогравиметрического анализа образцов древесных опилок, активного ила и их смеси

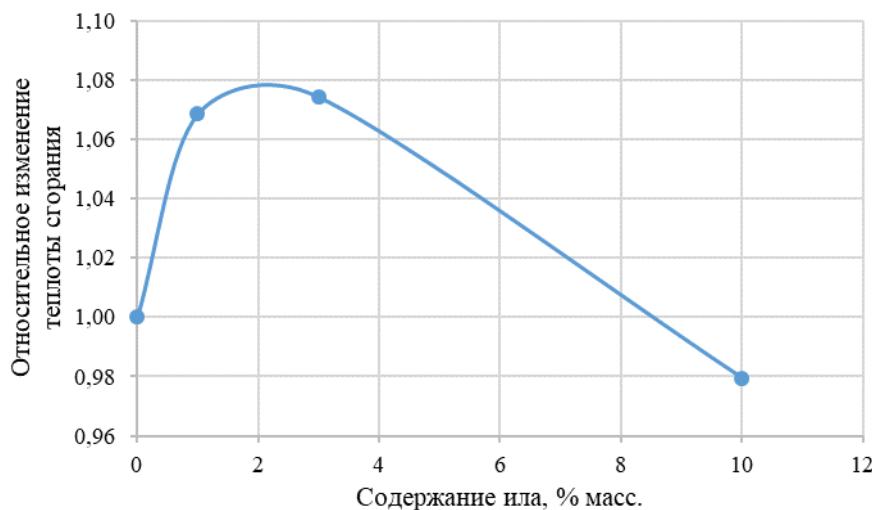


Рисунок 4. – Влияние содержания ила на относительное изменение теплоты сгорания смеси древесных опилок с активным илом

ЛИТЕРАТУРА

- Путирская, Е.А. Анализ методов утилизации активного ила при очистке сточных вод / Е.А. Путирская, науч. рук. Г.В. Бельская // Сборник материалов 72-й студенческой научно-технической конференции, 20-28 апреля 2016г. / Белорусский национальный технический университет, факультет горного дела и инженерной экологии. Секция экологический менеджмент. – Минск, 2016. – С. 69-72.
- Морозов, Д.К. Использование мягких отходов лесопиления с целью производства топливных брикетов / Д.К. Морозов, И.В. Морозова, С.Б. Васильев // Resources and Technology. – 2018. – №15 (3). – С. 1-28.

УДК 665.777.4

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЯНОГО КОКСА
НА ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕЙ
С ДРЕВЕСНЫМИ ОПИЛКАМИ**

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, А. М. ЕМЕЛЬЯНОВ
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

Выявлена возможность комплексной переработки нефтяного кокса совместно с древесными опилками для получения твердых топлив. Проведен термогравиметрический анализ образцов для определения характеристик горения смесей.

Введение. В соответствие с нормативными документами остатки от распила древесины причисляются к производственным отходам, поэтому к ним предъявляются строгие требования по обезвреживанию. Чтобы сохранить окружающую среду, все предприятия, деятельность которых сопряжена с выработкой опилок, должны утилизировать их надлежащим образом. Согласно законодательным актам, утилизацией опилок могут заниматься только специализированные организации, имеющие лицензию, которые занимаются вывозом образовавшихся отходов и их обезвреживанием. Повсеместно распространенное складирование опилок недопустимо, так как они создают высокую пожароопасность, прежде всего за счет способности к самовозгоранию. Следовательно, утилизация опилок представляет собой сложный и дорогостоящий процесс, снижение затрат на который приведет к значительной экономии средств владельцев лесопилок [1].

Основная часть. Одно из наиболее оптимальных и эффективных решений, придуманных на сегодняшний день – это использование древесных гранул в качестве топлива. Они представляют собой современный экологически чистый вид топлива, который изготавливают из древесного сырья методом прессования. Их особенность в том, что они обладают высокой теплотворной способностью при низкой зольности [2].

Нефтяной кокс в отличие от натурального топлива имеет высокую удельную теплоту сгорания до 8000 ккал/кг, которая существенно превышает теплоту сгорания всех известных видов натурального твердого топлива. По ряду топливных характеристик нефтяной кокс является твердым аналогом мазута. Подобно мазутам нефтяной кокс отличается относительной дешевизной и низкой зольностью, которая колеблется в пределах 1%, что несопоставимо с зольностью ископаемых углей.

Нефтяной кокс может успешно применяться как в качестве части основного топлива, так и в качестве добавки, вводимой в сырьевую смесь. Однако, при использовании нефтяного кокса в качестве компонента сырьевой смеси необходимо учитывать его влияние на параметры конечного продукта [3].

Экспериментальная часть. Для проведения исследования термогравиметрических характеристик были подготовлены образцы высокосернистого нефтяного кокса с установки замедленного коксования, древесные опилки сосновых пород, а также их смесь с содержанием 30 %масс. нефтяного кокса. Предварительно древесные опилки подвергались сушке при 105°C для снижения влажности образцов. Также нефтяной кокс и древесные опилки измельчались для получения фракции с размером частиц 3мм.

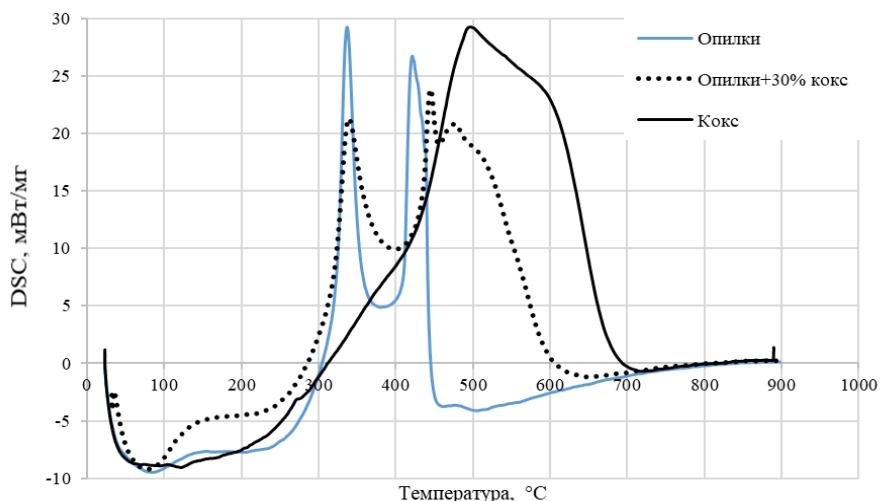


Рисунок 1. – Результаты дифференциальной сканирующей калориметрии образцов древесных опилок, нефтяного кокса и их смеси

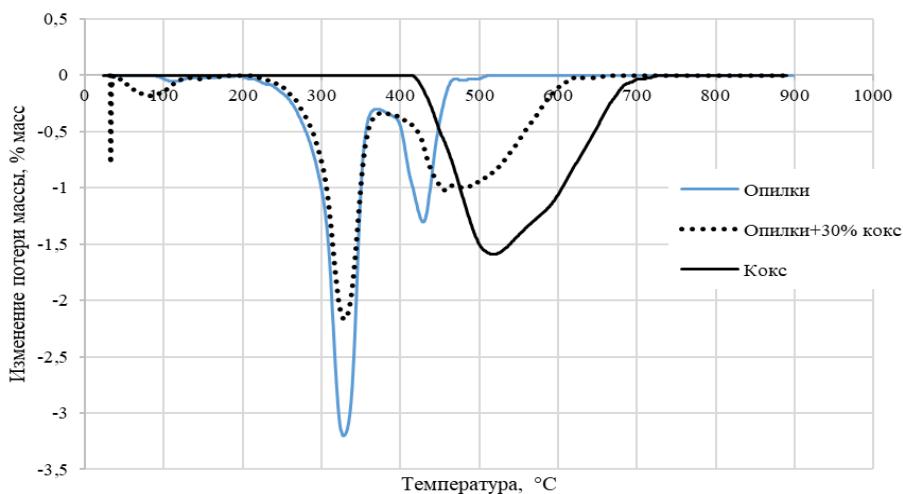


Рисунок 2. – Результаты дифференциального термогравиметрического анализа образцов древесных опилок, нефтяного кокса и их смеси

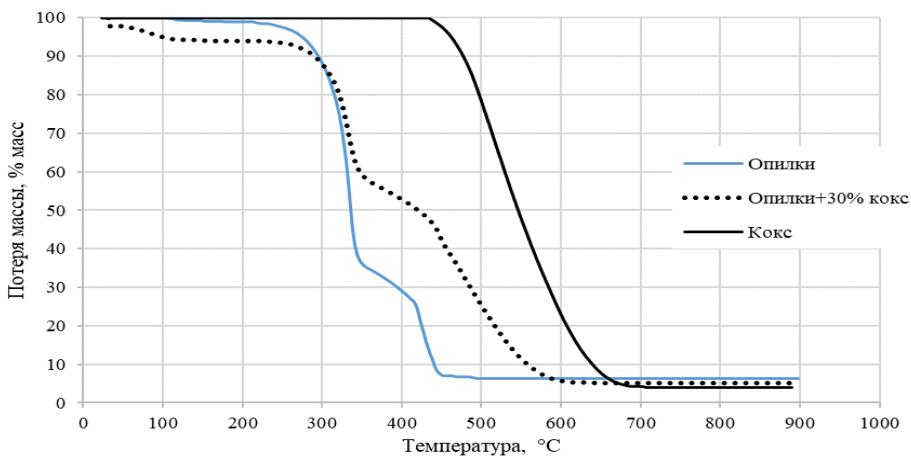


Рисунок 3. – Результаты интегрального термогравиметрического анализа образцов древесных опилок, нефтяного кокса и их смеси

Термогравиметрический анализ образцов проводился с помощью термогравиметрического анализатора TGA-101, при этом повышение температуры проводилось 10°С в минуту. Результаты проведенного термогравиметрического анализа образцов – см. рисунки 1-3.

Как видно из приведённых рисунков, добавление нефтяного кокса до 30% масс. приводит к увеличению теплоты сгорания и максимальной температуры горения смесей, по сравнению с чистыми древесными опилками.

Вывод. Таким образом можно сделать вывод о том, что получение твердых топлив на основе древесных опилок и нефтяного кокса возможна, при этом при добавлении до 30% масс. нефтяного кокса к древесным опилкам приводит к улучшению термогравиметрических характеристик, а именно к увеличению теплоты сгорания и максимальной температуры горения смеси, по сравнению с чистыми опилками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беловежец, Л.А. Агрохимические показатели компоста на основе древесных опилок / Л.А. Беловежец, А.В. Третьяков // Химия в интересах устойчивого развития. – 2020. – №28. – С.124-130.
2. Казицын, С.Н. Использование древесных гранул как топливный продукт в России / С.Н. Казицын, С.В. Дереев, А.А. Панфилова // Научно-технический вестник: технические системы в АПК. – 2019. – С. 55-60.
3. Борисов, И.Н. Нефтяной кокс – альтернативное топливо для цементной вращающейся печи / И.Н. Борисов, О.С. Мандрикова, Д.А. Мишин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1-7.

УДК 678.746.222

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ОТХОДОВ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА НА ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕЙ С ГИДРОЛИЗНЫМ ЛИГНИНОМ

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, А. М. ЕМЕЛЬЯНОВ
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

Проведены исследования по возможности комплексной переработки вспененного полистирола совместно с гидролизным лигнином для получения твердых топлив. Проведен термогравиметрический анализ образцов для определения характеристик горения смесей.

Введение. В настоящее время перед строительной индустрией стоят две основные проблемы: экологичность производства материалов и изделий, в том числе безотходное производство, и повышение теплозащиты зданий и сооружений, чтобы избежать тепловых потерь. Безотходное производство или возможность переработки отходов производства является важной составляющей любого предприятия строительной индустрии. На данный момент существует необходимость утилизации органических полимерных отходов. Один из таких отходов образуется в процессе производства плитного утеплителя на основе полистирола [1].

Основная часть. Отходы пенополистирола-это вышедший из эксплуатации упаковочный материал (упаковка для бытовой техники, видео-, аудиоаппаратуры, еды и т. д.). Проблема их утилизации стоит очень остро, так как громадные его количества наносят урон экологии окружающей среды. По этой причине необходимо решать проблему его утилизации [2].

Горит вспененный полистирол в расплавленном состоянии с выделением большого количества теплоты. Удельная теплота сгорания полистирола 39,4 - 41,6 МДж/кг, что в 4,3 раза выше, чем у сосновой древесины естественной влажности и примерно соответствует теплоте сгорания бензина [3].

Однако независимо от условий производства и эксплуатации полистирол выделяет до 25 ядовитых соединений, некоторые из них: углекислый газ, угарный газ, бензол, стирол, синильная кислота, которая является боевым отравляющим веществом. Основными токсическими компонентами продуктов горения полистирола на всех стадиях пожара являются угарный газ и синильная кислота [4].

Экспериментальная часть. Для проведения исследования термогравиметрических характеристик были подготовлены образцы вспененного полистирола, гидролизного лигнина, а также смеси на их основе с содержанием 1, 3, 5, 10, 20, 30 %масс. полистирола. Предварительно вспененный полистирол подвергался измельчению.

Термогравиметрический анализ образцов проводился с помощью термогравиметрического анализатора TGA-101, при этом повышение температуры проводилось 10°C в минуту. Результаты проведенного термогравиметрического анализа образцов представлены на рисунках 1-4.

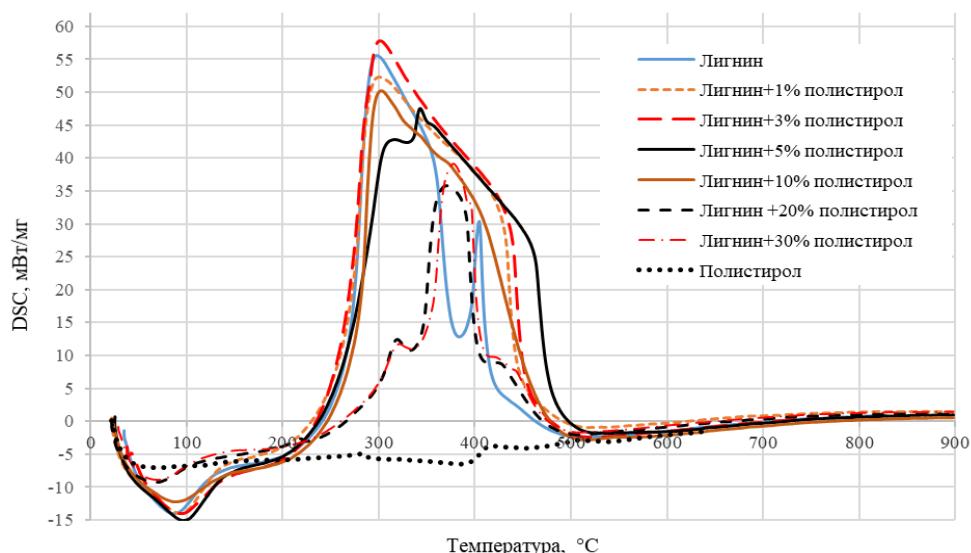


Рисунок 1. – Результаты дифференциальной сканирующей калориметрии образцов вспененного полистирола, гидролизного лигнина и их смесей

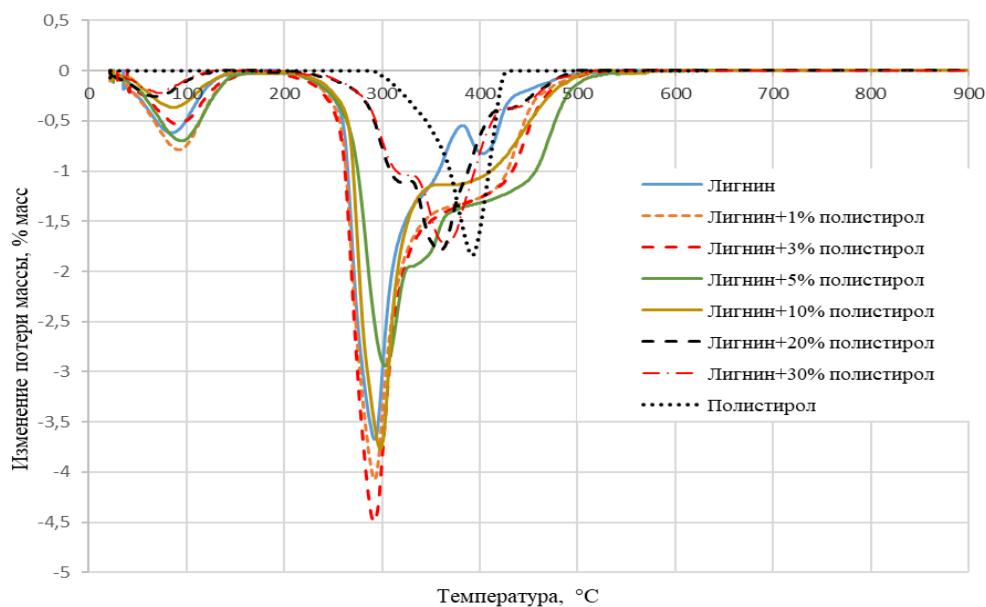


Рисунок 2. – Результаты дифференциального термогравиметрического анализа образцов вспененного полистирола, гидролизного лигнина и их смесей

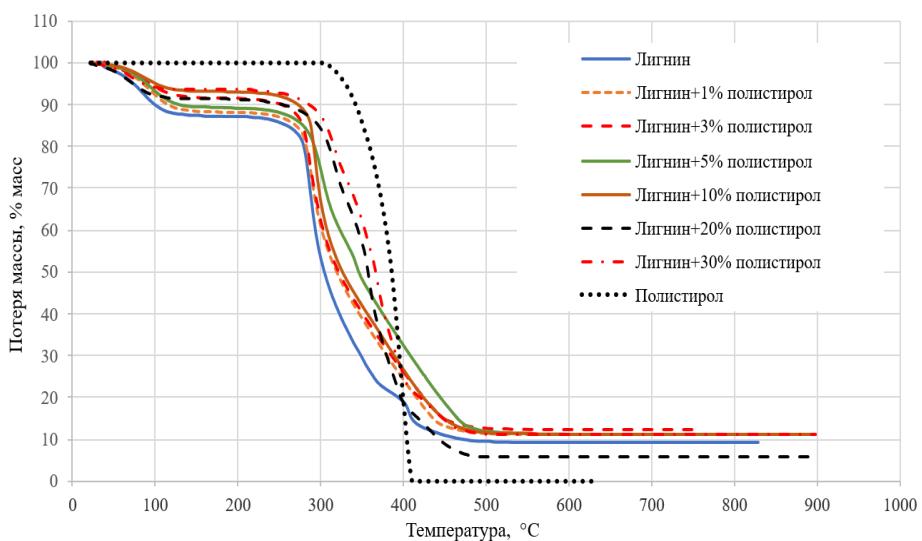


Рисунок 3. – Результаты интегрального термогравиметрического анализа образцов вспененного полистирола, гидролизного лигнина и их смесей

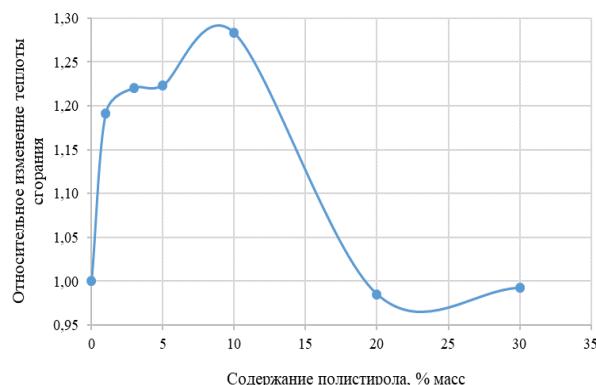


Рисунок 4. – Влияние содержания ила на относительное изменение теплоты сгорания смесей вспененного полистирола и гидролизного лигнина

Как видно из данных рисунков 1-4 добавление 3%масс. полистирола к гидролизному лигнину приводит к увеличению максимальной температуры горения, и к незначительному увеличению диапазона горения смеси, по сравнению с чистым гидролизным лигнином. Добавление полистирола 1-10%масс. также приводит к увеличению теплоты сгорания, при этом лучший показатель показал образец с 10%масс. полистирола.

Вывод. На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что возможным вариантом утилизации отходов вспененного полистирола является его совместное сжигание с гидролизным лигнином в виде твердого топлива, при этом оптимальное содержание полистирола составляет 3%масс. Однако при сжигании полистирола могут образовываться летучие органические соединения (фураны, диоксины, альдегиды и др.), которые приводят к загрязнению окружающей среды и являются опасными для здоровья человека, поэтому для использования полистирола в качестве компонента твердого топлива необходимо оснащать печи дополнительными улавливателями и очистителями дымовых газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин, Д.А. Анализ вторичного использования отходов производства плитного утеплителя на основе вспененного пенополиизоцианурата (PIR) / Д.А. Ильин, Д.С. Голотенко // Инженерный вестник Дона. – 2022. – №6. – С. 310-318.
2. Иванова, М.И. Сорбент для ликвидации нефтяных разливов на основе пенополиуретана и отходов пенополистирола / // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2020. – №2. – С. 22-36.
3. Деревщикова, Д.М. Вредные вещества, выделяющиеся при горении и термическом разложении строительных и декоративно-отделочных материалов, как основной опасный фактор пожара / Д.М. Деревщикова, А.М. Зайцев // Студент и наука. – 2019. – №2. – С. 77-84.
4. Сенченко, Т.В. Анализ экспериментальных исследований пожароопасности пенополистирола и токсичности продуктов его горения / Т.В. Сенченко, О.С. Власова, В.П. Батманов // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1. – С. 121-131.

УДК 665.777.4

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК АКТИВНОГО ИЛА, НЕФТЯНОГО КОКСА
И ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА НА ТВЕРДОСТЬ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ
НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА**

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, А. М. ЕМЕЛЬЯНОВ
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

Рассмотрен состав и способы утилизации гидролизного лигнина, показан перспективный способ по его переработки. Проведены исследования по влиянию добавок активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола на твердость и влагопоглощение топливных пеллет на основе лигнина.

Введение. Одним из крупнотоннажных отходов химической переработки древесины является гидролизный лигнин [1]. На территории Республики Беларусь в отвалах, которые занимают значительные площади и представляют опасность для окружающей среды, накопилось значительное количество гидролизного лигнина, достаточное для промышленной переработки.

Проблема утилизации гидролизного лигнина существует, начиная с создания микробиологической отрасли, и кардинально не решена до настоящего времени, несмотря на многочисленные способы его переработки, в том числе реализованные в промышленности.

Основными направлениями переработки гидролизного лигнина являются:

- использование в натуральной форме (в черной и цветной металлургии, в производстве легковесных огнеупорных изделий, при получении бытового топлива, в качестве адсорбента и др.),
 - после термической переработки (получение лигнинных, активных и гранулированных углей),
 - после химической переработки (получение нитролигнина и его модификаций, коллактивита, биологически активных веществ)
- в качестве энергетического топлива [2].

Основная часть. Гидролизный лигнин имеет неоднородный и сложный состав, который зависит от вида сырья и применяемых технологических режимов гидролиза. В нем содержится собственно лигнин, значительно измененный при гидролизе (40-88 % масс.), трудногидролизуемые полисахариды (13-45 % масс.), смолистые и гуминоподобные вещества (5-19 % масс.), зольные элементы (0,5-10 % масс.). Также в нем присутствует часть сохранившихся при гидролизе моносахаридов, остатки минеральных и органических кислот, следы фурфурола, азотистые и другие вещества. По своей структуре гидролизный лигнин существенно отличается от нативного лигнина древесины и является наиболее конденсированным полимером из всех технических лигнинов [1].

В то же время гидролизный лигнин содержит те же основные компоненты, что и древесина, но меньшее количество полисахаридов и большее - негидролизуемого при гидролитической обработке собственно лигнина, т. е. представляет собой древесину после гидролизной обработки (растительную биомассу) и аналогичен по свойствам при сгорании древесине. Поэтому перспективным способом утилизации гидролизного лигнина является производство брикетов топливных и пеллет [2].

Качество топливных пеллет из гидролизного лигнина зависит от многих факторов, среди которых можно выделить следующие: влажность, зольность, породный и фракционный состав исходного древесного сырья, технологические факторы получения пеллет. Одним из важных показателей качества таких пеллет является их механическая прочность, так как при хранении и транспортировке пеллет нижние слои испытывают высокое давление и крошатся, образуя пылевидную фракцию, что приводит к ухудшению внешнего вида пеллет и их свойств как топлива - снижению энергоэффективности [3].

Экспериментальная часть. Для проведения исследования были подготовлены образцы избыточного активного ила очистных сооружений, высокосернистого нефтяного кокса, вспененного полистирола и гидролизного лигнина, а также смеси на их основе. Предварительно активный ил подвергались сушке при 105°C для снижения влажности образцов и снижения биологической опасности ила. Также нефтяной кокс и полистирол измельчались для получения фракции с размером частиц не более 3мм. После предварительной подготовки сырьевых компонентов, они смешивались в определенных пропорциях и подвергались горячему формированию для получения топливных пеллет различного состава.

Для изучения твердости по Шору полученных пеллет использовался дюрометр типа D. Исследования твердости образцов проводились сразу после получения пеллет, а также после выдерживания образцов в течении суток при влажности 80% и температуре 20°C в озоновой камере старения производителя TEMP&HUMI.

На рисунках 1-3 показано влияние добавок активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола на твердость и влагопоглощение гидролизного лигнина.

На основе проведенных исследований можно сказать, что добавление 10% масс. нефтяного кокса к гидролизному лигнину приводит к увеличению твердости после нахождения в озоновой камере, однако данное количество нефтяного кокса в смеси значительно увеличивает влагопоглощение получаемых пеллет. Аналогичные свойства проявляют образцы, содержащие 3-5% масс. активного ила в смеси с гидролизным лигнином, причем смеси с активным илом показывают увеличенное влагопоглощение по сравнению со смесями нефтяного кокса и полистирола. Если рассматривать образцы, содержащие полистирол, то можно сказать, что максимальную твердость и влагопоглощение показывают образцы с содержанием 5-10% масс. полистирола, однако с течением времени твердость таких пеллет значительно снижается.

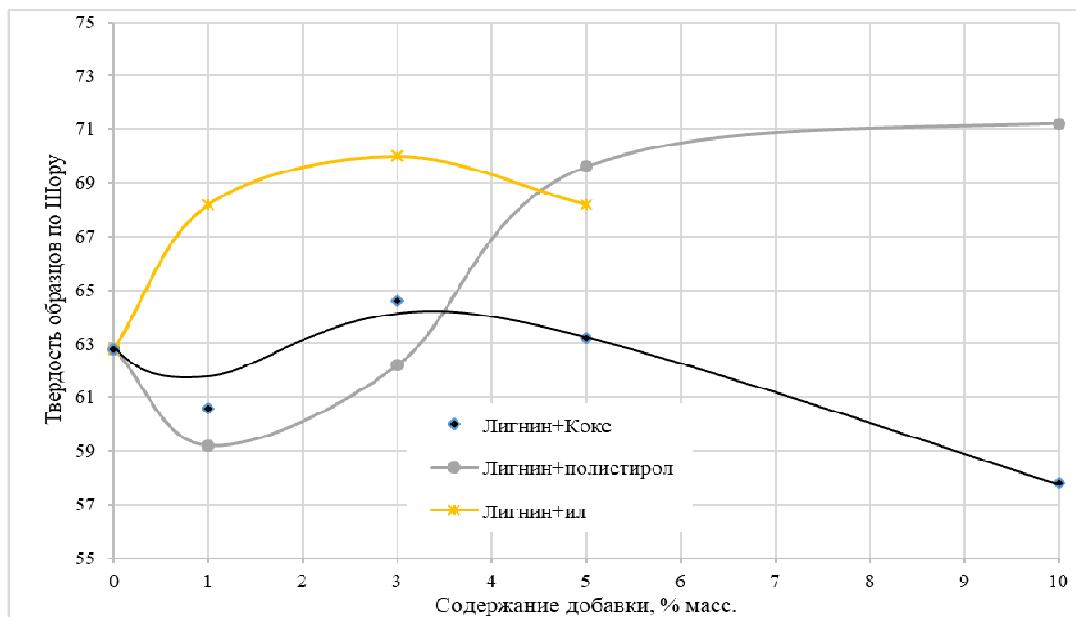


Рисунок 1. – Влияние содержания активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола на твердость смесей с гидролизного лигнина

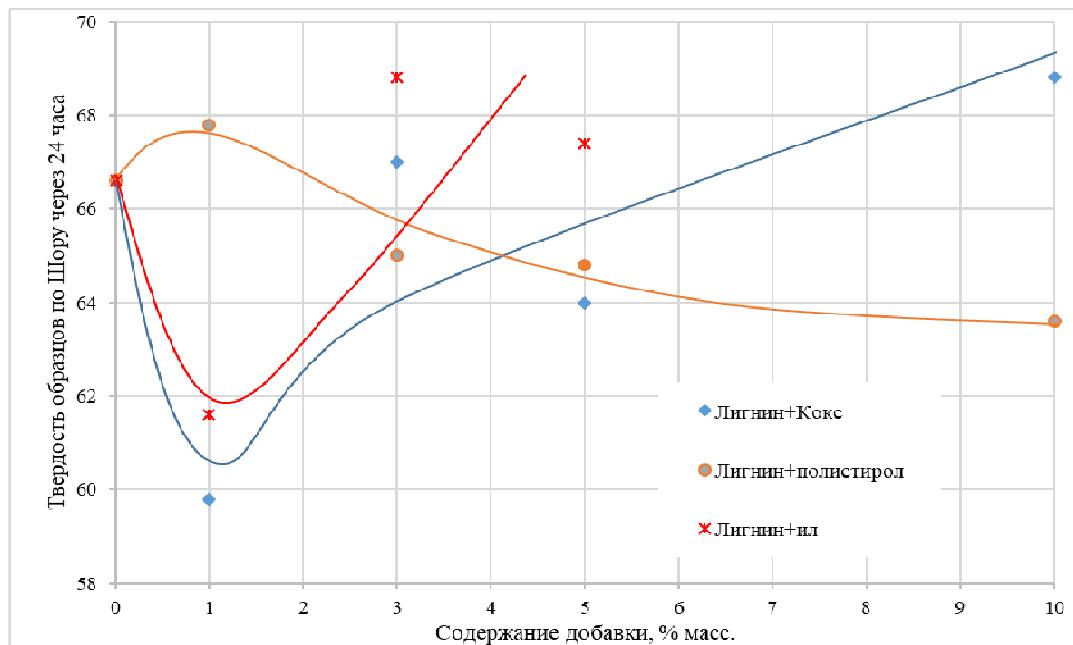


Рисунок 2. – Влияние содержания активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола на твердость смесей с гидролизного лигнина после озоновой камеры старения

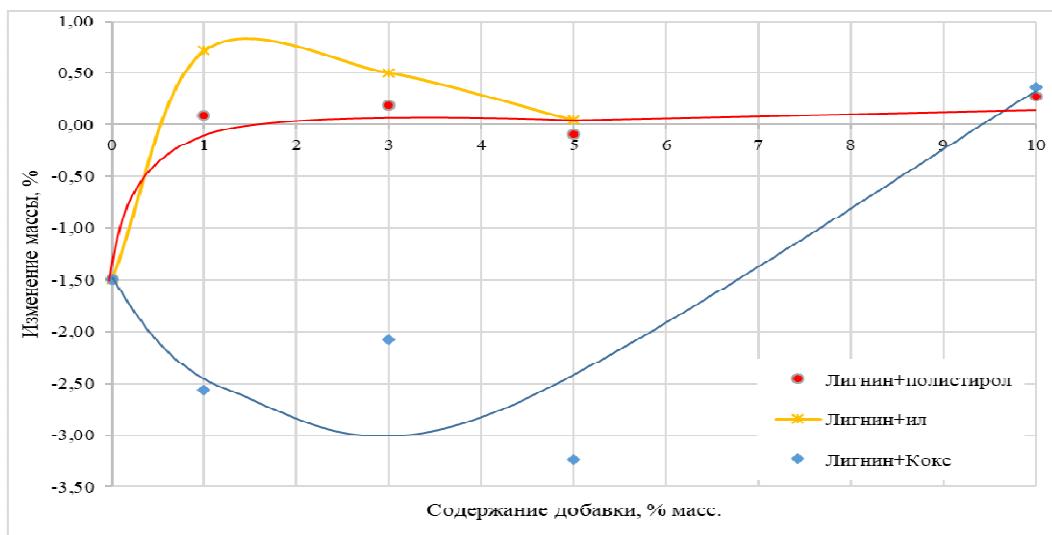


Рисунок 3. – Влияние содержания активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола на влагопоглощение смесей с гидролизным лигнином после озоновой камеры старения

Вывод. Проведенные исследования показывают, что добавление активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола к гидролизному приводит к повышению твердости топливных пеллет. Однако из-за высокого влагопоглощения пеллет на основе лигнина твердость таких топливных пеллет с течением времени снижается (кроме нефтяного кокса), поэтому для хранения и транспортировки пеллет с добавками активного ила и полистирола необходимо применять специальные осушители воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычева, Н.А Влияние режима гранулирования и состава топливных пеллет на их прочностные свойства / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, Т.В. Соловьев // Лесной вестник. – 2016. – №3. – С. 72-79.
2. Судакова, И.Г. Методы химической и термохимической переработки гидролизного лигнина / И.Г. Судакова, А.В. Левданский, Б.Н. Кузнецов // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2021. – №14(2). – С. 263-275.
3. Болтовский, В.С Состав гидролизного лигнина из отвалов ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» и рациональные направления его использования / В.С. Болтовский // Труды БГТУ. – 2014. – №4. – С. 105-108.

УДК 620.193:691.175

**ПОИСК ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ПО ИСКЛЮЧЕНИЮ РЖАВЛЕНИЯ АРМАТУРНОГО ПРОКАТА
(НАЛИЧИЕ АТМОСФЕРНОЙ РЖАВЧИНЫ) ПРИ НАХОЖДЕНИИ ПРУТКОВ
В НЕЗАЩИЩЕННЫХ УСЛОВИЯХ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
(ТУМАН, ДОЖДЬ, СНЕГ) В ТЕЧЕНИЕ 4–6 НЕДЕЛЬ**

**И. С. ХУДОЛЕЙ, П. А. СТРИЖЕНЬ, И. Ф. КОЛЕСНИКОВ
(Представлено: Л. П. ШЕВЧЕНКО)**

В данной статье были рассмотрены способы защиты металлической арматуры от атмосферной коррозии при хранении в открытых условиях. Исследовались битумные покрытия, модифицированные резиновой крошкой и известняковым порошком, а также их влияние на адгезию к бетону и морозостойкость. Проведены лабораторные испытания на коррозионную стойкость, прочность сцепления с цементом, электроизоляцию и пористость покрытия.

Введение: Коррозия металлической арматуры является одной из ключевых причин разрушения железобетонных конструкций, особенно при хранении и эксплуатации в условиях открытой атмосферы. Воздействие влаги, кислорода, перепадов температур и осадков приводит к образованию атмосферной ржавчины уже в течение нескольких недель. Это существенно снижает долговечность конструкций, увеличивает риски эксплуатации и повышает затраты на ремонт.

Основная часть: Одним из наиболее перспективных направлений защиты металлической арматуры от атмосферной коррозии является использование битумных покрытий, модифицированных различными добавками. Такие покрытия способны не только изолировать металл от влаги и кислорода, но и повысить его устойчивость к механическим воздействиям, перепадам температур и агрессивным средам.

Добавление резиновой крошки в битумную мастику позволяет создать эластичную матрицу, которая препятствует проникновению влаги и воздуха к поверхности металла. Благодаря этому покрытие сохраняет герметичность даже при образовании микротрещин или деформациях арматуры, что особенно важно при транспортировке и монтаже.

Кроме того, резиновая крошка придаёт покрытию высокую ударопрочность и гибкость. Оно не растрескивается при изгибе или ударе, что снижает риск отслаивания при температурных деформациях металла. Таким образом, арматура остаётся защищённой даже в условиях интенсивной эксплуатации.

Мастика с резиновой крошкой также демонстрирует устойчивость к низким температурам и резким перепадам. При замораживании или нагреве покрытие не теряет своих защитных свойств, сохраняя эластичность и сцепление с металлом. Дополнительным преимуществом является экологичность: использование переработанных шин способствует утилизации отходов.

В то же время применение известнякового порошка в битумной мастике обеспечивает иные свойства. Мелкодисперсный известняк придаёт покрытию структурную стабильность, повышает его жёсткость и устойчивость к механическим повреждениям. Это особенно важно при длительном хранении арматуры на открытых площадках.

Известняковый порошок снижает водопроницаемость покрытия, что препятствует проникновению влаги и агрессивных веществ. Кроме того, он повышает стойкость материала к щелочной среде цементного раствора, в который помещается арматура. Таким образом, покрытие сохраняет свои свойства даже в условиях контакта с бетоном.

Покрытие с известняком демонстрирует высокую устойчивость к ультрафиолетовому излучению и замедленное старение. Оно дольше сохраняет свои защитные характеристики при воздействии солнечного света, что делает его более подходящим для хранения арматуры на открытом воздухе. Дополнительным преимуществом является экономичность: известняк — доступный и недорогой материал.

Для оценки свойств покрытий был проведён сравнительный анализ (*Диаграмма 1*). Мастика с резиновой крошкой показала лучшие результаты по гибкости, ударопрочности и эластичности, тогда как мастика с известняком продемонстрировала более высокую термостойкость и устойчивость к ультрафиолету.

Для приготовления мастик использовались стандартные технологические операции: нагрев битума до жидкой фазы, введение цинкового порошка для повышения антакоррозионной стойкости, добавление модифицирующих компонентов (резины или известняка) и растворителя для регулирования вязкости. Такой процесс обеспечивает получение однородной массы без сгустков.

После приготовления составов были проведены лабораторные испытания. В условиях высокой влажности образцы с покрытиями не показали признаков коррозии, тогда как контрольный металл полностью заржавел (*Диаграмма 2*). При проверке адгезии арматуру невозможно было извлечь из бетона без его разрушения, что подтверждает прочность сцепления.

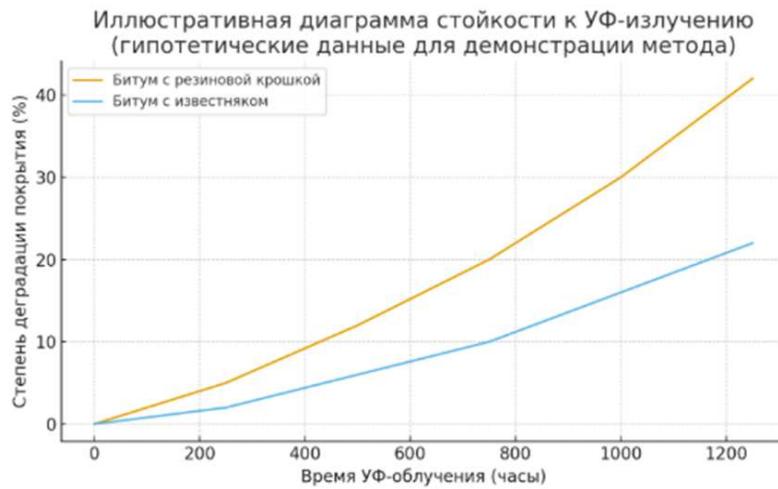


Диаграмма 1

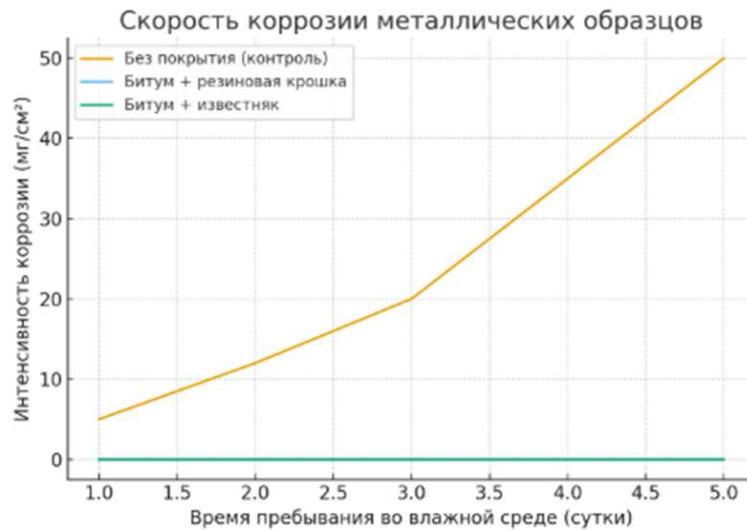


Диаграмма 2

Испытания на морозостойкость показали, что оба покрытия сохраняют целостность и эластичность после двухнедельного замораживания при -18°C . Проверка электроизоляции выявила, что покрытые образцы полностью исключают прохождение тока, предотвращая электрохимическую коррозию (Диаграмма 3). Тест на пористость подтвердил отсутствие открытых пор и дефектов в защитном слое.

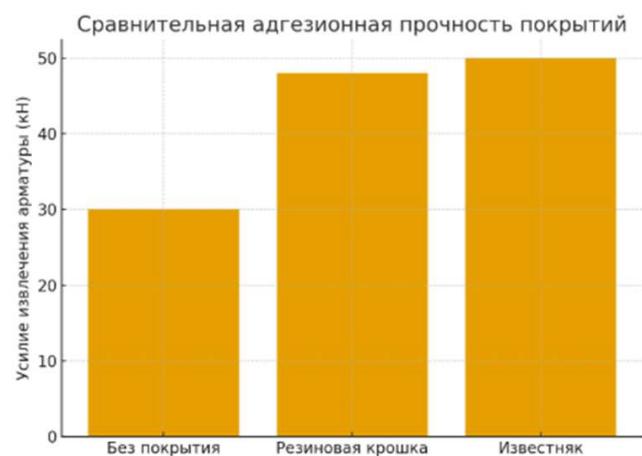


Диаграмма 3

Вывод: Оба состава — битум с резиновой крошкой и битум с известняком — показали высокую эффективность защиты арматуры. Первый вариант предпочтителен при транспортировке и эксплуатации в условиях вибраций и механических нагрузок, второй — при длительном хранении на открытых площадках и воздействии солнечного излучения. Оба покрытия могут быть рекомендованы для промышленного применения в строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25812-85 «Общие требования к защите от коррозии».
2. ГОСТ 30693-2000 «Материалы для гидроизоляции. Методы испытаний».
3. СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия».
4. ГОСТ 9.032-74 «Единая система защиты от коррозии и старения».

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Аврусович К. Д.</i> Принципы и варианты миграции справочных баз данных из Microsoft Access в клиент-серверную СУБД PostgreSQL.....	3
<i>Аврусович К. Д.</i> Анализ проблем учета, планирования и управления запасами подвижного состава на предприятиях транспортировки сжиженных нефтяных газов	5
<i>Авсянкин Е. П., Крупский М. И.</i> Применение беспилотных летательных аппаратов в повседневной жизни	7
<i>Авсянкин Е. П., Крупский М. И.</i> Конструкция беспилотных летательных аппаратов.....	9
<i>Бурдик Е. С.</i> Апробация методики измерения импеданса антенн для детектирования почвенно-грунтового слоя над залежами углеводородов	12
<i>Бурдик Е. С.</i> Разработка антенн для обнаружения углеводородов по контрасту отражательных Характеристик	16
<i>Вальков И. В.</i> Цифровизация подготовки специалистов в области геодезии и землеустройства: разработка и внедрение обучающих сервисов	20
<i>Вальков И. В.</i> Интерактивная среда обучения геодезии как инструмент формирования профессиональных компетенций студентов.....	23
<i>Гайкевич Н. К.</i> Преимущества использования чат-ботов в образовании	28
<i>Гирон Е. В.</i> Сравнительный анализ точности измерения освещенности программным и аппаратным методами	30
<i>Гирон Е. В.</i> Сравнение экспериментальных данных освещенности помещения с программной моделью	32
<i>Игнатович Э. Д.</i> Структурная схема оптической системы передачи информации	35
<i>Изоитко М. В.</i> Контраст отражательных характеристик анизотропных сред над углеводородами в режиме амплитудно-модулированных сигналов	38
<i>Изоитко М. В.</i> Особенности взаимодействия амплитудно-модулированных сигналов с углеводородами	41
<i>Карабец Д. П.</i> Цифровая грамотность и кибербезопасность. Методы эффективной борьбы с кибербуллингом	44
<i>Карабец Д. П.</i> Критерии цифровой грамотности методом опроса разных возрастных групп	49
<i>Карелина М. Д.</i> Этические вопросы использования алгоритмов повторной идентификации человека на изображениях систем видеонаблюдения	54
<i>Киселев С. Р.</i> Конструирование емкостной панели управления на базе ARDUINO UNO.....	56
<i>Киселев С. Р.</i> Программное обеспечение емкостной сенсорной системы	59
<i>Ковалевская М. В.</i> Стандартизация работы беспроводных локальных сетей	63
<i>Ковалевский В. В.</i> Исследование статистического характера адаптивной модуляции	66
<i>Лейченко Л. Н., Толстик М. М.</i> Виртуальные помощники как инструмент преодоления цифрового барьера: анализ существующих решений и обоснование разработки новой системы	69
<i>Лейченко Л. Н., Толстик М. М.</i> Проект виртуального ассистента «ЕVA»: архитектура, функционал и перспективы внедрения	72
<i>Лукашевич С. В., Шабалов В. Л., Лукашевич В. В.</i> Анализ потерь данных в цепочке межсистемного обмена форматами	75
<i>Лукашевич С. В., Шабалов В. Л., Лукашевич В. В.</i> Анализ типичных ошибок при обмене данными между системами	78
<i>Лукашевич С. В., Шабалов В. Л., Лукашевич В. В.</i> Сравнение устойчивости форматов данных к повреждениям при межсистемном взаимодействии	80
<i>Новикова Д. М.</i> Семантическая модель как ключевой элемент в создании умных помощников.....	82
<i>Новикова Д. М.</i> Семантические модели в Edge Computing как инструмент анализа и контроля на производстве	86
<i>Овчинников В. А.</i> OSTree – следующий шаг эволюции Linux дистрибутивов.....	90
<i>Овчинников В. А.</i> Управление парком неизменяемых систем в корпоративной и производственной среде	94
<i>Пауков В. Д.</i> Использование мессенджеров для поддержки образовательных инициатив: обзор возможностей и перспектив на примере Telegram-приложения для исторических тестов	97

Петроченко И. О. Саевич С. Г. Методы и подходы к оценке уязвимостей: сравнительный анализ (CVSS, EPSS И ISO/IEC 27005)	99
Петроченко И. О. Автоматическая оценка уязвимостей веб-приложений с помощью CVSS RISK EVALUATOR: практическая реализация и сравнительный анализ	102
Петюкович С. В., Карла Н. В. Методы измерения внутриглазного давления.....	105
Петюкович С. В., Карла Н. В. Обзор приборов для измерения внутриглазного давления	107
Петюкович С. В., Карла Н. В. Применение пневтометрии для измерения внутриглазного давления	110
Петюкович С. В., Карла Н. В. Применение тензорезисторов для измерения внутриглазного давления	112
Петюкович С. В., Карла Н. В. Исследование зависимости показаний АЦП от температуры	115
Посох М. А., Булохов К. Ю. Актуальность разработки программы для учета кураторской группы	118
Посох М. А., Булохов К. Ю. Функциональные требования к программе для учета кураторской группы.....	121
Прозоров В. В. Оптимизация выбора типа и числа светильников с учетом равномерности освещения с применением приложения DIALux Evo.....	124
Пыльченко Г. С. Технология блокчейн в сфере образования: проверка дипломов и сертификатов.....	127
Путро А. В. Технология блокчейн в сфере образования: проверка дипломов и сертификатов	129
Саевич С. Г. Мониторинг и анализ трафика локальных сетей.....	131
Семенченко Е. А. Архитектура электронного средства для изучения общего устройства и принципов диагностирования технического состояния автомобиля	134
Семенченко Е. А. Преимущества использования электронного средства для изучения общего устройства и принципов диагностирования технического состояния автомобиля	137
Скоков В. А. Реализация веб-приложения на C# с использованием технологий ASP.NET Core MVC для изучения английского языка.....	140
Скоков В. А. Педагогические и психологические аспекты применения цифровых флаш-карточек в изучении иностранного языка.....	143
Томашевич Н. А. Анализ программных продуктов для обнаружения пожаров на основе данных систем видеонаблюдения	146
Шарипа Н. М., Рощупкин Т. А. Методы оптимизации вычислительной эффективности алгоритмов генерации фрактальных структур в среде MATLAB	150
Юрчишко Е. И. Способы конвертации текста в PDF-документах в формат SVG (масштабируемой векторной графики)	153
Юрчишко Е. И. Реализация архитектуры приложения-конвертера для преобразования текста в PDF-документе в векторные кривые	157

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Драгардов А. В. Оценка человеческого фактора сварщика с подбором психологических тестов	160
Драгардов А. В. Анализ и улучшение условий трудовой деятельности сварщика ремонтного производства отдела главного энергетика	163
Кунчевский К. А. Исследование изменения эксцентричной составляющей поперечной разностенности трубы вдоль конуса деформации стана ХПТ	167
Кунчевский К. А. Исследование микроструктуры и механических свойств образцов труб, полученных путем холодной пильгельной прокатки	171
Листвин И. В., Кунчевский К. А., Левановская Р. В. Построение кинематической схемы нижнего опорно-двигательного аппарата человека во время поднятия ноги и определение развиваемых моментов сил для последующего проектирования экзоскелета	175
Листвин И. В., Кунчевский К. А., Левановская Р. В. Построение кинематической схемы нижнего опорно-двигательного аппарата человека во время сгибания голени и определение развиваемых моментов сил для последующего проектирования экзоскелета	178
Листвин И. В., Кунчевский К. А., Левановская Р. В. Измерение и нахождение физических характеристик нижнего отдела тела человека с целью дальнейшей разработки экзоскелета	180
Листвин И. В., Кунчевский К. А., Левановская Р. В. Построение кинематической схемы нижнего опорно-двигательного аппарата человека во время ходьбы и бега, определение развиваемых моментов сил для последующего проектирования экзоскелета	183
Листвин И. В., Кунчевский К. А., Левановская Р. В. Построение кинематической схемы нижнего опорно-двигательного аппарата человека во время приседаний и определение развиваемых моментов сил для последующего проектирования экзоскелета	187

Моисеенко М. Н. Мировой опыт и проблема утилизации электроавтомобилей в Республике Беларусь.....	190
Пилипёнок И. И. Влияние смазочных материалов на износостойкость пар трения автомобилей.....	193
Пилипёнок И. И. Трибосопряжения в автомобильном транспорте.....	195
Чиркун Д. Ф., Колбаско Д. С. Форсунки системы Common Rail. устройство и принцип действия.....	197
Чиркун Д. Ф., Колбаско Д. С. Диагностирование дизельных топливных форсунок с пьезоэлектрическим приводом без снятия с двигателя	199
Шелепень Д. А., Каратникова А. А. Применение тестов YOLO 1 / YOLO 2 для экспериментального определения инерционных свойств системы позиционирования 3D-принтера.....	203
Шелепень Д. А., Каратникова А. А. Анализ влияния алгоритма многопроходного нанесения материала на геометрию и адгезию при 3D-печати	205
Шелепень Д. А., Каратникова А. А. Карта неровностей стола как критический фактор формирования адгезии первого слоя.....	207
Шелепень Д. А., Каратникова А. А. Влияние технологических параметров на качество вертикальных поверхностей при FDM-печати	209

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Авраменок А. Н., Аннаев Г. Антикоррозионные свойства присадки сукцинимидного типа.....	211
Авраменок А. Н. Влияние низкощелочного сульфоната кальция на коррозию меди	214
Авраменок А. Н. Влияние ультразвуковой обработки низкощелочного сульфоната кальция на коррозию алюминия.....	217
Емельянова В. А., Емельянов А. М. Влияние содержания активного ила на термогравиметрические характеристики смесей с древесными опилками	220
Емельянова В. А., Емельянов А. М. Влияние содержания нефтяного кокса на термогравиметрические характеристики смесей с древесными опилками	223
Емельянова В. А., Емельянов А. М. Влияние добавки отходов вспененного полистирола на термогравиметрические характеристики смесей с гидролизным лигнином	225
Емельянова В. А., Емельянов А. М. Изучение влияния добавок активного ила, нефтяного кокса и вспененного полистирола на твердость топливных пеллет на основе гидролизного лигнина.....	228
Худолей И. С., Стрижень П. А., Колесников И. Ф. Поиск технических решений по исключению ржавления арматурного проката (наличие атмосферной ржавчины) при нахождении прутков в незащищенных условиях от атмосферных воздействий (туман, дождь, снег) в течение 4–6 недель	231