

ПУТЬ В НАУКУ

Прикладные науки.
Промышленность

Выпуск 55(125)

Текстовое электронное
издание

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

ПУТЬ В НАУКУ
Прикладные науки. Промышленность

Электронный сборник научных трудов

Выпуск 55(125)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2024

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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 : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой,
2024. – Вып. 55(125). – 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. Дарьяновой*.
Компьютерный дизайн обложки: *Отдел по связям с общественностью*.

Подписано к использованию 04.11.2024. Объем издания: 7,60 Мб. Заказ 399.

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 978-985-531-889-8

© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2024

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.396.49, 621.396.669.8

СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОМЕХ РАДИОСИГНАЛОВ

Д. А. БОРОДУЛЯ

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

В статье рассмотрены системы обнаружения и отслеживания источников помех радиосигналов, предложен вариант структуры подобной системы для автомобильных систем сигнализации, подключенных к ГЛОНАСС и GPS, использующих принцип детектирования отсутствия полезного сигнала при возникновении помехи.

Ключевые слова: радиосигнал, помеха, способ обнаружения помех, автомобильная сигнализация, GPS, ГЛОНАСС.

Введение. С постоянно расширяющимся применением радиотехнологий в связи, радиолокации и навигации электромагнитная среда становится все более сложной и насыщенной сигналами. Для обеспечения защиты передающейся полезной информации активно разрабатываются системы мониторинга радиопомех. Конечная цель таких систем – определить местонахождение помехи [1]. Характеристики систем зависят от характеристик помех и защищаемых сигналов, принципа действия элементов системы и связи между ними. Построение системы отслеживания с оптимальными характеристиками требует учета различных влияющих факторов и тщательных исследований на этапе предварительной разработки.

Постановка целей и задач исследования. Цель данной статьи – предложить вариант системы отслеживания источников помех радиосигналов. Для этого необходимо решить несколько задач: выбрать методы; ограничить круг защищаемых объектов и выбрать тип системы; определиться с глобальными навигационными спутниковыми системами связи (ГНСС), которые используются защищаемыми объектами; выбрать принцип действия, используемый в системе; предложить вариант структурных элементов системы и способ связи между ними.

Методология исследований. При написании статьи использовались методы поиска информации в сети Интернет, системный подход, анализ данных литературных источников, сравнение, аналогия и синтез.

Результаты и их обсуждение. По результатам выполненной работы в качестве защищаемых объектов представляется возможным выбрать объекты движимого имущества, а именно, автомобильный транспорт – современные автомобили снабжены системами охранной сигнализации, посылающими сигналы на ГНСС, но злоумышленники легко находят способ заблокировать эти системы посредством включения источника помех.

По состоянию на 2020 год в [2, 3] наиболее известны такие ГНСС, как GPS, BeiDou, ГЛОНАСС, «Галилео» и др. [2, 3]. Наиболее широко используемыми считаются GPS и ГЛОНАСС [3]. Более того, зачастую чипы спутниковой связи, устанавливаемые в охранные системы адаптированы к работе с ГЛОНАСС и GPS одновременно [3]. ГЛОНАСС и GPS являются еще и достаточно уязвимыми к воздействию помех. Известно немало случаев, когда в их работу вносились существенные сбои: в 2009-2010 годах, в декабре 2011 года, в июне 2012 года, в 2013 году, в сентябре 2017 года и др. [2, 3, 4, 5, 6, 7].

На основании сказанного выше, принято решение разрабатывать систему отслеживания источников помех радиосигналов для автомобильных систем сигнализации, подключенных к ГЛОНАСС и GPS. Помехи представляют собой сигналы, подавляющие сигнал от системы GPS автомобиля.

Тип системы, предлагаемой к разработке, – комбинированная, сочетающая в себе стационарные и мобильные элементы и децентрализованное управление.

В [8] рассмотрена система обнаружения источников помех радиосигналов на основе помехоустойчивых цифровых антенных решеток (ЦАР), установленных на самоходных роботах, использующих ГЛОНАСС и/или GPS, либо комбинацию спутниковой и инерциальных систем навигации. В систему заложен принцип нулевого приема сигналов в направлении источников помех. Применение двух и более независимых ЦАР позволяет запеленговать источник помех.

В [9] приведено описание устройства обнаружения источников ложных навигационных сигналов навигационной аппаратуре потребителей (НАП) глобальной навигационной системы связи (ГНСС). Устройство состоит из антенной решетки, пеленгатора, приемника навигационных сигналов, анализатора информационных сообщений. Если принятые сообщения имеют нарушения в структуре и содержании навигационного сигнала, то соответствующие им источники являются источниками ложных навигацион-

ных сигналов. Если с одного направления приходят несколько сигналов, имеющих разные навигационные координаты, то эти сигналы излучаются источником ложных навигационных сигналов. В результате последовательного повторения анализа формируется перечень направлений прихода полезных сигналов и помех, который передается в НАП ГНСС.

В [10] приводятся результаты разработки математической модели радиолинии с адаптивными устройствами пространственно-поляризационной фильтрации (АУППФ) и исследования возможности применения различных алгоритмов адаптации для повышения эффективности работы радиоприемного оборудования в условиях воздействия нестационарных радиопомех. Получены выражения для основных показателей эффективности АУППФ, которые дают возможность перейти к оценке качественных показателей функционирования аппаратуры потребителей радиосвязи и навигации в режимах поиска сигнала и слежения за его параметрами для рассматриваемых видов помех.

В [11] описан коммерчески производимый детектор глушения GPS-сигнала как раз для установки в автомобиле. Однако подробных данных о принципе работы нет. Работает в связке с GPS-трекером, поэтому при обнаружении факта глушения система, по уверениям разработчика, оперативно отправит владельцу автомобиля online, sms либо email-уведомление. В подробном отчете сообщается общее количество, длительность и местоположение всех включений и выключений подавителя GPS-сигналов. Электрической схемы устройства также нет. Подходит для работы с системами GPS и ГЛОНАСС. Авторы утверждают о стоимости, сравнимой со стоимостью самих подавителей.

В [12] описан обнаружитель подавителя GPS-сигналов STL3520 британского производства компании Chronos Technology. Отмечается, что подробные характеристики и принцип действия производителя держат в секрете, предположительно, устройство использует метод триангуляции. Также авторы подчеркивают актуальность и востребованность разработок подобных обнаружителей для предотвращения неприятных последствий глушения GPS-сигналов – пробок, ДТП, угонов автомобиля.

В [13] описан способ обнаружения и пеленгации источников радиоизлучения на одной частоте для мониторинга радиоэлектронной обстановки при многолучевом распространении радиоволн, воздействии преднамеренных и непреднамеренных помех, отражениях сигнала от различных объектов и слоев атмосферы. Достижимый технический результат - повышение надежности, точности и скорости пеленгации при приеме электромагнитных сигналов от нескольких источников радиоизлучения, в условиях априорной неопределенности относительно формы сигнала, шумов и помех. Получение многосигнального углового спектра мощности P , представляющего собой распределение квадратов амплитуд по пеленгам α и β , обеспечивается минимизацией функции максимального правдоподобия, путем обеспечения сходимости по времени накопления цифровых отсчетов, с учетом использования рекурсивного представления для оценки сигнальной и корреляционной матриц сигналов. По полученному многосигнальному угловому спектру мощности строится пеленгационная панорама, по которой определяется количество, интенсивность и пеленги источников радиоизлучения, кроме того, дополнительно определяется критерий наличия сигнала на заданном направлении сканирования.

Компания Tehenkom предлагает мобильную систему поиска источников помех Anritsu MX280007A Mobile InterferenceHunter на частотах от 9кГц до 54ГГц. Система предназначена для выполнения драйв тестов одним водителем-оператором [14]. Поддерживает также технологию обнаружения координат источников при наличии многолучевых и отражённых сигналов. Совместима с любым автомобилем. Полностью автоматический поиск единичных и множественных источников. В условиях плотной городской застройки корректно обрабатывает многолучевые и отражённые сигналы, а также мёртвые зоны. Может удалённо подключаться к стационарным спектральным мониторам [14].

В [15] описана система PCTEL SeeWave для точного детектирования частоты помехи и установления ее источника. PCTel SeeWave использует высокопроизводительные сканирующие радиоприемники PCTEL SeeGull. Центральная платформа подсоединяется к радиопеленгаторной антенне и планшету с сенсорным экраном. Сканирующий радиоприемник, платформа, антенна и планшет объединены. Система использует продвинутый спектральный анализ и специализированные алгоритмы.

Все описанные выше системы, независимо от особенностей работы отыскивают лишний, дополнительный, незаявленный сигнал в спектре в направлении защищаемого объекта и выделяют отдельный канал для его расшифровки. Т.е. непосредственно прямо фиксируют факт наличия помехи/подавления сигнала GPS/ГЛОНАСС.

Представляется целесообразным предложить принципиально иную систему отслеживания помех радиосигналов, основанную на косвенном определении глушения GPS и ГЛОНАСС через детектирование отсутствия полезного сигнала от GPS-трекера, установленного на автомобиле.

Подобная система, по сравнению с традиционными, будет обладать большими компактностью оборудования, эффективностью и надежностью срабатывания и меньшей стоимостью – нет необходимости применять особые алгоритмы и технически сложные устройства, достаточно мощного персонального компьютера (ПК) с установленным специализированным программным обеспечением и определенного количества GPS-трекеров. Такая система может иметь структуру, изображенную на рис. 1.



Рисунок 1. – Структурная схема системы отслеживания источников помех GPS/ГЛОНАСС для автомобильной сигнализации

Клиентский уровень представляет собой стандартный GPS-трекер с автономным питанием, устанавливаемый внутри автомобиля. Промежуточный уровень представлен стационарными GPS-трекерами с автономным питанием, установленными на парковках, в подземных гаражах, на развилках оживленных трасс и т.д. на экономически обоснованном расстоянии. Усилитель мощности используется для увеличения дальности действия трекера. Датчики механических воздействий нужны для оповещения диспетчера о попытке снять или вывести из строя стационарный трекер.

Диспетчерский уровень представлен пультом управления с мощным ПК, специализированным ПО для работы и управления системой, модулем опроса и модулем связи. Диспетчерские пульта управления предполагается устанавливать в крупных городах, районных и областных центрах.

Специализированное ПО регулирует работу всех модулей, содержит базу данных координат стационарных трекеров и альманах сигналов GPS-антенн, протоколы обмена данными с базой ГИБДД.

Трекеры предлагаемой к разработке системы при проезде мимо них угнанного автомобиля с глушителем GPS/ГЛОНАСС сигналов, тоже глушатся. И сигналы от них никуда не поступают. При этом модуль опроса регулярно опрашивает стационарные трекеры, и, если в момент опроса трекер «молчит» и отклик от него не приходит спустя положенное время, модуль опроса передает фиксированные координаты «замолчавшего» трекера в модуль связи. Как и сигналы с датчиков механических воздействий при попытке сломать или демонтировать стационарный трекер.

Модуль связи включает оповещение о тревоге, передает координаты «молчащего» трекера в базу ГИБДД, чтобы автомобиль можно отследить и в кратчайшие сроки вернуть владельцу, а также выездной ремонтной бригаде при получении сигналов от датчиков механических воздействий.

Заключение. Разработка систем обнаружения и отслеживания глушителей GPS- и ГЛОНАСС-сигналов является актуальной и востребованной задачей. В большинстве случаев помехи от глушителей отслеживаются напрямую с использованием сложных алгоритмов и громоздкого или дорогостоящего оборудования.

Представляется целесообразным предложить к разработке комбинированную децентрализованную систему отслеживания помех GPS- и ГЛОНАСС-сигналов в системах автомобильной сигнализации, использующую косвенный метод отслеживания помех через детектирование отсутствия полезного сигнала от GPS-трекеров. Подобная система может состоять из стационарных и мобильных GPS-модулей и диспетчерского пульта управления с мощным ПК, специализированным ПО, модулями опроса и связи с внешними структурами, в том числе, с базой ГИБДД.

Внедрение подобной системы позволит повысить эффективность обнаружения и отслеживания подавителей, ускорить возврат похищенного автомобиля владельцу, уменьшить сложность и стоимость по сравнению с традиционными детекторами подавителей GPS-сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jia Qiao, Zukun Lu, Baojun Lin, Jie Song, Zhibin Xiao, Zhi Wang and Baiyu LA. Survey of GNSS interference monitoring technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/physics/articles/10.3389/fphy.2023.1133316/full>. Дата доступа: 25.09.2024
2. Шмидт, Дж. Т. Эксплуатация навигационных систем на основе GPS в сложных условиях окружающей среды [Электронный ресурс] / Дж. Т. Шмидт // Гироскопия и навигация. — 2019. — Том 27 № 1(104). — С. 3-21. — Режим доступа:

- http://www.elektroribor.spb.ru/upload/medialibrary/62f/03_21_SHmidt_RUS_RED_posle_Rivkina_final.pdf. - Дата доступа: 25.04.2024.
3. GPS, ГЛОНАСС и другие системы глобальной спутниковой навигации: гайд от ГдеМои [Электронный ресурс]. / Сайт компании «ГдеМои». Режим доступа: <https://www.gdemoi.ru/blog/gps-glonass-gnss/>. Дата доступа: 25.09.2024.
 4. Grabowski, J., Personal Privacy Jammers, GPS World, Apr. 2012: 28–37
 5. Gibbons, G., Editor. Online GPS Jammer Sales Draw Attention of FCC, ION Newsletter, vol. 21(3), Fall 2011:5.
 6. Divis, D., GPS Spoofing Experiment Knocks Ship off Course, Inside GNSS, 31 Jul. 2013: 1–3.
 7. Gao Y, Li G. Three time spoofing algorithms for GNSS timing receivers and performance evaluation. *GPS Solutions* (2022) 26:87. doi:10.1007/s10291-022-01275-7
 8. Система и способ определения местоположения источника радиоэлектронных помех сигналам спутниковой навигации: пат. RU 2 675 671 С1 / патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Каскад" (RU) – МПК F41H 11/02 (2006.01) заявл. 14.08.2017, опубл. 21.12.2018, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РФ) – Бюл. № 36
 9. Устройство обнаружения источников ложных навигационных сигналов НАП ГНСС: пат. RU 2 677 929 С1 / А.В. Журавлев, В.Г. Маркин, В.А. Шуваев, Е.М. Красов, А.Ф. Иванов; патентообладатель Акционерное общество научно-внедренческое предприятие "ПРОТЕК" (RU) – МПК G01C 21/24 (2006.01) заявл. 24.01.2018, опубл. 22.01.2019, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РФ) – Бюл. № 3
 10. Жанкевич, А.О. Математическая модель адаптивного устройства приема радиосигналов в условиях сложной радиоэлектронной обстановки [Электронный ресурс] / А.О. Жанкевич // Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт. — 2014. — № 3. — С. 36-41. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-adaptivnogo-ustroystva-priema-radiosignalov-v-usloviyah-slozhnoy-radioelektronnoy-obstanovki/pdf>. - Дата доступа: 05.05.2024.
 11. Детектор глушения GPS-сигнала [Электронный ресурс]. – Официальный сайт компании NewApex. / Главная – Оборудование-Дополнительные датчики-Детектор глушения GPS-сигнала. // Режим доступа: <https://newapex.by/sensors/detector-glushenia-gps.html>. Дата доступа: 20.05.2024
 12. Подавитель GPS-сигналов: как обнаружить [Электронный ресурс]. – Официальный сайт российской компании, занимающейся выпуском подавителей средств связи. / Ростислав Керимов. // Подавитель GPS-сигналов: как обнаружить. Режим доступа: <https://www.podavitel.ru/podavitel-gps-signalov-kak-obnarujit.html>. Дата доступа: 30.09.2024
 13. Способ обнаружения и пеленгации источников радиоизлучения на одной частоте: пат. RU 2 517 365 С2 / И.Д. Золотарев, В.А. Березовский, К.А. Сидоренко; патентообладатель Открытое акционерное общество "Омский научно-исследовательский институт приборостроения" (ОАО "ОНИИП") (RU) – МПК G01S 5/04 (2006.01), заявл. 04.07.2012, опубл. 27.05.2014, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РФ) – Бюл. № 15
 14. Мобильная система поиска источников помех до 54 ГГц Anritsu MX280007A [Электронный ресурс]. / Официальный сайт компании Техэнком. // Главная- [Радиочастотные измерения-Анализаторы спектра-Anritsu MX280007A](#). – Режим доступа: https://www.tehcom.com/Companies/Anritsu/MX280007A/Anritsu_MX280007A.htm. Дата доступа: 30.09.2024
 15. Система обнаружения помех PCTEL SeeWave [Электронный ресурс]. / Официальный сайт компании 2test. // Главная-Решения-Отраслевые решения-Энергетика и нефтегазовый сектор-Система обнаружения помех PCTEL SeeWave. – Режим доступа: <https://2test.ru/solutions/otraslevye-resheniya/neftegazovyy-sektor/sistema-obnaruzheniya-pomekh-pctel-seewave/>. Дата доступа: 05.09.2024

УДК 621.396.67

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ АНТЕННЫ
ДЛЯ ПЕРЕДАТЧИКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ****Е. С. БУРДИК***(Представлено: С. П. АЛИЕВА)*

В работе представлены результаты моделирования модернизированной дипольной эллиптической антенны. Антенна свернута для уменьшения габаритных размеров, снижения парусности и удобства эксплуатации.

Дипольная эллиптическая антенна. Антенна состоит из основного внешнего эллиптического дипольного элемента с внутренними эллиптическими щелями (вырезами), которые могут быть подключены несколькими способами. Как правило, плоский элемент изготавливается путем травления металлизированной диэлектрической подложки. Часто используются многослойные реализации, однако здесь рассматривается простой однослойный дизайн. В базовой модели эллиптический диполь питается от простого торцевого разъема, в то время как в практической реализации питание осуществляется с помощью одного SMA-разъема. В практической реализации зазор подачи может быть оптимизирован в соответствии с конкретным разъемом [1-2].

На низких частотах эта антенна работает во многом как диполь, хотя общая высота эллипса меньше, чем у традиционного полуволнового диполя. Эллиптические прорезы увеличивают коэффициент усиления антенны в верхней части диапазона. Габаритные размеры диэлектрика влияют как на коэффициент усиления, так и на потери в обратном направлении антенны. Ширина внутреннего эллипса (выреза) влияет на потери в обратном направлении, в то время как длина внутреннего эллипса, как правило, влияет на коэффициент усиления. Величина смещения по внутреннему эллипсу также играет важную роль в достижении высокого коэффициента усиления в рабочем диапазоне.

Антенна до сворачивания. Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Дипольная эллиптическая антенна, рассчитана на импеданс 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 760 МГц равен примерно 1,38. На частоте 1360 МГц составляет 1,45. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания.

Диаграмма направленности (ДН) дипольной эллиптической антенны на частоте 760 МГц имеет усиление 2,68 dBi, а на частоте 1360 МГц – 4,42 dBi. Диаграмма направленности соответствует требованиям.

Эффективность дипольной эллиптической антенны полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,96.

Импеданс дипольной эллиптической антенны изменяется в более широких пределах: ± 30 Ом. Антенна имеет размеры 177 мм x 142 мм.

Антенна после сворачивания. При изготовлении антенны изменен вид диэлектрика: выбрана труба диаметром 39 мм, длиной 153 мм толщиной стенки 1,5 мм и диэлектрической проницаемостью 5,2. Антенна изготовлена из латуни, что обеспечивает необходимую прочность и долговечность конструкции. Конструкция с трубчатым диэлектриком позволяет снизить вес и парусность антенны, что улучшает эксплуатационные характеристики.

Для удобства в эксплуатации антенна находится внутри трубы, что защищает ее от механических повреждений и воздействия окружающей среды. Дополнительно, для обеспечения высокой степени защиты от внешних факторов, на 3D принтере будет изготовлена верхняя крышка и втулка для размещения разъема. Эти элементы обеспечивают надежную защиту от пыли, влаги и других воздействий, продлевая срок ее службы. Верхняя крышка и втулка также облегчают процесс монтажа и демонтажа антенны, что делает её более удобной в использовании.

Запитка антенны осуществляется с помощью коаксиального кабеля, припаянного с обратной стороны антенны. Такой подход обеспечивает стабильное и надежное соединение, минимизируя потери сигнала и обеспечивая высокое качество передачи. Использование коаксиального кабеля также позволяет легко подключать и отключать антенну, что повышает её эксплуатационные характеристики.

Ниже представлен внешний вид антенны (рис. 1).

Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 760 МГц равен примерно 1,43. На частоте 1360 МГц КСВ составляет 1,4. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания (рис. 2).

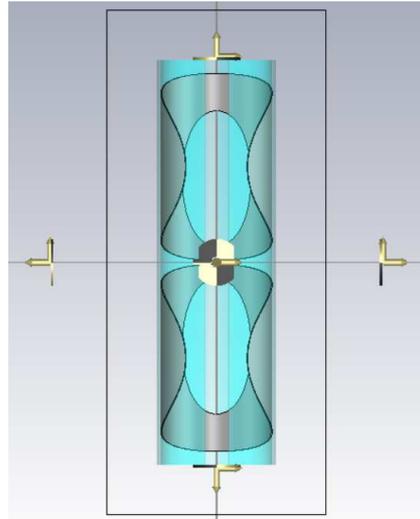


Рисунок 1. – Вид антенны изнутри

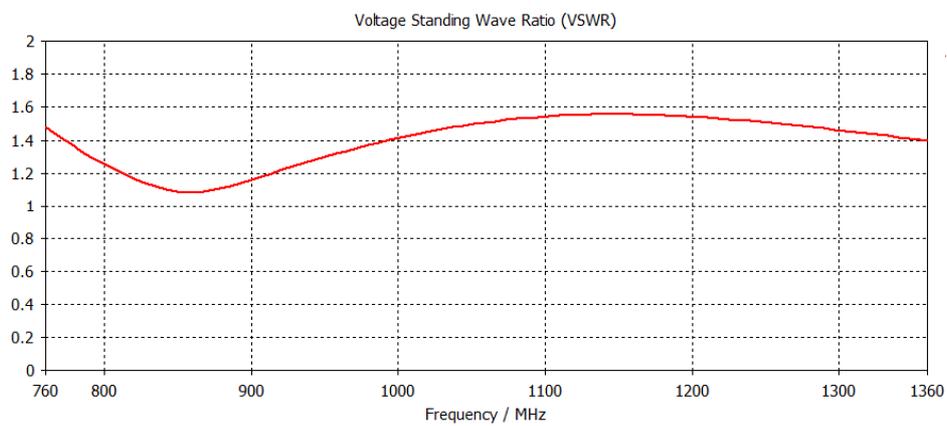


Рисунок 2. – Диаграмма направленности дипольной эллиптической антенны

Диаграмма направленности (ДН) дипольной эллиптической антенны на частоте 760 МГц имеет усиление 2,25 dBi, а на частоте 1360 МГц – 3,63 dBi (рис. 3). Диаграмма направленности соответствует требованиям.

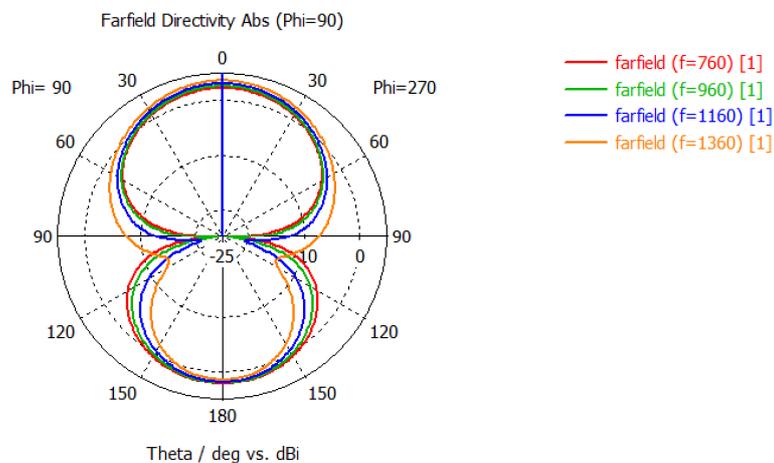


Рисунок 3. – Диаграмма направленности дипольной эллиптической антенны

Эффективность дипольной эллиптической антенны полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,977.

Импеданс дипольной эллиптической антенны изменяется в более широких пределах: ± 37 Ом.

Основная задача сворачивания — уменьшить габариты антенны и снизить воздействие окружающей среды, например, ветровую нагрузку. После сворачивания антенны в трубу, изменения характеристик оказались минимальными, что подтверждает успешную реализацию антенны в соответствии с техническими требованиями.

Моделирование антенн является важным этапом в разработке и оптимизации антенн для различных приложений. В настоящий момент существует несколько методов и подходов к моделированию антенн, которые можно разделить на две основные категории: аналитические методы и методы численного моделирования.

В качестве метода моделирования будет выбран метод конечных разностей во временной области, так как данный метод полностью удовлетворяет требованиям: обеспечивает высокую точность измерений, учитывает нюансы конструкций, позволяет получить детализированные результаты.

Заключение. Проведённый анализ и моделирование в САПР CST Studio Suite с использованием метода конечных разностей показали, что сворачивание дипольной эллиптической антенны в трубу не ухудшило её характеристики и позволило улучшить такие параметры, как эффективность и стабильность КСВ на верхних частотах диапазона. Данный вариант антенны полностью соответствует всем предъявленным требованиям по диапазону рабочих частот, импедансу, КСВ, диаграмме направленности и передаваемой мощности. Это подтверждает правильность выбранного метода и успешную реализацию проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долбик, А.И. УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ / А.И.Долбик. – Учеб. пособие. СПб: ФВУ ПВО. – 2002. – 100 с.
2. Марков, Л.Н. Антенные системы радиоэлектронной техники / Л.Н.Марков. – М:Воениздат. – 1993. – 368 с.

УДК 621.396.67

ВЫБОР И ОПТИМИЗАЦИЯ АНТЕННЫ ДЛЯ ПЕРЕДАТЧИКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Е. С. БУРДИК

(Представлено: С. П. АЛИЕВА)

В работе представлены результаты выбора антенны и оптимизация ее параметров, исходя из технического задания. Проведен анализ различного типа антенн, которые соответствуют заданным требованиям.

Введение. Цель работы заключается в разработке антенны и оптимизации ее параметров, исходя из следующего технического задания:

- 1) Диапазон рабочих частот 760-1360 МГц;
- 2) Входной импеданс 50 Ом;
- 3) КСВ менее 1,6;
- 4) Диаграмма направленности по горизонтальной плоскости 0 – 360°;
- 5) Диаграмма направленности по вертикальной плоскости не менее 40°;
- 6) Передаваемая мощность не менее 100 Вт.

Для выполнения требований технического задания необходимо провести анализ различного типа антенн, которые соответствуют заданным требованиям. Рассмотрим несколько типов антенн и проведем сравнительный анализ. В работе будут рассмотрены:

- 1) Микрополосковая планарная эллиптическая монополярная антенна,
- 2) Дипольная эллиптическая антенна;
- 3) Вертикальная штыревая антенна.

Микрополосковая планарная эллиптическая монополярная антенна. Антенна состоит из эллиптического монополя, на который частотный сигнал подается с одной стороны диэлектрической подложки. Плоскость земли на другой стороне подложки находится под микрополосковой линией и тянется до края эллипса. Входной импеданс антенны на низких частотах в основном зависит от размеров эллипса и практически не зависит от геометрических размеров подложки. Входной импеданс на высоких частотах существенно зависит от параметров подложки и расстояния между нижней частью эллипса и плоскостью заземления. Расстояние между нижней частью эллипса и плоскостью заземления должно быть оптимизировано для конкретного расположения плоскости заземления. Если сделать верхнюю часть плоскости заземления эллиптической, это позволит улучшить коэффициент стоячей волны по напряжению [1].

Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Микрополосковая планарная эллиптическая монополярная антенна, рассчитана на импеданс 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 760 МГц равен примерно 1,48. На частоте 1360 МГц составляет 1,75. Из этого можно сделать вывод, что полоса пропускания у данной антенны соответствует предъявляемым требованиям и ожиданиям только в нижнем диапазоне частот.

Диаграмма направленности (ДН) микрополосковой планарной эллиптической монополярной антенны на частоте 760 МГц имеет усиление 1,43 dBi, а на частоте 1360 МГц – 2,35 dBi. Диаграмма направленности не в полной мере соответствует заданию: на верхних частотах появляется направленность антенны.

Эффективность микрополосковой планарной эллиптической монополярной антенны имеет среднее значение равное 0,89. Потери обусловлены наличием диэлектрической подложки.

Импеданс микрополосковой планарной эллиптической монополярной антенны достаточно стабилен в диапазоне рабочих частот и изменяется не более ± 15 Ом. Микрополосковая планарная эллиптическая монополярная антенна имеет размеры 157 мм · 128 мм · 2,7 мм.

Дипольная эллиптическая антенна. Антенна состоит из основного внешнего эллиптического дипольного элемента с внутренними эллиптическими щелями (вырезами), которые могут быть подключены несколькими способами. Как правило, плоский элемент изготавливается путем травления металлизированной диэлектрической подложки. Часто используются многослойные реализации, однако здесь рассматривается простой однослойный дизайн. В базовой модели эллиптический диполь питается от простого торцевого разъема, в то время как в практической реализации питание осуществляется с помощью одного SMA-разъема. В практической реализации зазор подачи может быть оптимизирован в соответствии с конкретным разъемом [1-2].

На низких частотах эта антенна работает во многом как диполь, хотя общая высота эллипса меньше, чем у традиционного полуволнового диполя. Эллиптические прорезы увеличивают коэффициент

усиления антенны в верхней части диапазона. Габаритные размеры диэлектрика влияют как на коэффициент усиления, так и на потери в обратном направлении антенны. Ширина внутреннего эллипса (выреза) влияет на потери в обратном направлении, в то время как длина внутреннего эллипса, как правило, влияет на коэффициент усиления. Величина смещения по внутреннему эллипсу также играет важную роль в достижении высокого коэффициента усиления в рабочем диапазоне.

Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Дипольная эллиптическая антенна рассчитана на импеданс 50 Ом. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВ) на частоте 760 МГц равен примерно 1,38. На частоте 1360 МГц составляет 1,45. Данная характеристика полностью соответствует требованиям технического задания. (рис. 1).

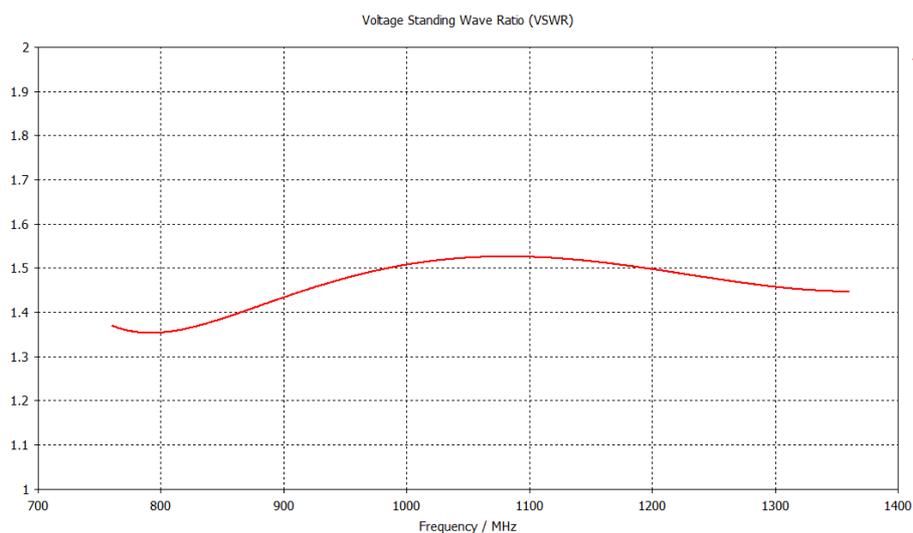


Рисунок 1. – КСВ дипольной эллиптической антенны

Диаграмма направленности (ДН) дипольной эллиптической антенны на частоте 760 МГц имеет усиление 2,68 dBi, а на частоте 1360 МГц – 4,42 dBi (рис. 2). Диаграмма направленности соответствует требованиям.

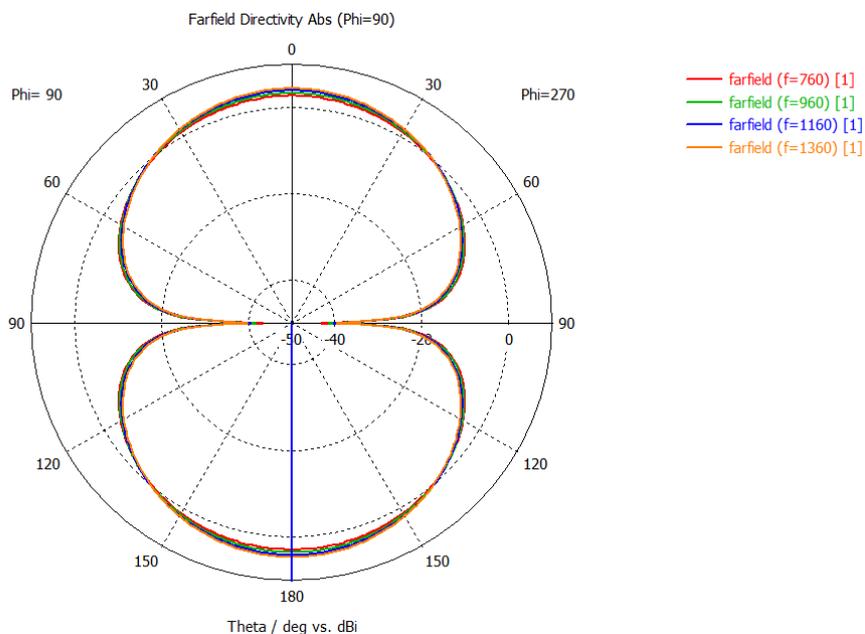


Рисунок 2. – ДН дипольной эллиптической антенны

Эффективность дипольной эллиптической антенны полностью соответствует ожиданиям. Средняя эффективность составляет примерно 0,96.

Импеданс дипольной эллиптической антенны изменяется в более широких пределах: ± 30 Ом. Дипольная эллиптическая антенна имеет размеры 177 мм · 142 мм.

Вертикальная штыревая антенна. Антенна состоит из одного управляемого элемента, который подключен к внутренней жиле коаксиального кабеля. Внешние радиальные элементы подключены к внешнему проводнику коаксиального кабеля. Длина управляемых и радиальных элементов близка к четверти длины волны. По принципу действия антенна аналогична обычной монополюсной антенне с плоскостью заземления диаметром в половину волны [2].

Преимущества этого типа антенны перед обычным монополюсом на плоскости земли заключаются в том, что она может быть поднята намного выше близлежащих препятствий, таких как здания и линии электропередачи. Из-за геометрии антенны на полосу пропускания в гораздо большей степени влияет диаметр управляемого элемента, чем диаметр радиальных элементов. Сигнал к вертикальной штыревой антенне подводится коаксиальным кабелем [3].

Антенна соответствует заданному диапазону 760-1360 МГц. Вертикальная штыревая антенна размером 121 мм · 99 мм, рассчитана на импеданс 50 Ом. Частотные характеристики данного типа антенны не соответствуют требованиям по частотному диапазону, так как коэффициент стоячей волны меньше 1,6 только в узком диапазоне частот (0,98 – 1,05 ГГц).

Диаграмма направленности (ДН) вертикальной штыревой антенны на частоте 760 – 1360 МГц имеет усиление 1,9 dBi. Диаграмма направленности в полной мере соответствует требованиям.

Эффективность вертикальной штыревой антенны не соответствует ожиданиям, по сравнению с другими типами антенн. Средняя эффективность составляет примерно 0,7.

Сопротивление вертикальной штыревой антенны в нижнем диапазоне частот 70 Ом, в верхнем – около 190 Ом.

Заключение. На основании полученных данных (табл. 1), видно, что техническому заданию наиболее соответствует дипольная эллиптическая антенна.

Таблица 1. – Сравнительный анализ антенн

Характеристика	Микрополосковая планарная эллиптическая монополюсная антенна	Дипольная эллиптическая антенна	Вертикальная штыревая антенна
КСВ	++	+++	+
ДН	+	++	+++
Эффективность	++	+++	+
Импеданс	+++	++	+
Размеры	+	+++	++

ЛИТЕРАТУРА

1. Долбик, А.И. УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ / А.И.Долбик. – Учеб. пособие. СПб: ФВУ ПВО. – 2002. – 100 с.
2. Марков, Л.Н. Антенные системы радиоэлектронной техники / Л.Н.Марков. – М.: Воениздат. – 1993. – 368 с.
3. Основы теории антенн и распространения радиоволн / В.П.Кубанов [и др.]; С.: ИНУЛ-ПГУТИ; под общ. ред. В.П. Кубанова. – 2016. – 258 с.

УДК 004

РЕАЛИЗАЦИЯ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*А. И. БУТЬКО, М. В. ИЗОИТКО, В. А. МАЛЫШКИН
(Представлено: И. С. РУСЕЦКИЙ)*

Основой аппаратной части комплекса служит макет, который представляет собой уменьшенную копию нефтеперерабатывающего предприятия. Ядром программно-аппаратной части служит микроконтроллер Arduino Nano, к которому подключаются исполнительные устройства: светодиоды для освещения и имитации огня, проигрыватель аудиофайлов, Bluetooth-модуль. Выбранная аппаратная начинка позволяет продемонстрировать симуляции аварийных ситуаций или сценарии, требующие визуализации происходящего на объекте.

Введение. Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности включает в себя аппаратную часть и комплекс программ. Аппаратная часть представляет собой макет нефтеперерабатывающего предприятия и аппаратное обеспечение макета. Программная начинка аппаратной части обеспечивает глубокую иммерсивность интерактивного изучения предметной области за счет встроенного пакета аудиовизуальных спецэффектов, работающих в одном из одиннадцати возможных режимов.

Реализация аппаратной части. Основой аппаратной части комплекса служит макет, который представляет собой уменьшенную копию крупных технологических объектов нефтеперерабатывающего предприятия, их коммуникационной обвязки и вспомогательной инфраструктуры. С помощью аддитивных технологий воспроизведена модель технологического комплекса глубокой переработки нефти, содержащая пять основных установок: атмосферная трубчатка АТ-8, гидроочистка ГО-2, производство серы методом Клауса, гидрокрекинг «Юникрекинг», установка замедленного коксования.

Реализация аппаратного обеспечения и программного обеспечения аппаратной части состояла из следующих этапов.

1. Создание цифровых 3D-моделей технологических объектов.

Одним из ключевых аспектов программно-аппаратного комплекса по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности является разработка цифровых 3D-моделей объектов нефтеперерабатывающего предприятия. Эти объекты включают крупные технологические установки, трубопроводы, резервуары для хранения, насосные станции и другие ключевые компоненты.

Для создания 3D-моделей использовалась система автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks [1]. Это программное обеспечение было выбрано из-за его высокой точности при работе с инженерными чертежами и возможности создания детализированных моделей с учётом всех пропорций и технических требований. В процессе моделирования учитывались реальные размеры и форма объектов на нефтеперерабатывающем предприятии, что позволило создать максимально реалистичные и точные копии.

2. Подготовка моделей для 3D-печати.

После завершения этапа проектирования 3D-модели были преобразованы в формат, совместимый с 3D-принтером. Для этого использовались форматы STL и OBJ, которые широко поддерживаются 3D-принтерами и обеспечивают сохранение геометрии объектов. Особое внимание было уделено качеству сетки моделей, так как слишком низкая детализация могла негативно сказаться на точности печати, а слишком высокая — усложнить процесс. После проверки моделей на наличие ошибок в топологии они были подготовлены для печати на принтере с технологией FDM (Fused Deposition Modeling).

3. Процесс 3D-печати.

3D-печать [2] производилась на принтере Creality Ender 3 с использованием пластика PLA. В зависимости от размера и сложности модели, печать могла занимать от 30 минут до 12 часов. Например, для печати резервуара для хранения диаметром 100 мм и высотой 200 мм потребовалось около 6 часов при разрешении 0.2 мм. Печать велась с параметрами, обеспечивающими оптимальное соотношение скорости и качества, с толщиной слоя 0.1 мм для более мелких деталей и 0.2 мм для крупных элементов.

4. Сборка и постобработка моделей.

После завершения печати все отдельные компоненты модели были тщательно проверены и обработаны. Для удаления лишних поддерживающих структур использовались инструменты для отделки пластика. Далее части собирались в одно целое с помощью клея, который обеспечивает прочное соединение пластиковых элементов. Важным этапом являлось точное совмещение всех деталей, чтобы избежать искривлений и отклонений в размерах.

После сборки модели подвергались постобработке. Для достижения гладкой поверхности применялась шлифовка с абразивной бумагой разной зернистости, начиная с зернистости 180 и заканчивая 600 для финальной обработки. Далее модели покрывались грунтовкой, которая подготовила поверхность для окрашивания. Окраска выполнялась аэрографом с использованием акриловых красок, что позволило достичь реалистичного внешнего вида моделей. Каждый слой краски наносился с промежуточной сушкой, что обеспечивало качественное покрытие и защиту модели.

5. Установка на макет.

Собранные и окрашенные модели были установлены на макет предприятия, который представляет собой уменьшенную копию объекта с точным расположением технологических установок и инфраструктуры. Макет выполнен с использованием пластика для объектов. Вся компоновка объектов была выполнена с учётом реальных данных о расположении объектов на предприятии, что позволило создать точную и наглядную визуализацию.

6. Разработка программного обеспечения для микроконтроллера Arduino Nano.

Программная часть была реализована на микроконтроллере Arduino Nano, который выступает в роли управляющего устройства. Разработка программы велась в среде Arduino IDE [3] на языке Arduino C, что обеспечило интеграцию с периферийными устройствами и быстрый отклик на команды. Программа включает несколько модулей для управления звуковыми и световыми эффектами.

а) Устройство обработки и вывода звука — это внешний модуль на базе микроконтроллера DFPlayer Mini, который считывает данные с microSD-карты и воспроизводит аудиофайлы формата MP3. Сигнал передаётся на внешний звуковой драйвер через встроенный усилитель.

б) Управление светодиодами. Микроконтроллер управляет двумя типами светодиодных лент:

– Неадресная лента (белый свет) включается и выключается с использованием MOSFET-транзисторов.

– Адресная лента (имитация огня) используется для создания сложных световых эффектов, таких как имитация пламени.

7. Взаимодействие с мобильным приложением.

Для управления микроконтроллером используется Bluetooth-модуль HC-05, который принимает команды от мобильного приложения. Программа микроконтроллера постоянно ожидает команды и может выполнять следующие действия:

- Воспроизведение аудиофайлов формата MP3.
- Регулировка громкости.
- Остановка воспроизведения.
- Управление включением и выключением светодиодных лент.
- Подключение и отключение по Bluetooth [4].

Программа поддерживает параллельное выполнение нескольких задач благодаря минимальным задержкам (до 25 миллисекунд) между действиями, что обеспечивает плавность работы и возможность одновременного выполнения нескольких команд. Также в программу встроен механизм экстренной перезагрузки, если микроконтроллер зависает более чем на 5 секунд.

Программа включает в себя демонстрационный режим, который представляет собой комбинацию световых и звуковых эффектов. Интенсивность и последовательность включения эффектов варьируются, что позволяет продемонстрировать возможности системы в условиях симуляции аварийных ситуаций или сценариев, требующих визуализации происходящего на объекте.

Заключение. Разработан макет нефтеперерабатывающего предприятия и аппаратное обеспечение макета, которое управляется микроконтроллером Arduino Nano. Программное обеспечение микроконтроллера управляет исполнительными устройствами для создания необходимых световых и звуковых эффектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Solidworks [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.solidworks.com>. — Дата доступа: 01.10.2024.
2. Технологии 3D-печати [Электронный ресурс].— Режим доступа: https://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology. — Дата доступа: 01.10.2024.
3. Arduino IDE [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/software>.— Дата доступа: 01.10.2024.
4. Технология Bluetooth [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.bluetooth.com/>. — Дата доступа: 01.10.2024.

УДК 004

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А. И. БУТЬКО, М. В. ИЗОИТКО, В. А. МАЛЫШКИН
(Представлено: И. С. РУСЕЦКИЙ)

Визуализация нештатных ситуаций в программно-аппаратном комплексе по промышленной безопасности реализована с применением технологий дополненной реальности. Мобильное приложение дополненной реальности идентифицирует объекты нефтехимического промышленного предприятия, воспроизводит анимированные треки аварий на различных производствах предприятия и проводит проверку знаний при возникновении нештатной ситуации техногенного характера.

Введение. Мобильное приложение дополненной реальности и проверки знаний создано с помощью платформы Unity [1] на языке C# [2] для интерактивного обучения и тестирования пользователей.

Для обнаружения потенциальной нештатной ситуации техногенного характера нужно вывести камеру мобильного устройства на объекты, составляющие модель нефтехимического промышленного предприятия.

В случае правильной идентификации опасности на экране мобильного устройства воспроизводится анимированный трек, визуализирующий возникновение и развитие аварии. Затем предлагается набор нескольких возможных алгоритмов действий, из которых нужно выбрать единственно правильный вариант. Обучающий сеанс считается пройденным успешно, если обнаружены все опасности, предусмотренные сценарием, и для каждой из них определен правильный алгоритм действий.

Этапы разработки приложения.

1. Подготовка 3D-моделей и их интеграция

Объекты макета нефтеперерабатывающего предприятия были отсканированы с помощью Polycam, что позволило создать 3D-модели с высокой точностью. Затем, эти модели были загружены в Model Target Generator для обучения и создания базы данных моделей, которая поддерживается Vuforia. После завершения этого процесса обученная модель была экспортирована и интегрирована в Unity.

2. Настройка Vuforia

На следующем этапе в проект Unity был добавлен фреймворк Vuforia. Для этого было выполнено:

– Создание лицензии Vuforia. Чтобы Vuforia могла работать в приложении, нужно было зарегистрироваться на сайте разработчиков Vuforia и получить лицензионный ключ, который позже был добавлен в настройки Unity.

– Установка Vuforia SDK. Для начала работы с Vuforia необходимо было установить соответствующий пакет в Unity. Vuforia Engine SDK была добавлена через Unity Package Manager.

– Включение Vuforia в разделе "Player Settings".

– Добавление ключа лицензии для активации Vuforia в проекте.

– Импорт обученной модели через Vuforia Model Target.

– Настройка ARCamera, которая используется для распознавания объектов дополненной реальности. Камера была добавлена на сцену, и ее параметры были настроены для корректной работы с панелями AR.

3. Создание интерфейса и AR панелей.

Проект состоит из пяти AR панелей, каждая из которых отображает свою уникальную инструкцию и работает с определенной 3D-моделью. В MainCanvas добавлена MainMenuPanel, который содержит кнопку "Start". Когда пользователь нажимает кнопку, происходит переключение на первую AR панель.

Структура AR панелей: каждая панель содержит такие элементы, как текстовые инструкции, таймер обратного отсчета, кнопки для взаимодействия и тесты.

Реализация AR панелей.

Инструкции для пользователя. Каждая панель содержит InstructionText, который выводит на экран текстовые инструкции для пользователя. Например, в первой панели текст отображает: «Найдите первое производство». Это помогает направлять пользователя по сцене и указывает, что он должен сделать.

Отсчет времени. На каждой панели есть CountdownText, который выводит таймер. Таймер начинается обратный отсчет с 20 секунд после того, как пользователь активирует камеру. Это создает ощущение срочности и дает пользователю ограниченное время на взаимодействие с дополненной реальностью.

AR эффекты. Когда камера распознает объект, происходит триггер отображения 3D-эффектов (в данном случае это: огонь, огонь с дымом, дым). Эффекты появляются только после успешного распознавания.

AR панели были созданы как отдельные панели внутри GameObject, который содержится внутри MainCanvas. Каждая панель включает несколько UI-элементов:

--InstructionText — текстовое поле, которое выводит инструкцию, например, "Найдите первое производство".

--CountdownText — таймер обратного отсчета, который показывает оставшееся время до завершения задания.

--QuestionPanel — панель с тестовым вопросом и двумя кнопками для ответов.

--ARCamera — общая камера, которая будет работать для всех AR панелей, находящихся на сцене. Она настроена для распознавания ModelTarget.

4. Связь панелей и логика переключений.

Для управления переключениями между панелями был разработан скрипт MenuController. Скрипт отвечает: за переключение между MainMenuPanel и AR панелями, активирование таймера на каждой панели, возврат к главному меню после завершения всех тестов.

```

```csharp
public class MenuController : MonoBehaviour
{
 public GameObject MainMenuPanel;
 public GameObject[] ARPanels;
 public void ShowARPanel(int panelIndex)
 {
 MainMenuPanel.SetActive(false);
 for (int i = 0; i < ARPanels.Length; i++)
 {
 ARPanels[i].SetActive(i == panelIndex);
 }
 }
 public void ShowMainMenu()
 {
 foreach (var panel in ARPanels)
 {
 panel.SetActive(false);
 }
 MainMenuPanel.SetActive(true);
 }
}
```

```

Этот скрипт позволяет переходить от одной панели к другой по очереди. В Unity Inspector настроен OnClick для кнопки StartButton с объектом MainMenuPanel и методом ShowARPanel(0).

5. Реализация таймера и эффектов.

Для каждой AR панели был настроен таймер обратного отсчета длиной в 20 секунд. Таймер отображается через TextMeshPro. Когда время истекает, пользователю предлагается ответить на вопрос с помощью двух кнопок.

Эффекты, такие как всплывающие подсказки и анимации 3D-моделей, были импортированы из Unity Asset Store. Они активируются, когда камера распознает соответствующую модель на сцене.

6. Настройка тестов.

Каждая AR панель содержит QuestionPanel с тестом. Реализовано два варианта ответов, представленных кнопками. При выборе ответа запускается обработка, которая выделяет правильный или неправильный вариант цветом:

- Зеленый для правильного ответа.
- Красный для неправильного ответа.
-

```

```csharp
public class QuizController : MonoBehaviour
{
 public Button AnswerButton1;

```

```
public Button AnswerButton2;
public void SelectAnswer(Button button, bool isCorrect)
{
 if (isCorrect)
 {
 button.image.color = Color.green;
 }
 else
 {
 button.image.color = Color.red;
 }
}
}
...
```

В Inspector добавлен вызов этого метода в OnClick каждой кнопки, при этом параметры передаются в зависимости от того, является ли ответ правильным или нет.

#### 7. Подведение итогов и перезапуск.

После того как пользователь проходит все пять тестов, отображается итоговая панель ResultPanel, на которой выводится количество правильных ответов. На этой панели также есть кнопка RestartButton, которая возвращает пользователя к началу приложения и позволяет пройти тест заново.

```
...csharp
public class ResultController : MonoBehaviour
{
 public TextMeshProUGUI ResultText;
 public void ShowResults(int correctAnswers)
 {
 ResultText.text = $"Правильных ответов: {correctAnswers}/5";
 }
 public void Restart()
 {
 // Перезагрузка сцены
 UnityEngine.SceneManagement.SceneManager.LoadScene(0);
 }
}
...
```

Этот скрипт позволяет обрабатывать вывод результатов и перезагружать приложение по нажатию кнопки "Начать тест заново".

**Заключение.** В программно-аппаратном комплексе по промышленной безопасности технологии дополненной реальности позволяют реализовать визуализацию аварийных ситуаций техногенного характера.

Мобильное приложение дополненной реальности состоит из нескольких AR панелей, которые работают по единой логике, взаимодействуют с камерой устройства, идентифицируют объекты нефтехимического промышленного предприятия, воспроизводят анимированные треки аварий на различных производствах предприятия и запускают тесты для пользователей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Платформа Unity [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://unity.com/ru>.– Дата доступа: 01.10.2024.
2. Руководство по C# [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/>.– Дата доступа: 01.10.2024.

УДК 004

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*А. И. БУТЬКО, М. В. ИЗОИТКО, В. А. МАЛЫШКИН  
(Представлено: И. С. РУСЕЦКИЙ)*

*Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности предназначен для изучения структуры нефтеперерабатывающего предприятия и вероятных аварийных ситуаций на его основных установках. Основные компоненты комплекса: макет нефтеперерабатывающего предприятия, аппаратное обеспечение макета, программное обеспечение для микроконтроллера, мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом, мобильное приложение дополненной реальности и проверки знаний.*

**Введение.** ОАО «Нафтан» – крупнейшее нефтеперерабатывающее предприятие Республики Беларусь. Вопросам безопасности, обучению норм безопасности и правилам поведения в аварийных ситуациях на предприятии уделяется огромное внимание. Комплекс интерактивных обучающих программ, разработанных с помощью информационных технологий, позволяет в безопасной среде изучить виды нештатных ситуаций техногенного происхождения и попрактиковаться в реализации соответствующих регламентов реагирования. Комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности имеет аппаратную составляющую и программное обеспечение различного назначения. Основные компоненты комплекса: макет нефтеперерабатывающего предприятия, аппаратное обеспечение макета, программное обеспечение для микроконтроллера, мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом, мобильное приложение дополненной реальности и проверки знаний.

**Описание программно-аппаратного комплекса.** Основой аппаратной части комплекса служит макет, который представляет собой уменьшенную копию крупных технологических объектов нефтеперерабатывающего предприятия, их коммуникационной обвязки и вспомогательной инфраструктуры (рис. 1). С помощью аддитивных технологий воспроизведена модель технологического комплекса глубокой переработки нефти, содержащая пять основных установок: атмосферная трубчатка АТ-8, гидроочистка ГО-2, производство серы методом Клауса, гидрокрекинг «Юникрекинг», установка замедленно-го коксования.

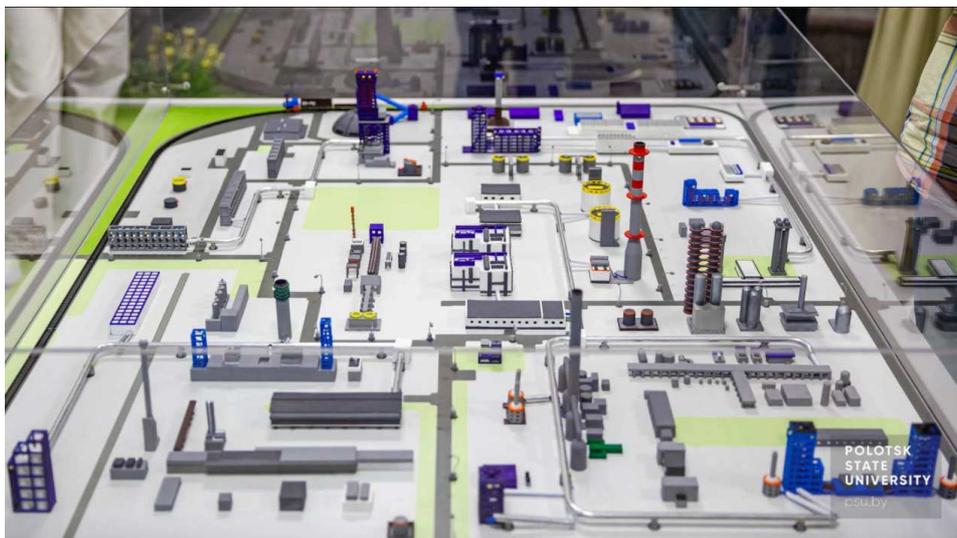


Рисунок 1. – Макет ОАО «Нафтан»

Цифровые 3D-модели крупных технологических объектов нефтеперерабатывающего предприятия были разработаны в системе автоматизированного проектирования – SolidWorks [1]. После завершения этапа проектирования 3D-модели были напечатаны на 3D-принтере. В качестве филамента был использован белый PLA пластик. Выбор данного пластика был обусловлен малой усадкой и необходимой прочностью.

После печати модели объектов предприятия были прогрунтованы, покрыты акриловыми красками и размещены на макете нефтеперерабатывающего предприятия.

Макет снабжен программно-аппаратной начинкой, которая обеспечивает глубокую иммерсивность интерактивного изучения предметной области за счет встроенного пакета аудиовизуальных спецэффектов, работающих в одном из одиннадцати возможных режимов.

Ядром программно-аппаратной части служит микроконтроллер Arduino Nano, к которому подключаются исполнительные устройства: светодиоды для освещения, светодиоды для имитации огня, проигрыватель аудиофайлов, Bluetooth-модуль для управления с мобильного телефона. Программное обеспечение для микроконтроллера [3] написано на языке C. Программа совершает взаимодействия с внешним оборудованием. Сама программа является “приемником” команд от мобильного приложения для выполнения соответствующих действий.

Мобильное приложение выполнено и используется как основной интерфейс управления программно-аппаратным комплексом. Оно позволяет выполнять действия по включению/выключению подсветки, моделированию аварий на конкретных производствах, а также показать демонстрации возможностей всего комплекса. Мобильное приложение выполнено для ОС Android в IDE Android Studio [2] на языке программирования Kotlin.

В мобильном приложении реализовано 11 режимов управления, из них 5 для независимого управления производствами независимо друг от друга в штатных ситуациях и 5 при моделировании аварийных ситуаций на каждом производстве. Также предусмотрен демонстрационный режим.

Особую роль играют **AR-технологии**, с помощью которых нештатные ситуации визуализируются в режиме реального времени, что помогает лучше понимать потенциальные риски и принимать обоснованные решения по их ликвидации.

Приложение дополненной реальности создано с помощью платформы Unity [4] на языке C# для интерактивного обучения и тестирования пользователей.

Для обнаружения потенциальной нештатной ситуации техногенного характера нужно навести камеру мобильного устройства на объекты, составляющие модель нефтехимического промышленного предприятия.

В случае правильной идентификации опасности на экране мобильного устройства воспроизводится анимированный трек, визуализирующий возникновение и развитие аварии. Затем предлагается набор нескольких возможных алгоритмов действий, из которых нужно выбрать единственно правильный вариант. Обучающий сеанс считается пройденным успешно, если обнаружены все опасности, предусмотренные сценарием, и для каждой из них определен правильный алгоритм действий.

**Заключение.** Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности разработан с целью изучения структуры нефтеперерабатывающего предприятия и моделирования с применением технологий дополненной реальности возникновения возможных аварийных ситуаций. При проектировании и реализации программно-аппаратного комплекса использовались различные технологии: CAD-моделирование, аддитивные технологии, смарт-технологии и технологии разработки программируемых мобильных систем, технологии разработки мобильных приложений, технологии дополненной реальности.

Разработанный программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности внедрен в центр безопасности МЧС г.Новополоцка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Solidworks [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.solidworks.com>. — Дата доступа: 01.10.2024.
2. Android Studio [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.developer.android.com/studio?hl=ru>. — Дата доступа: 01.10.2024.
3. Arduino IDE [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/software>.— Дата доступа: 01.10.2024.
4. Платформа Unity [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://unity.com/ru>.— Дата доступа: 01.10.2024.

УДК 004

## МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ КОМПЛЕКСОМ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*А. И. БУТЬКО, М. В. ИЗОИТКО, В. А. МАЛЫШКИН  
(Представлено: И. С. РУСЕЦКИЙ)*

*Мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом предназначено для передачи пользователем команд микроконтроллеру по каналу Bluetooth. Используется как основной интерфейс управления комплексом по промышленной безопасности.*

**Введение.** Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности включает в себя аппаратную часть и комплекс программ, состоящих из программного обеспечения для микроконтроллера, мобильного приложения для управления комплексом и мобильного приложения дополненной реальности. Программное обеспечение для микроконтроллера является “приемником” команд от мобильного приложения для выполнения соответствующих действий. Связь между микроконтроллером и мобильным устройством осуществляется по каналу Bluetooth [1].

**Описание мобильного приложения.** Мобильное приложение выполнено и используется как основной интерфейс управления программно-аппаратным комплексом. Оно позволяет выполнять действия по включению/выключению подсветки, моделированию аварий на конкретных производствах, а также показать демонстрации возможностей всего комплекса. Мобильное приложение выполнено для ОС Android в IDE Android Studio [2] на языке программирования Kotlin [3].

Программа состоит из 2 основных экранов и экрана-заставки с логотипом Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

Экран-заставка сделан на основе переключения активностей приложения. Он является стартовым и сразу после запуска приложения вызывает отложенный вызов следующей активности, на которой располагается основной интерфейс управления. Экран горит 3 секунды и демонстрирует логотип университета-создателя проекта. Затем выполняется переход на основной экран (рис. 1.).



Рисунок 1. – Основной экран



Рисунок 2. – Экран списка устройств

Дизайн приложения создан таким образом, чтобы для человека, управляющего макетом, не было никакой сложности в определении назначения и расположения элементов взаимодействия. Для этого весь экран разбит на 3 главных блока кнопок. Сам интерфейс создан с помощью Constraint Layout, вложенных друг в друга для правильного расположения на экране.

В первом блоке представлены для подключения мобильного приложения к микроконтроллеру Arduino. Чтобы это осуществить, необходимо зайти в список устройств (см. рис.2) и выбрать определенное устройство, к которому хотим подключиться, после вернуться на главный экран и нажать кнопку «Подключиться». Если подключение успешное, то кнопка окрасится в зеленый цвет, иначе останется серой.

На данном экране пользователь после выполнения подключения может подавать команды для исполнения основным устройством Arduino.

При переходе на экран списка устройств приложение запрашивает доступ для местоположения и включения Bluetooth. Здесь же можно кнопкой включить модуль Bluetooth телефона. После получения разрешений можно выбрать определенное устройство из списка доступных. При этом, чтобы устройство было видно в списке доступных, нужно изначально в настройках Bluetooth произвести сопряжение с Bluetooth-модулем. При выполненном сопряжении, доступный модуль появится в списке. Mac-адрес выбранного устройства сохраняется при выборе из списка.

Само подключение выполнено через интерфейс Bluetooth с использованием Bluetooth модуля HC-05 для Arduino.

Во втором блоке созданы 6 секций, 5 из которых отведены для отдельных предприятий, а 6, Демонстрация, для презентации всего проекта. После установки Bluetooth-соединения при нажатии на кнопки в данном блоке с экрана происходит считывание касаний, которые определяются при помощи `button listener`. С использованием механизма `switch-case` выполняется определение конкретного слушателя кнопки и выполняется отправка команды на сопряженное устройство. Сама команда представляет собой сообщение в виде конкретной буквы или цифры, которую программное обеспечение Arduino считывает и выполняет соответствующую операцию. При этом кнопки будут изменять цвет на зеленый при активном состоянии и на серый при неактивном состоянии. Кнопка «Подсветка» отправляет команду о включении/выключении неадресной ленты. Кнопка «Авария» отправляет команду о включении/выключении адресной ленты. В секции «Демонстрация» кнопки «ВКЛ/ВЫКЛ» запускают и останавливают проигрывание демонстрации, которое является сочетанием отображения адресных и неадресных лент.

В третьем блоке элементы управления позволяют изменять громкость проигрывания звукового сигнала. С помощью полосы регулировки громкости задаются значения громкости звука, издаваемого системой. Они могут варьироваться в значениях от 0 до 30, где 0 – отсутствие звука, а 30 – максимальная громкость, при этом выбранное значение громкости отображается над полосой. Для отправки команды и изменения громкости нужно нажать кнопку «Подтвердить». Тогда по привязанному к кнопке слушателю выполняется отправка команды на сопряженное устройство. С конкретным значением числа. По необходимости дополнительно присутствует кнопка выключения звука, которая устанавливает полосу значения на 0. Однако применить изменение значения нужно отдельно по кнопке «Подтвердить».

**Заключение.** Разработано мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом для передачи пользователем команд микроконтроллеру по каналу Bluetooth. Используется как основной интерфейс управления комплексом по промышленной безопасности.

В мобильном приложении реализовано 11 режимов управления, из них 5 для независимого управления производствами независимо друг от друга в штатных ситуациях и 5 при моделировании аварийных ситуаций на каждом производстве. Также предусмотрен демонстрационный режим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология Bluetooth [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.bluetooth.com/>. – Дата доступа: 01.10.2024.
2. Android Studio [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.developer.android.com/studio?hl=ru>. – Дата доступа: 01.10.2024.
3. Язык программирования Kotlin [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://kotlinlang.org/>.– Дата доступа: 01.10.2024.

УДК 665.63-404; 665.637.64;

## КЛЮЧЕВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Е. Ю. ГАРИСТ*

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

*Представлено обоснование выбора ключевых компетенций для системы тестирования инженерно-технического персонала нефтеперерабатывающих предприятий. Приводится модель ключевых компетенций по двум профилям. Представлена матрица компетенций групп должностей профиля «МЕХАНИК».*

**Введение.** Нефтепереработка основана на комплексной переработке нефти и газового конденсата в ценные продукты народного хозяйства: моторные топлива (бензин, керосин, дизельное и реактивное топливо), масла и смазки, котельное и печное топливо (мазут), сырьё для нефтехимии, электродный кокс, строительные материалы (битумы, гудрон, асфальт) [1].

Получаемая продукция стратегически важна. Она используется для работы автомобильной индустрии, сельскохозяйственной сферы, легкой и пищевой промышленности, медицинской отрасли. Вместе с этим предприятия нефтехимического комплекса представляют собой объекты повышенной опасности, что обусловлено природой используемого сырья, промежуточных и целевых продуктов. Такие особенности накладывают на инженерно-технический персонал нефтеперерабатывающих предприятий определенную ответственность – сотрудник должен уметь быстро принимать правильные решения в аварийных ситуациях, реагировать на изменения состава реакционной смеси с целью обеспечения оптимального технологического режима и максимального качества товарных продуктов. Предприятиям нужны специалисты высокой квалификации для исключения потерь эффективности производства [1].

Таким образом разработка модели ключевых профессиональных компетенций позволит повысить эффективность автоматизации процесса отбора и аттестации персонала на основе системы тестирования. Такой подход позволит уже на начальных этапах обрабатывать большее количество претендентов и фокусироваться на лучших из них.

**Обоснование выбора ключевых компетенций.** Существует множество различных определений термина «компетенция». В наиболее обобщенном и комплексном виде понятие «компетенция» рассматривается не как набор способностей, знаний и умений, а как способность или готовность применять все знания и умения необходимые для выполнения задачи на высоком уровне [2].

На сегодняшний день существует большое количество подходов к выделению компетенций [3-5]. На основе их изучения целесообразно выделить 4 вида ключевых компетенций для описания профиля рабочего нефтеперерабатывающих предприятий: корпоративные, управленческие, профессиональные и профессионально-психологические.

Чтобы установить эффективность выполнения каждым сотрудником предприятия своих обязанностей, выявить сильные и слабые стороны каждого члена коллектива, а также выполнить требования по подтверждению квалификации работников, необходимо проводить оценку персонала.

В процессе работы на предприятии каждый сотрудник не только применяет свои уже имеющиеся навыки, но также нарабатывает опыт, который необходим для решения поставленных новых, более сложных, задач. Соответственно, необходимо, чтобы оценка персонала осуществлялась с учётом особенностей конкретного производственного процесса. Это позволяет определить соответствие сотрудника занимаемой им должности, а также помогает выявить его потенциал, который должен быть рационально использован для решения основных целей и задач, поставленных перед предприятием.

Важно также, чтобы сотрудник оценивал свои способности самостоятельно. В результате такого анализа можно будет установить, насколько реальные способности работников совпадают с потребностями предприятия, и какой вклад в его успешность может принести деятельность каждого отдельного человека.

Оценка работы персонала позволяет:

– установить соответствие затрат, направленных на выполнение конкретного объема работ, и средств, выделенных на содержание работника, его рабочего места. Если определенный специалист имеет низкую производительность труда, его содержание становится невыгодным для работодателя. В таком случае необходимо как можно быстрее произвести перестановку кадров, чтобы этот работник занял рабочее место в соответствии с его реальными возможностями и навыками;

– выявить функциональную роль конкретного работника в масштабах организации в соответствии с его навыками. Существует вероятность, что определенный сотрудник отлично справляется с работой

в команде, активно развивается, стремится проявлять свои лучшие рабочие качества. Такой человек может стать ценным звеном в определенном направлении деятельности предприятия;

– оценить потенциал сотрудника, который можно применить в пользу предприятия без дополнительных вложений. Определенное количество рядовых сотрудников за годы работы приобретают важный для работы опыт, знания, навыки, которые становятся сильной базой для того, чтобы такие люди могли результативно работать на руководящих должностях. В этом случае у предприятия отпадает необходимость тратить средства на поиск и обучение новых руководящих кадров.

К профессиональным компетенциям отнесены следующие:

– химические (оценка знаний по органической химии, химии нефти);

– технологические (оценка знаний по процессам и аппаратам химической технологии, технологическим процессам, схемам установок; устройству и принципам работы основного технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, трубопроводов, арматуры; факторам, влияющим на ход процесса и качество продукции; физико-химическим свойствам сырья, реагентов и вырабатываемой продукции; стандартам на сырье и продукты; общим требованиям в области охраны труда, пожарной и промышленной безопасности);

– производственные (оценка знаний по технологиям переработки нефти, оптимизации технологических процессов, взаимосвязи установки (блоков) с другими объектами завода и товарными парками; управлению технологическими процессами, в том числе причинам нарушений норм технологического режима, неполадок, отказов и аварий; управлению качеством продукции, в том числе причинам брака и выпуска продукции низкого качества; промышленной экологии; энерго- и ресурсосберегающим технологиям в переработке природных энергоносителей);

– экономические (оценка знаний по организации производства и управлению предприятием; управлению персоналом; оценке затрат труда, результатов качества работы исполнителей);

– инновационные (оценка знаний по экономике предприятия; инновационному менеджменту, обеспечению конкурентоспособности и экономической эффективности технологий переработки природных энергоносителей).

Корпоративные компетенции применимы к любой должности служащего (профессии рабочего) на предприятии. Корпоративные компетенции следуют из ценностей компании, которые фиксируются в таких корпоративных документах, как стратегия, кодекс корпоративной этики и других. Разработка корпоративных компетенций является частью работы с корпоративной культурой компании. Оптимальное количество корпоративных компетенций составляет 5-7 компетенций.

К корпоративным компетенциям отнесены следующие:

– лояльность (доброжелательное отношение подчиненного к работодателю, руководителям, самой работе и принятым правилам);

– морально-этическая ответственность (личная потребность в выполнении социальных и личностных норм, способность адекватно воспринимать внешнюю оценку совершаемых поступков, внутренняя оценка собственных действий с позиций гуманности и совести);

– командность (способность обращаться за помощью, выслушивать чужое мнение и соглашаться с другими предложениями даже в ущерб собственным; в ходе работы команды над заданием встраивать свою индивидуальную часть работы в общую работу группы, а также определять свой вклад и оценивать коллективный результат как свой собственный);

– ориентация на успех (стремление к успеху и стремление к избеганию неудачи, стремление к совершенству во всех видах работы; полагание на собственные силы; выбор таких задач, которые требуют немалых усилий);

– коммуникативность (способность к общению, стремление заниматься общественной деятельностью, инициативность в общении);

– адаптивность (способность справляться с изменениями и извлекать из них выгоду);

– ориентация на достижения (умение ставить амбициозные цели, которые бросают вызов способностям личности и подчиненных);

– стратегическое мышление (умение анализировать поступающую информацию и совершать действия, которые принесут максимальную выгоду в долгосрочной перспективе).

Управленческие компетенции необходимы руководителям для успешного достижения целей. Они разрабатываются для сотрудников, занятых управленческой деятельностью и имеющих работников в линейном или функциональном подчинении.

К управленческим компетенциям отнесены следующие:

– организаторские способности (вид коммуникативных способностей, которые проявляются в совершенстве умений переводить социально значимые цели на язык практики для своего коллектива и в умении доводить дело до логического конца);

- ответственность (способность взять на себя груз принятия решения, держать ответ за исполненное, отвечать за порученное, добровольно принимать наказание за неверно выполненное не только, когда принятие ответственности инициировано самим «ответственным субъектом», но и когда на него формально или неофициально возложен контроль за проявлениями групповой активности и ее последствиями);
- дисциплинированность (нравственно-волевое качество личности, проявляющееся как добровольное сознательное соблюдение нравственных норм и установленного порядка жизни и деятельности);
- лидерские способности (совокупность способностей, позволяющих становиться лидером, вести за собой людей);
- способность принимать решения (способность к верному выбору мнения или курса действий среди нескольких альтернативных);
- эмоциональная уравновешенность (способность сдерживать, не проявлять внешне эмоции, сохранять спокойствие и спокойно реагировать на неблагоприятные обстоятельства);
- креативность (способность генерировать оригинальные и ценные идеи);
- стратегическое мышление (знание цели, оценка ресурсов для её достижения, предвидение нештатных ситуаций, видение конечного результата и перспективы).

Профессионально-психологические компетенции необходимы для осуществления профессиональной деятельности.

К профессионально-психологическим компетенциям отнесены следующие:

- концентрация внимания (свойство внимания, позволяющее удерживать фокус на одном предмете или задаче в течение некоторого времени);
- кратковременное запоминание (вид памяти, представляющий собой один из психических процессов, которому свойственно ограниченное по времени хранение информации и ограниченное по количеству удержание элементов);
- стрессоустойчивость (способность психики противостоять внешним раздражителям);
- склонность к риску (направленность личности, эмоциональное предпочтение к видам действий и ситуаций, связанных с риском, означает выбор вариантов альтернатив, сопряженных с большей вероятностью угрозы потери);
- личная организованность (способность жить и работать по системе; комплексный учет и взаимодействие многих факторов, влияющих на личную организацию; умение ценить и эффективно использовать время; умение сосредоточиться на главном; умение все делать по порядку).

На основе изучения и анализа подходов к выделению компетенций и принятой нами модели ключевых компетенций по группам должностей профилей «Механик» и «Технолог» для дальнейшего профессионального отбора персонала и периодической аттестации служащих нефтеперерабатывающего предприятия определен выбор четырех ключевых компетенций для четырех групп должностей профиля «Механик» и «Технолог». В таблице 1 приложена матрица компетенций групп должностей профиля «МЕХАНИК»

Таблица 1. – Матрица компетенций групп должностей профиля «МЕХАНИК»

<b>Группы должностей</b>	<b>1.Рабочие</b> Машинист / Слесарь (и др. профессии рабочих, связанные с управлением, обслуживанием и ремонтом технологического оборудования)	<b>2.Инженерные + руководящие начального уровня</b> Инженер-механик / Механик / Инженер (по ремонту) Мастер / Сменный мастер / Начальник смены / Ведущий механик Начальник участка / Старший мастер / Начальник сектора Заместитель начальника установки (по ремонту) / заместитель начальника цеха (по ремонту) Начальник цеха	<b>3.Руководящие среднего уровня</b> Заместитель главного механика / Начальник отдела / Заместитель начальника отдела Заместитель начальника производства (по ремонту) Начальник производства	<b>4.Руководящие высшего уровня</b> Главный механик Заместитель руководителя дирекции / Заместитель главного инженера (по ремонту) Заместитель генерального директора - руководитель дирекции (по инвестиционным проектам, строительству и ремонту)
<b>Группы ключевых компетенций</b>				

Окончание таблицы 3

1.Профессиональ ые	1.1.1. Физико-механические (уровень среднего специального образования)	1.1.234. Физико-механические (уровень высшего образования)	
	1.2.1234. Технологические		
		1.3.234. Производственные	
		1.4.34. Экономические	1.5.4. Инновационные
2.Корпоративные	2.1.1234. Лояльность		
	2.2.1234. Морально-этическая ответственность		
		2.3.234. Командность	
		2.4.234. Ориентация на профессиональное развитие	
		2.5.34. Коммуникативность	
		2.6.34. Ориентация на достижения	
		2.7.4. Адаптивность к изменениям	2.8.4. Стратегическое мышление
3.Управленческие	3.1.1234. Дисциплинированность		
	3.2.1234. Ответственность		
		3.3.234. Лидерские способности	
		3.4.234. Организаторские способности	
		3.5.34. Способность принимать решения	
		3.6.34. Эмоциональная уравновешенность	
		3.7.4. Креативность	3.8.4. Стиль мышления
4.Профессионально-психологические	4.1.1234. Внимательность		
	4.2.1234. Кратковременное запоминание		
	4.3.1234. Стрессоустойчивость		
	4.4.1234. Склонность к риску		
	4.5.1234. Личная организованность		

**Заключение.** Разработанные модели ключевых профессиональных компетенций обеспечат: автоматизацию определения уровня сформированности компетенций сотрудника или кандидата; способству-ет устранению субъективности и снижению временных затрат. Предложено под каждую компетенцию профиля составлять отдельный тест. Результаты такого тестирования смогут служить основанием для включения работника в кадровый резерв или аттестации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева, О. В. Программное обеспечение для автоматизации профессионального отбора персонала и аттестации служащих ОАО «Нафтан» на основе модели ключевых компетенций / О. В. Голубева [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. - 2024. - № 1 (42). - С. 2-7. - DOI: 10.52928/2070-1624-2024-42-1-2-7
2. Зимняя, И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентного подхода в образовании. Авторская версия - М: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004.
3. Иванова, Е. М. Основы психологического изучения профессиональной деятельности / Е. М. Иванова. - Москва : Таус, 2005. - 194 с.
4. Ильин В.С. Проблемы теории педагогических систем с позиций целостного подхода // Воспитание школьников в процессе обучения : сб. науч. тр. Волгоград : ВГПИ, 1978.
5. Маркова, А.К. Психология профессионализма. - М.: Знание, 1996. - 308 с.

УДК 665.63-404; 665.637.64;

## СТРУКТУРА ТЕСТОВОГО ПАКЕТА ДЛЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПОДБОРА И АТТЕСТАЦИИ ПЕРСОНАЛА В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

*Е. Ю. ГАРИСТ*

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

*Представлены деревья путей тестирования для каждой группы профессий, где каждому тесту присвоен уникальный код из единой кодировочной системы тестов. Приводится структура тестового пакета специализированный для программного комплекса подбора и аттестации персонала в нефтеперерабатывающей отрасли.*

**Введение.** На крупном производстве в связи с большой численностью работников контроль уровня их профессиональной компетентности затруднителен. С другой стороны, успешное стабильно работающее предприятие неизменно привлекает внимание большого числа соискателей рабочих мест, от которых на предприятие поступает огромное количество резюме для рассмотрения. К тому же в состав крупных нефтеперерабатывающих предприятий входит порядка 100 структурных подразделений, каждое из которых имеет в своем штате должности по ряду узких специальностей и рабочих профессий. Цена ошибки при отборе кандидата в производственные технические организации может быть очень высока. Автоматизация процесса отбора кандидатов путем использования компьютерного тестирования, позволяет получить субъективный результат и оценить его знания и умения [1].

Объективные данные, получаемые тестированием, позволяют лучше оценить потенциал сотрудников, оптимально распределить трудовые обязанности, определить меры по закреплению на предприятии наиболее мотивированных и способных работников, тем самым снижая текучесть кадров. Результаты тестирования дают возможность описать как потенциальные установки, ориентации человека, так и те конкретные способы деятельности, которыми он уже фактически владеет. Тестирование позволяет формировать мнение о способности кандидата к профессиональному и должностному росту, специфике мотивации, особенностях индивидуального стиля деятельности.

**Система критериев оценки персонала на соответствие предъявляемым требованиям по должностям служащих и рабочим профессиям по приоритетным направлениям производственной деятельности (технологи, механики).** В работе [1] представлен специализированный программный комплекс для повышения эффективности подбора и аттестации персонала в нефтеперерабатывающей отрасли с выявлением лучших кандидатов. Комплекс автоматизирует проверку компетенций кандидатов на работу, необходимых для эффективной работы, и уровня их развития на основе уникальной модели ключевых профессиональных компетенций [2].

Для реализации основного функционала программного комплекса для профессионального отбора и периодической аттестации персонала для тестирования по профилям «Технолог» и «Механик» разработаны деревья путей тестирования для каждой группы профессий, где каждому тесту присвоен уникальный код из единой кодировочной системы тестов. В качестве примера в таблице 1 и таблице 2 приведены деревья для некоторых групп должностей различных профилей.

Для оценки уровня компетенций по профилям «Технолог» и «Механик» сформированы пакеты, содержащие по 27 тестов.

Все тесты имеют единую структуру, включающую следующие поля:

- код теста;
- паспорт теста;
- краткое описание компетенции, вынесенной на тестирование;
- краткий алгоритм прохождения теста для пользователя;
- алгоритм обработки результатов прохождения теста;
- краткие рекомендации относительно включения / не включения в кадровый резерв;
- содержательная часть теста (вопросы / утверждения с вариантами ответов).

Разработаны 8 уникальных тестов по компетенциям «Химические (уровень среднего специального образования) и «Химические (уровень высшего образования)» для профиля «Технолог», «Производственные» для профилей «Технолог» и «Механик», «Физико-механические (уровень среднего специального образования) и «Физико-механические (уровень высшего образования)» для профиля «Механик», «Экономические» и «Инновационные» для профилей «Технолог» и «Механик».

В качестве примеров приведем уникальный тест по диагностике химических компетенций из группы ключевых компетенций «Профессиональные» по группе инженерных и руководящих должностей профиля «Технолог» (таблица 3)

Таблица 1. – Профиль «Технолог». Группа 1 «Рабочие (оператор технологических установок / оператор товарный / аппаратчик / лаборант)». Общее количество тестов 11.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.Профессиональные	1.Профессиональные	2.Корпоративные	2.Корпоративные	3.Управленческие	3.Управленческие	4.Профессиональные	4.Профессиональные	4.Профессиональные	4.Профессиональные	4.Профессиональные
1.1.1. Физико-механическое (среднее специальное образование)	1.2.1234. Технологические	2.1.1234. Лояльность	2.2.1234. Моральная этическая ответственность	3.1.1234. Дисциплинированность	3.2.1234. Ответственность	4.1.1234. Концентрация внимания	4.2.1234. Кратковременное запоминание	4.3.1234. Стрессоустойчивость	4.4.1234. Склонность к риску	4.5.1234. Личная организованность

Таблица 2. – Профиль «Технолог». Группа 2 «Инженерные + руководящие начального уровня (инженер-технолог (химик) / Ведущий технолог, начальник смены / начальник участка, заместитель начальника установки / заместитель начальника цеха / заместитель начальника отдела, лаборант, начальник установки / начальник цеха)». Количество тестов 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.Профессиональные	1.Профессиональные	2.Корпоративные	2.Корпоративные	2.Корпоративные	2.Корпоративные	2.Корпоративные	3.Управленческие	3.Управленческие	3.Управленческие	3.Управленческие	4.Профессиональные	4.Профессиональные	4.Профессиональные	4.Профессиональные	4.Профессиональные
1.1.234. Химические (высшее образование)	1.2.123 4. Технологические	1.3.234. Производственные	2.1.123 4. Лояльность	2.2.123 4. Моральная этическая ответственность	2.3.234. Командность	2.4.234. Ориентация на профессиональное развитие	3.1.123 4. Дисциплинированность	3.2.123 4. Ответственность	3.3.234. Лидерские способности	3.4.234. Организаторские способности	4.1.123 4. Концентрация внимания	4.2.123 4. Кратковременное запоминание	4.3.123 4. Стрессоустойчивость	4.4.123 4. Склонность к риску	4.5.123 4. Личная организованность

Таблица 3. – Тест 1.1.234 Химические

ПРОФИЛЬ «ТЕХНОЛОГ». ТЕСТ 1.1.234				
Группа ключевых компетенций	Вид ключевых компетенций		Группа должностей	
1.1.234. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ	1.1.234. ХИМИЧЕСКИЕ		1.1.234. ИНЖЕНЕРНЫЕ+РУКОВОДЯЩИЕ НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ, РУКОВОДЯЩИЕ СРЕДНЕГО УРОВНЯ, РУКОВОДЯЩИЕ ВЫСШЕГО УРОВНЯ	
Тест направлен на оценку знаний на уровне высшего образования по органической химии, химии нефти. Материал представлен в виде 30 вопросов, выбираемых случайным образом из базы, содержащей 100 вопросов. На каждый вопрос предложены 4 варианта ответа, один из которых является правильным.				
Ключ (номер вопроса / номер правильного ответа)				
1 – 1	2 – 4	3 – 1	4 – 1	5 – 3
...				
96 – 2	97 – 1	98 – 2	99 – 3	100 – 2
Каждое задание, выполненное верно, оценивается в 1 балл. Общая сумма баллов определяет уровень химических компетенций:				
25-30 баллов – <b>высокий уровень химических компетенций</b> (устойчивые знания и понимание профессиональной терминологии, физико-химического анализа, химических законов, свойств, закономерностей; владение навыками решения химических задач, следование правилам техники безопасности) / <b>рекомендовано включение в кадровый резерв</b>				
19-24 балла – <b>уровень химических компетенций выше среднего</b> (знания профессиональной терминологии, стремление использовать химический язык; интерес к изучению химических закономерностей и свойств; понимание химических закономерностей; владение навыками техники безопасности, решения химических задач, методами физико-химического анализа) / <b>рекомендовано включение в кадровый резерв</b>				
13-18 – <b>средний уровень химических компетенций</b> (интерес к профессиональной терминологии, использованию химического языка; неуверенное знание химической терминологии, формул химических веществ; интерес к изучению химических закономерностей, химических свойств; незначительные пробелы в знаниях химических законов, свойств, закономерностей, химической терминологии; владение навыками техники безопасности; некоторые затруднения в применении физико-химических методов анализа) / <b>рекомендовано включение в кадровый резерв</b>				
7-12 – <b>уровень химических компетенций ниже среднего</b> (слабый интерес к профессиональной терминологии; несистемные знания формул химических веществ; слабое владение химическим языком; ситуативное применение химической терминологии; интерес к изучению химических закономерностей, химических свойств определен внешними мотивами; частичное владение навыками техники безопасности; затруднения при решении химических задач и в применении физико-химических методов анализа)				
0-6 – <b>низкий уровень химических компетенций</b> (интерес к профессиональной терминологии только под влиянием внешних мотивов; слабое владение химической терминологией; неуверенное знание формул химических веществ; ситуативное применение химического языка; частичное владение навыками техники безопасности; затруднения при решении химических задач; отсутствие умения использовать физико-химические методы анализа)				

**Заключение.** Пакеты тестов разработаны в актуальных для конкретного нефтеперерабатывающего предприятия областей фундаментальных и прикладных знаний, профессиональных компетенций. Тесты основаны на научно проверенных методах сбора и анализа информации. Результаты тестирования по таким тестам дают возможность описать как потенциальные установки, ориентации человека, так и те конкретные способы деятельности, которыми он уже фактически владеет. Тестирование позволяет формировать мнение о способности человека к профессиональному и должностному росту, специфике мотивации,

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева, О. В. Программное обеспечение для автоматизации профессионального отбора персонала и аттестации служащих ОАО «Нафтан» на основе модели ключевых компетенций / О. В. Голубева [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. - 2024. - № 1 (42). - С. 2-7. - DOI: 10.52928/2070-1624-2024-42-1-2-7
2. Голубева, О. В. Модель ключевых компетенций по группам должностей профиля «технолог» как основа автоматизации профессионального отбора персонала и аттестации служащих ОАО «Нафтан» / О. В. Голубева, В. М. Чертков, Е. Ю. Гарист, Г. Ю. Пешкова // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2024) : электронный сборник статей III международной научно-практической конференции, г. Полоцк, 29 марта 2024 г. / Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2024. – С. 46-51.

УДК 004.514

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ВРЕДНЫЕ ПРИВЫЧКИ»  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ****А. А. ГРИБАНОВ, Т. В. ЧЕРТКОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)*

*Представлено обоснование выбора языка программ программирования с описанием используемых библиотек. Приводится структурная схема программно-аппаратного комплекса дополненной реальности. Описан принцип работы комплекса и использованием графического интерфейса пользователя. Продемонстрирован снимок экрана работы программно-аппаратного комплекса «вредные привычки».*

**Введение.** В настоящее время к самыми вредным привычкам относят: курение, алкоголь и наркоманию. На сегодняшний день всё современное общество обеспокоено тем, что к самым негативным привычкам приобщаются дети и подростки. Те, кто является будущим нашей страны. Именно поэтому особенно важно, чтобы с самого раннего возраста дети понимали, что такое вредные привычки и какой вред они наносят здоровью человека и людям вокруг [1].

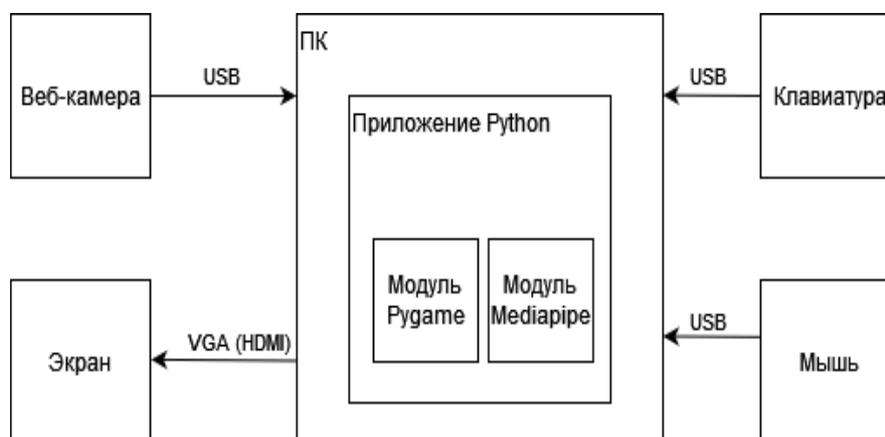
Вредные привычки оказывают негативное влияние на жизнь общества в целом, а также на жизнь и деятельность личности в отдельности. Некоторые из нас даже и не подозревают, что вредные привычки способствуют возникновению многих неизлечимых болезней, а иногда и смерти [2]. Поэтому задача повышения эффективности профилактической работы с учащимися в этом направлении является актуальной, а приложение дополненной реальности повысит интерес обучающихся.

**Техническая часть.** Дополненная реальность — воспринимаемая смешанная реальность, создаваемая с помощью компьютера с использованием «дополненных» элементов воспринимаемой реальности, когда реальные объекты монтируются в поле восприятия.

Для разработки приложения дополненной реальности выбран язык программирования Python [3]. Python является самым популярным языком программирования. Его применяют повсеместно: в аналитике данных, тестировании и разработке игр. Кроме того, Python нашел широкое применение среди ученых благодаря своей простоте, а удивление много популярных игр были написаны с использованием Python. Разработчики игр отдают предпочтение Python прежде всего из-за высокой скорости разработки по сравнению с другими языками программирования, функциональных возможностей и изобилия различных фреймворков. Самым популярным из них является PyGame [4].

PyGame – это библиотека, позволяющая создавать полнофункциональные игры с использованием потокового видео и звука. Она может работать на любой операционной системе и на любой платформе, поэтому это оно из лучших решений для разработки приложения дополненной реальности [5].

Для реализации приложения дополненной реальности разработали структуру программы, которая представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Структура приложения дополненной реальности**

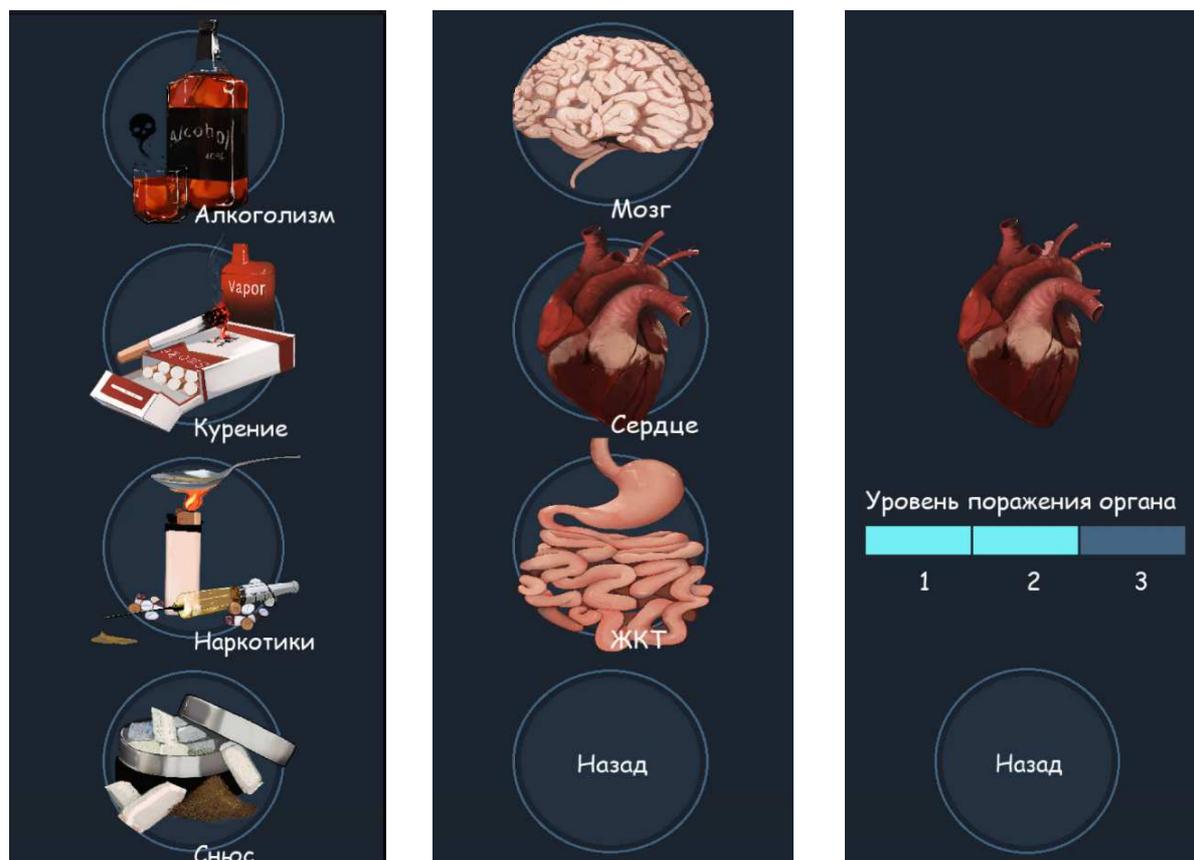
Для работы приложения требуется веб-камера с возможностью потоковой съемки видео с разрешением 1920x1080. Также нужен монитор, либо телевизор для отображения информации. К компьютеру должны быть подкачены мышь и клавиатура.

Приложение работает на компьютере и взаимодействует с модулями Pygame и MediaPipe.

MediaPipe – это набор библиотек, методов, предобученных моделей и готовых конвейеров обработки изображений (фреймворк), которые позволяют решать множество задач, связанных с анализом изображений. Фреймворк разрабатывается и поддерживается исследователями и инженерами компании Google. В число задач, которые можно решать с помощью данного фреймворка, входят задачи поиска и определения объектов на изображении, определение положения тела человека на изображении и отслеживание движений в потоке изображений, поиск и распознавание лиц на изображении и другие [6].

Для управления комплексом было разработан удобный и понятный графический интерфейс. Меню выбора вредной привычки состоит из трех уровней и расположено в правой части экрана. На первом уровне находится четыре вредные привычки, которые представлены на рисунке 2а. На втором уровне в зависимости от вредной привычки располагаются органы, на которые эта привычка оказывает воздействие (рис. 2б). На третьем уровне реализован выбор уровня поражения выбранного органа (рис. 2в).

Работа разработанного приложения начинается с инициализации библиотек Pygame и MediaPipe. Библиотека Pygame используется для получения информации с веб-камеры и вывода информации на экран. Также эта библиотека используется для отображения меню выбора вредных привычек и органов. Библиотека MediaPipe используется для определения ключевых точек человека на изображении, по которым в дальнейшем происходит расчет точки привязки выбранного органа и его масштабирование с дальнейшим отображением в месте привязки. Результат работы программно-аппаратного комплекса «Вредные привычки» представлен на рисунке 3.



а) первый уровень

б) второй уровень

в) третий уровень

Рисунок 2. – Меню выбора вредной привычки и органа

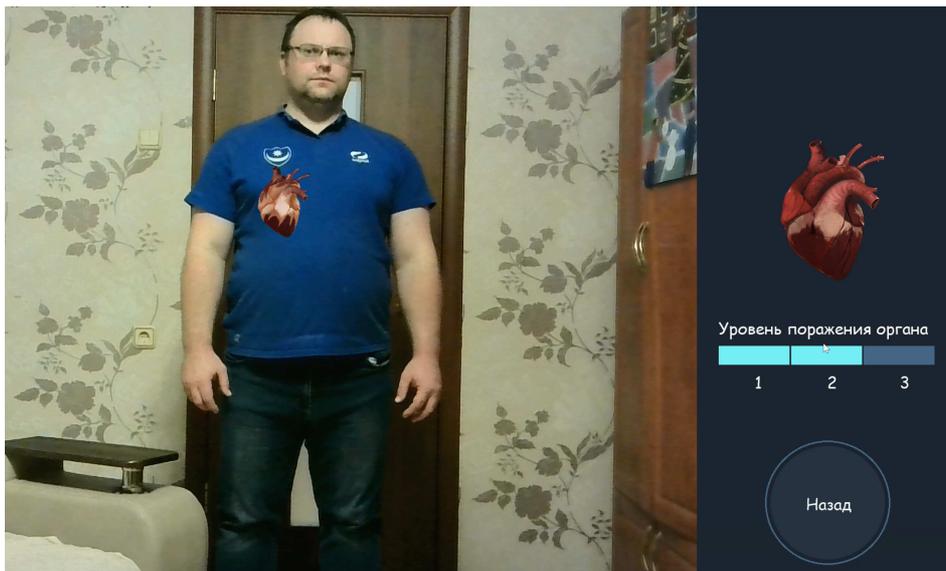


Рисунок 3 – Снимок экрана при работе с приложением «Вредные привычки»

**Заключение.** Программно-аппаратный комплекс «Вредные привычки» предназначен для визуализации влияния вредных привычек на внутренние органы и организм человека в зависимости от степени их воздействия. Разработанное программное обеспечение предназначено для применения в лечебных и образовательных учреждениях. К основным достоинствам относятся: визуализация процессов поражения органов человека от вредных привычек; интерактивность изучения влияния вредных привычек; психологическое воздействие возможных последствий вредных привычек.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов, М. Д. Вредные привычки-угроза здоровью / М. Д. Жданов, Е. Г. Филюшкина // Наука Через Призму Времени. – 2023. – № 1 (70). – С. 73-74.
2. Лукичев, Е. А. Здоровый образ жизни студенческой молодёжи / Е. А. Лукичев, Н. М. Кувичкин // Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). – 2022. – С. 344-346.
3. Python [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Python&oldid=127757957>. – Дата доступа: 22.03.2024.
4. Преимущества языка Python — плюсы и минусы [Электронный ресурс] / Skysmart. – Режим доступа: <https://skysmart.ru/articles/programming/preimushstva-i-nedostatki-python>. – Дата доступа: 22.03.2024.
5. Свейгарт, Э. Учим Python, делая крутые игры / Э. Свейгарт. – Изд. пер. с англ. М.А. Райтмана. – Москва : Эксмо, 2018. – 416 с.
6. Саблина, В. А. Поиск антропометрических точек лица с помощью Openface и Mediarpipe / В. А. Саблина, А. В. Савин. – 2021. – С. 107-111.

УДК 004.021

**АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТОЧЕК ПРИВЯЗКИ ОРГАНОВ  
ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ВРЕДНЫЕ ПРИВЫЧКИ»****А. А. ГРИБАНОВ, Т. В. ЧЕРТКОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)*

*Представлена блок-схема алгоритма работы программно-аппаратного комплекса «Вредные привычки». Описан алгоритм расчета точек привязки органов к изображению человека в кадре с возможностью масштабирования органов при перемещении человека.*

**Введение.** В настоящее время к самыми вредным привычкам относят: курение, алкоголь и наркоманию. На сегодняшний день всё современное общество обеспокоено тем, что к самым негативным привычкам приобщаются дети и подростки. Те, кто является будущим нашей страны. Именно поэтому особенно важно, чтобы с самого раннего возраста дети понимали, что такое вредные привычки и какой вред они наносят здоровью человека и людям вокруг [1].

Приложение дополненной реальности «Вредные привычки» предназначено для визуализации влияния вредных привычек на внутренние органы и организм человека в зависимости от степени их воздействия. Но для его нормального функционирования была поставлена задача: рассчитать точки привязки базы данных изображений органов к изображению человека в кадре с возможностью масштабирования органов при перемещении человека.

**Техническая часть.** Для работы программно-аппаратного комплекса требуется веб-камера с возможность потоковой съемки видео с разрешением 1920x1080. Также нужен монитор, либо телевизор для отображения информации. К компьютеру должны быть подключены мышь и клавиатура.

Приложение работает на компьютере и взаимодействует с модулями Pygame и Mediapipe.

PyGame – это библиотека, позволяющая создавать полнофункциональные игры с использованием потокового видео и звука. Она может работать на любой операционной системе и на любой платформе, поэтому это оно из лучших решений для разработки приложения дополненной реальности [2].

MediaPipe – это набор библиотек, методов, предобученных моделей и готовых конвейеров обработки изображений (фреймворк), которые позволяют решать множество задач, связанных с анализом изображений. Фреймворк разрабатывается и поддерживается исследователями и инженерами компании Google. В число задач, которые можно решать с помощью данного фреймворка, входят задачи поиска и определения объектов на изображении, определение положения тела человека на изображении и отслеживание движений в потоке изображений, поиск и распознавание лиц на изображении и другие [3].

Для решения поставленной задачи разработали основной алгоритм работы программно-аппаратного комплекса, блок-схема которого представлена на рисунке 1.

Работа разработанного приложения начинается с инициализации библиотек Pygame и Mediapipe. Библиотека Pygame используется для получения информации с веб-камеры и вывода информации на экран. Также эта библиотека используется для отображения меню выбора вредных привычек и органов. Библиотека Mediapipe используется для определения ключевых точек человека на изображении. Далее начинают выполняться операции в бесконечном цикле. Сперва происходит получение изображение с камеры. Потом выполняется поиск ключевых точек человека на основе метода mediapipe.pose, который возвращает 32 ключевые точки человека. По найденным ключевым точкам выполняется операция расчета точек привязок для органов на изображение человека. Далее выполняется функция получения данных из интерактивного меню пользователя. Эта функция возвращает выбранную вредную привычку, выбранный орган для привязки и степень его поражения. На основании этих данных выполняется операция чтения соответствующей картинки органа с последующим его масштабированием и отображением в месте привязки. После стартует воспроизведение звонкого сопровождения о пагубном влиянии вредной привычки на выбранный орган. Бесконечный цикл замыкается и возвращается на операцию получения изображения с камеры.

Алгоритм расчета точек привязки основан на найденных ключевых точках человека на изображении. На рисунке 2 представлено изображение найденных ключевых точек на основе метода mediapipe.pose [3].

Для расчета точек привязок воспользуется используется управление прямой проходящей через 2 точки. Общее уравнение прямой можно представить в виде с угловым коэффициентом k:

$$y = kx + b, \quad (1)$$

где k – угловой коэффициент; x, y – координаты точки на прямой; b – постоянный коэффициент;

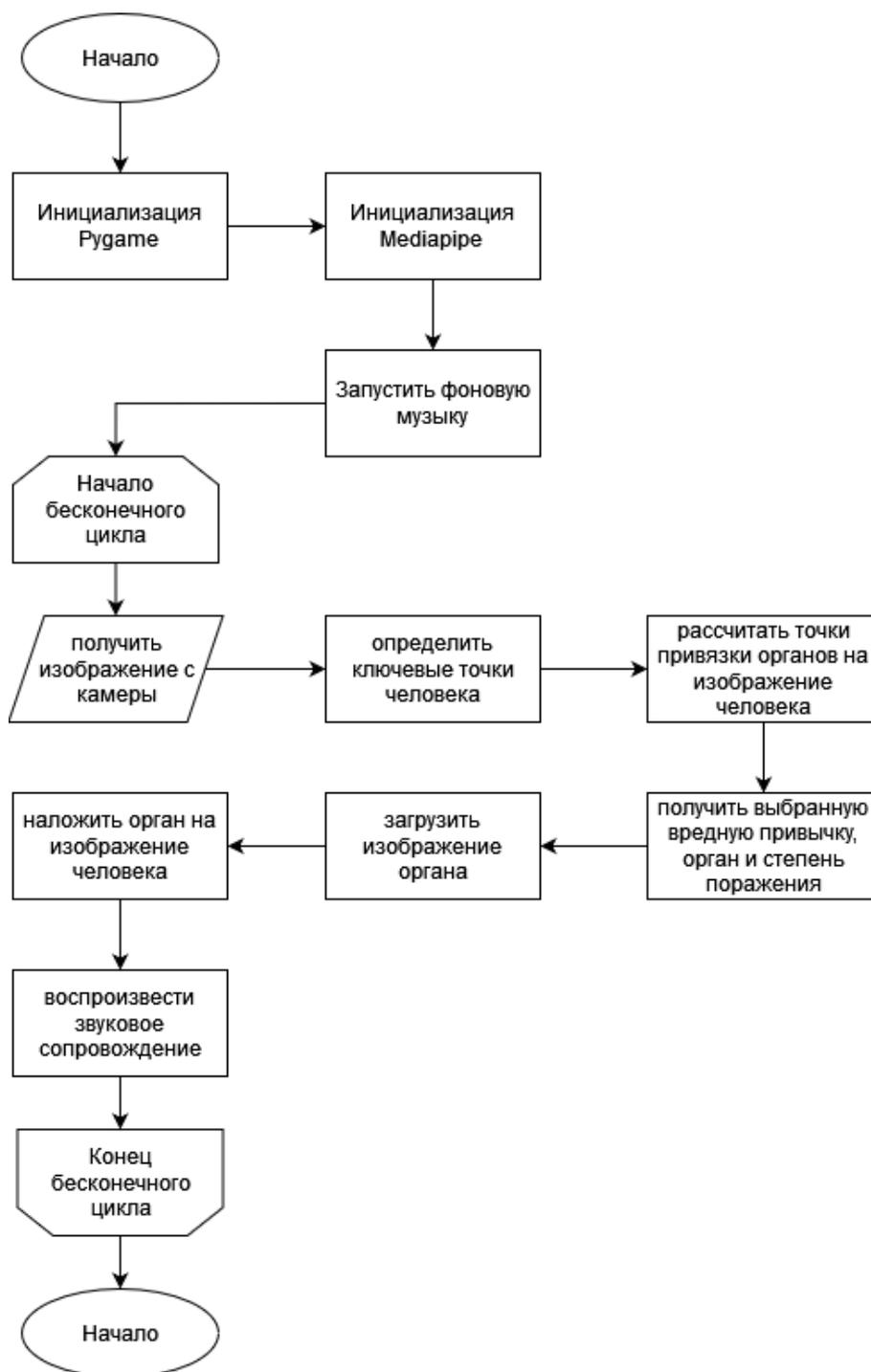


Рисунок 1. – Блок-схема основного алгоритма

На рисунке 3 приложены рассчитанные точки привязки для органов на изображение человека.

Точка 1' рассчитывается путем построения первой прямой проходящей через ключевые точки 11 и 24. Уравнение второй прямой строится через точки середин отрезков. Первый отрезок формируется из точек 11 и 12. Второй отрезок формируется из точек 23 и 24. Середины отрезков находятся следующим образом:

Пусть  $X_{11}$  и  $Y_{11}$  это координаты точки 11, а  $X_{12}$  и  $Y_{12}$  это координаты точки 12. Тогда при  $X_{12} > X_{11}$ , получаем

$$X_{cp} = (X_{12} - X_{11}) / 2 + X_{11} \quad (2)$$

Координата  $Y_{ср}$  также находится по формуле:

$$Y_{ср} = (Y_{12} - Y_{11}) / 2 + Y_{11} \quad (3)$$

Если тело человека повернуто немного вправо или влево, то координаты  $Y$  будут находиться на разном уровне. Поэтому нужно всегда контролировать какая точка выше другой для расчета среднего значения  $Y_{ср}$ .

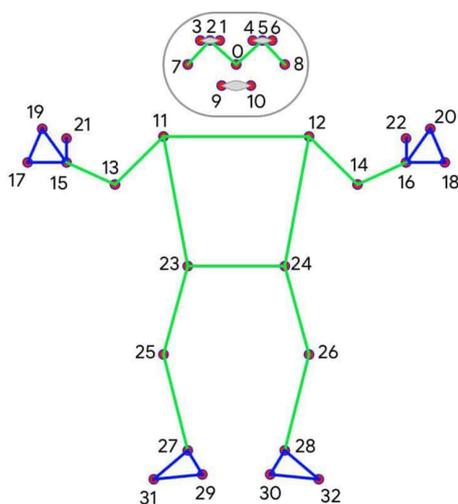


Рисунок 2. – Ключевые точки человека

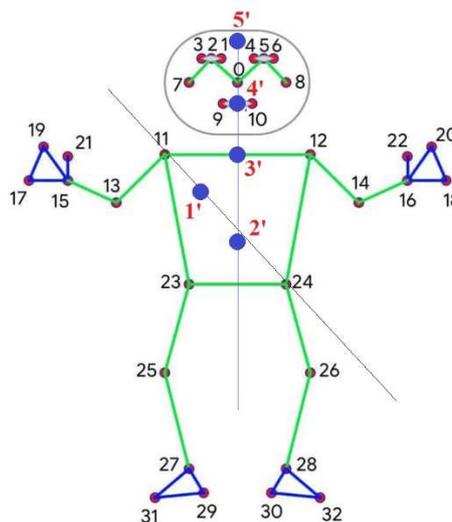


Рисунок 3. – Точки привязки органов на изображение человека

**Заключение.** Алгоритм расчета точек привязки органов разработан на основе уравнения прямой по двум координатам. Измеренное расстояние от точки 11 до точки 12 применяется для регулирования коэффициента масштабирования изображения выбранного органа. Данный алгоритм внедрен в программное обеспечение программно-аппаратный комплекс «Вредные привычки», который был продемонстрирован на различных выставках научных разработок городского, областного и республиканского уровней и вызывал большой интерес у посетителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов, М. Д. Вредные привычки-угроза здоровью / М. Д. Жданов, Е. Г. Филюшкина // Наука Через Призму Времени. – 2023. – № 1 (70). – С. 73-74.
2. Свейгарт, Э. Учим Python, делая крутые игры / Э. Свейгарт. – Изд. пер. с англ. М.А. Райтмана. – Москва : Эксмо, 2018. – 416 с.
3. Body Posture Detection & Analysis System using MediaPipe [Electronic resource]. – Mode of access: <https://learnopencv.com/building-a-body-posture-analysis-system-using-mediapipe/>. – Date of access: 20.03.2024.

УДК 621.391.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ WDM  
В ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЯХ****Д. М. ЗАНЬКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)*

*В статье проведён краткий анализ некоторых существующих оптических систем передачи данных. Приведены особенности, преимущества и недостатки волоконно-оптических систем передачи данных.*

**Ключевые слова:** *пассивные оптические сети, оптические сети большой дальности.*

Из года в год растёт потребность во всех более высоких скоростях передачи данных, что вызвано необходимостью предоставления широкополосных услуг. Экспансия услуг мультимедиа, таких как видео по запросу, видеоконференцсвязь, телевидение высокой четкости (HDTV), интерактивные игры, электронное обучение (e-learning), электронная медицина, услуга IP-телефонии и другие, вызывают необходимость в обеспечении каждого из интернет-пользователей скоростью передачи данных не менее 100 Мбит/с.

Обеспечение высоких скоростей возможно только с использованием оптических технологий и, в частности, волоконно-оптического кабеля.

Сегодня одной из широко распространенных технологий на сетях доступа, использующих волокна, является технология пассивных оптических сетей (Passive Optical Networks, PON). Достоинством таких сетей является не только огромная пропускная способность, но и относительно малый расход энергии на передачу одного бита.

Так, одной из наиболее динамично развивающихся услуг сегодня являются «облачные вычисления». Для многих исследователей доступ к базам данных в реальном времени имеет решающее значение, а ключевым фактором является не только скорость соединения, но и симметрия прямого и обратного каналов.

Для увеличения пропускной способности существующих пассивных оптических сетей (PON) предлагаются различные варианты. Прежде всего, это использование в TDM сетях новых стандартов, разработанных IEEE и ITU-T. Во-вторых, рассматриваются пути обеспечения высоких скоростей передачи информации за счёт использования различных вариантов WDM (CWDM, DWDM, UDWM).

На сегодняшний день задача состоит в разработке и внедрении более совершенных сетей, чем стандартные сети TDM PON, обеспечивающие перекрытие расстояний до 20 км. WDM-PON относятся к пассивным оптическим сетям большой дальности (LR-PON) нового поколения.

Они привлекли внимание исследователей из-за их экономически эффективного решения, позволяющего уменьшить общую стоимость сети путем объединения сегментов доступа и городских сегментов телекоммуникационной сети в один расширенный транзитный сегмент, гарантирующий подключение большого числа конечных пользователей непосредственно к ядру сети без необходимости нескольких стадий EOE-преобразований.

В сетях WDM-PON обеспечивается экономически выгодное решение, в котором за счёт объединения сегментов доступа и сегментов городской сети удалось обеспечить консолидацию центральных офисов, резко уменьшив их число.

В сетях LR-PON, как правило, используются оптические усилители вместо обычных повторителей, которые позволяют избежать выполнения сложных и дорогих процессов, таких как фотонноэлектронное преобразование, восстановление синхронизации, изменение формы, электрическое усиление и электронно-фотонное преобразование.

Кроме того, в отличие от обычных повторителей, оптические усилители являются прозрачными для скорости передачи и формата данных. При этом у сетей LR-PON имеются и свои недостатки, которых с каждым годом становится все меньше, вследствие совершенствования этих сетей.

Сети доступа большого радиуса действия имеют ряд особенностей, вызванных необходимостью перекрытия больших расстояний и подключением большого числа пользователей к центральному офису (CO).

Увеличение перекрываемых расстояний в сетях LR-PON ведет к увеличению круговой задержки (RTT), что может привести к снижению скорости передачи информации.

Говоря конкретно о разработке решений по внедрению LR-PON, можно сказать, что существует множество работ, посвященных данному сетевому решению. Ценный вклад в исследование применения методов спектрального мультиплексирования WDM в пассивных оптических сетях внесли: Шувалов В.П., Фокин В.Г., чьи работы легли в основу теоретических исследований данной работы.

**Заключение.** В отличие от PON на основе традиционных технологий EPON, GPON, в которых расстояния от OLT до ONU не превышают 20 км, в сетях LR-PON расстояния OLT-ONT могут достигать 100 км и более. Концепция LR-PON предполагает дальнейшее упрощение сетей за счет объединения сети доступа и городской сети (метро-сети), обеспечивает снижение затрат в пересчете на одного пользователя. В этих сетях используются сплиттеры с высоким коэффициентом деления (1024 и более), что позволяет подключить большое число пользователей; появляется возможность сконцентрировать десятки OLT в одном CO; снизить затраты на резервирование OLT; упростить процедуры обслуживания и мониторинга сети.

Увеличение коэффициентов деления сплиттеров влечет за собой рост затухания сигналов. Для обеспечения бюджета по мощности на сетях LR-PON требуется установка регенераторов или усилителей, которые в англоязычной литературе обычно обозначаются как Reach extenders (расширители диапазона перекрывааемых расстояний). Увеличение расстояний влечет за собой рост круговой задержки (Round-Trip Time, RTT), что усложняет процесс динамического распределения ресурсов. Большие расстояния между OLT и ONU ведут к снижению коэффициента готовности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волоконно-оптическая система передачи: Учебное пособие / Ф.А. Айгараева, Қ.С. Асанова, М.Т. Тулеужанова, О. Б. Нурманов.– Нур-Султан: Некоммерческое акционерное общество «Холдинг «Кәсіпқор», 2019 г.
2. А.Д. Тусупов, Н.И.Листопад, А.Т. Тохметов. Гигабитные пассивные оптические сети с расширенной зоной досягаемости 2020 г.
3. Сравнение эффективности использования волнового оптического и временного уплотнения каналов в волоконно-оптических системах Текст научной статьи по специальности «Электротехника, электронная техника, информационные технологии» В. Н. Урядов, Ю. Б. Стункус.

УДК 621.396.6.019.3

## ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ РАЗВЯЗКА И ЗАЩИТА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ АВТОЭЛЕКТРОНИКИ ПО ЛИНИИ CAN-FD

С. Ю. ЗМИТРОВИЧ

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

В статье проведена разработка гальванически изолированного модуля CAN-FD с защитой от кондуктивных помех и наводок в сети. Приведены исследования по реализации гальванически развязанного питания трансивера цифровой шины.

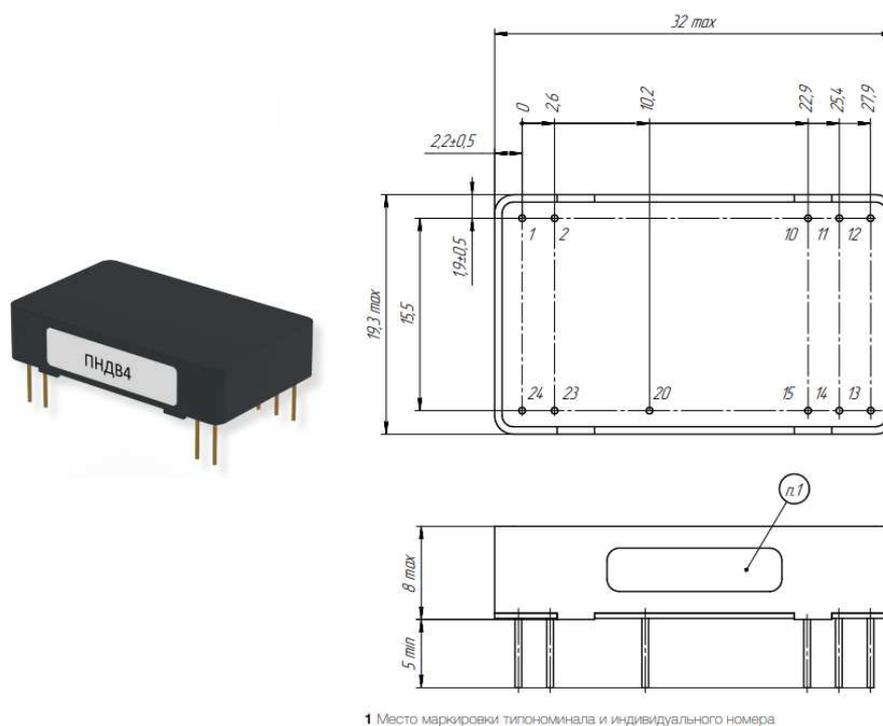
**Ключевые слова:** гальванически изолированный модуль, модуль CAN-FD.

В данной статье рассмотрена разработка гальванически изолированного модуля CAN-FD с защитой от кондуктивных помех и наводок в сети для применения в инструментальной автоэлектронике.

Нужно написать дисклеймер о том, что устройство будет использоваться в различных сценариях, различным персоналом, поэтому и следует защищать оборудование от возможного “разрушения”.

Важным моментом, от которого необходимо отталкиваться - реализация гальванически развязанного питания трансивера цифровой шины. Если не реализовать гальваническую развязку питания, дальнейшие действия могут стать бесполезными. Для этих целей могут служить специализированные сборки DC/DC преобразователей питания от различных компаний, например Рантех, Gaia Converters, General Electric, Трасо и пр.

Рассмотрим одну из таких сборок ПНДВ4-АА05 РТШН.436630.003 ТУ от компании Рантех[1]:



1 Место маркировки типонаименования и индивидуального номера

**Рисунок 1. – Внешний вид и размеры DC/DC преобразователя ПНДВ4-АА05 РТШН.436630.003 ТУ от компании Рантех**

В таблице 1 представлены технические характеристики DC/DC преобразователя:

Встроенные защиты от короткого замыкания на выходе, от превышения выходного напряжения  
Сервисные функции дистанционное выключение

Для реализации гальванической развязки, необходимо определиться с количеством линий, которые необходимо будет защищать, таким образом произведём выбор трансивера CAN-FD. Условимся, что устройство позиционируется двухканальным, с внешним управлением состояния трансивера, скоростью передачи данных до 5 Мбит/с, работоспособным в температурном диапазоне от  $-40 \dots +125$  С, питанием в 5В.

Таблица 1. – Технические характеристики DC/DC преобразователя

Параметр	Значение
Мощность	4Вт
Входное напряжение	4,5В...15В
Выходное напряжение	5В
КПД: не менее	80%
Рабочие температуры	-60 ... +125 С
Габариты	32x19x7,5мм
Масса	не более 25г
Прочность изоляции Вход/Выход	1500В DC в течение 60 с
Сопротивление изоляции	500В DC 100МОМ

Рассмотрим микросхему TJA1448В трансивера CAN-FD от компании NXP [2].

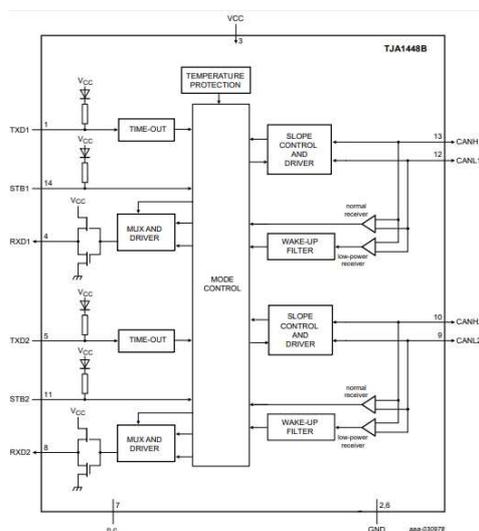


Рисунок 2. – Блок-диаграмма микросхемы TJA1448В трансивера CAN-FD от компании NXP

Двухканальная микросхема TJA1448В предназначена для работы в сетях CAN-FD, а также обратно совместим с CAN2.0В, с битрейтом до 5Мбит/с

Линии, которые следовало бы гальванически развязать: STB1, RX1, TX1, STB2, RX2, TX1. Так как линии TX/RX являются относительно высокоскоростными, следует из этого обстоятельства выбирать гальваническую развязку.

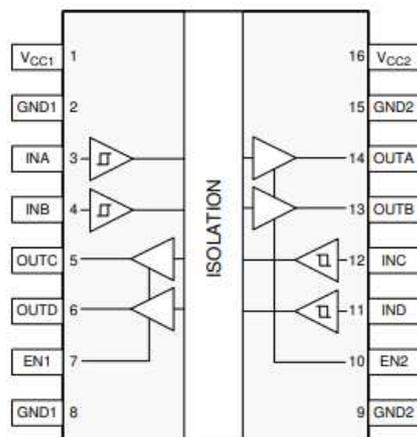


Рисунок 3. – Блок-диаграмма микросхемы цифрового изолятора ISO7742-Q1 от Texas Instruments

Цель, которую мы преследуем, можно достичь используя различные микросхемы цифровых изоляторов от таких именитых производителей, как Texas Instruments (TI) или Analog Devices. Например микросхема ISO7742-Q1 от TI[3], позволяет произвести изоляцию 4 каналов, по два канала в обе стороны.

Так как сигналы STB1/STB2 являются дискретными и низкоскоростными, то нет необходимости в использовании специализированных микросхем, можно обойтись оптопарой LTV-817S-TA1-C[4].

Защита трансивера от электростатического напряжения проявляется в использовании TVS диодов. Особенность в подборе данного вида электронных компонентов заключается в выборе предельной амплитуды напряжения защиты от ESD, напряжении срабатывания TVS диода и емкости перехода, ограничивающей максимальную скорость передачи данных по линии.

Исходя из того, что устройство может быть подключено к автомобильной сети с бортовым напряжением в  $24\text{В}+20\%$ [5], следует произвести выбор TVS сборки с отпирающим напряжением  $V_{br}$  не менее 28В. В том числе, учитывая максимальный битрейт в 5Мб/с, стоит выбирать сборки с емкостью не более чем 6рF[6]. Так как устройство является инструментальным и может использоваться в различных сценариях условимся 4 степенью жесткости по IEC 61000-4-2[7], а именно амплитудой напряжения  $V_{ESD} = 8\text{кВ}$  при контактном разряде,  $V_{ESD} = 15\text{кВ}$  при разряде через воздух.

Таким образом составлена блок схема модуля гальванически развязанного цифрового интерфейса CAN-FD, представленная на рисунке ниже.

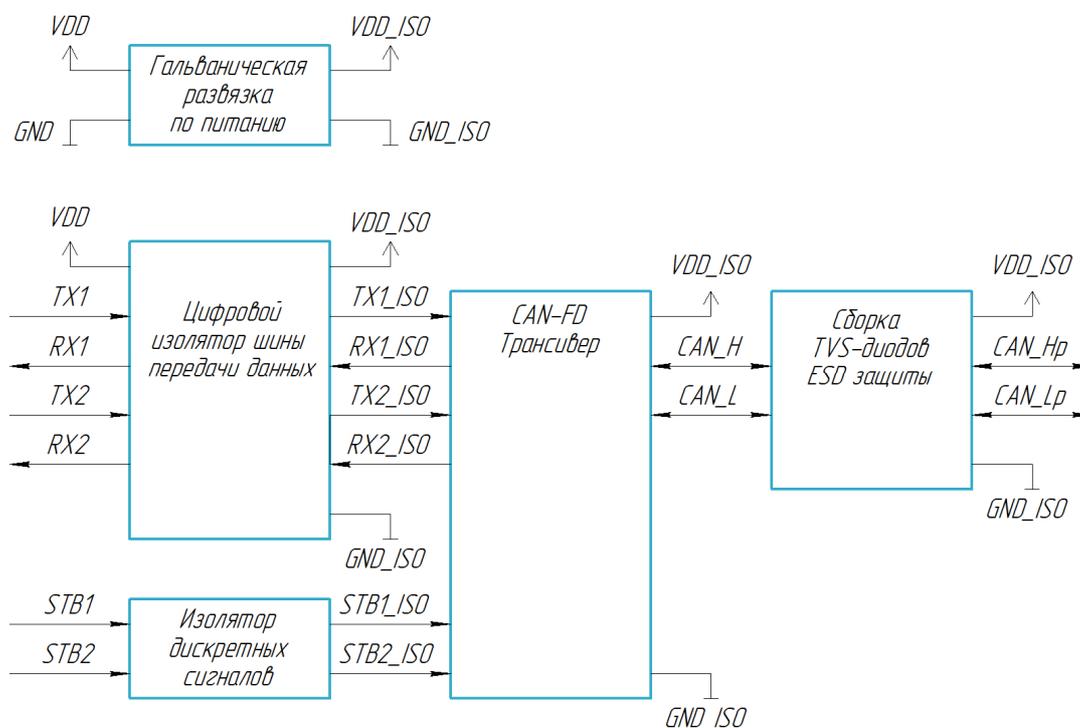


Рисунок 4. – Структурная схема блока CAN-FD

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://runtch.ru/upload/iblock/f51/ezw5hujum56es7vrlhs5qnbxcbeubbhf/ДШИ ПНДВ4.pdf>
2. <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/TJA1448.pdf>
3. [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/iso7742-q1.pdf?ts=1728282565290&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.mouser.de%252F](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/iso7742-q1.pdf?ts=1728282565290&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.mouser.de%252F)
4. <https://www.tme.eu/Document/a61fa6281e0999c0269f179efa854202/LTV-817S-TA1-C.pdf>
5. <https://internet-law.ru/gosts/gost/70416/>
6. [https://old.can-cia.org/fileadmin/resources/documents/publications/cnlm\\_issues/december\\_2021/21-4\\_p24\\_achieving\\_correct\\_esd\\_protection\\_for\\_can\\_fd\\_lukas\\_droemer\\_nexperia.pdf](https://old.can-cia.org/fileadmin/resources/documents/publications/cnlm_issues/december_2021/21-4_p24_achieving_correct_esd_protection_for_can_fd_lukas_droemer_nexperia.pdf)
7. [https://www.ti.com/lit/an/slvafc1/slvafc1.pdf?ts=1728281931872&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F](https://www.ti.com/lit/an/slvafc1/slvafc1.pdf?ts=1728281931872&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F)

УДК 621.396.6.019.3

## КОММУНИКАЦИОННЫЙ ИНТЕРФЕЙС CAN В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

С. Ю. ЗМИТРОВИЧ

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

В статье проведён краткий анализ интерфейса CAN в сельскохозяйственной технике. Приведены дополнительные меры безопасности по протоколу CAN-FD для повышения надёжности связи.

**Ключевые слова:** коммуникационный интерфейс, интерфейс CAN

Современная автотракторная техника разрабатывается с учетом применения блоков электронного управления, связанных между собой, в основном, цифровым коммуникационным интерфейсом CAN. Благодаря чему реализуется огромный функционал по управлению различными агрегатами. Целью данной статьи является обзор применяемого интерфейса CAN в сельскохозяйственной технике.

CAN (Controller Area Network) [1] - коммуникационный интерфейс, предназначенный для сбора, анализа и контроля данных с устройств и датчиков включенных в сеть. Шина передачи CAN является широкополосной. Из этого следует, что каждое устройство этой сети может "прослушивать" передаваемые по ней данные. Интерфейс CAN представлен двухпроводной витой парой, по которой передаётся дифференциальный сигнал по линиям CAN\_H/CAN\_L.

На рис.1 представлена условная сеть CAN, состоящая из нескольких узлов (2,3,5), подсоединённых к сигнальным линиям CAN\_H/CAN\_L витой пары (4). Чтобы уменьшить влияние отражения сигнала в шине, которое вызывается несоответствием импеданса между шиной CAN и драйвером, используется терминирование шины нагрузкой в 120 ом (1,6) на оконечных узлах.

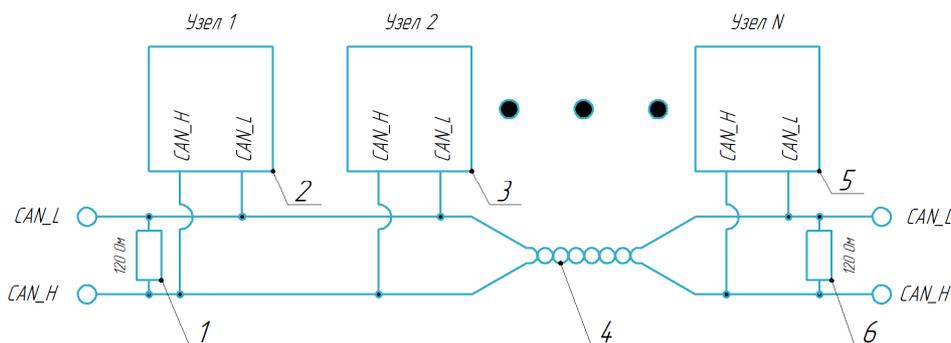
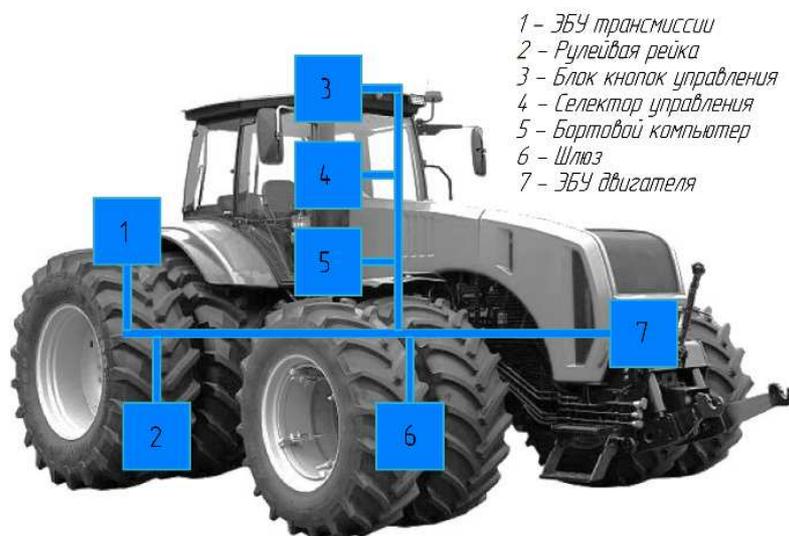


Рисунок 1. – Представление сети CAN



- 1 - ЭБУ трансмиссии
- 2 - Рулевая рейка
- 3 - Блок кнопок управления
- 4 - Селектор управления
- 5 - Бортовой компьютер
- 6 - Шлюз
- 7 - ЭБУ двигателя

Рисунок 2. – Пример подсети CAN

Для управления различными группами ответственных агрегатов разрабатывают их собственные подсети, которые соединяют через шлюзы с другими сетями или объектами управления. Например, такой подсетью может быть система управления автоматизированной коробкой передач трактора, представленная на рис.2.

Данная подсеть состоит из следующих узлов:

- электронный блок управления (ЭБУ) трансмиссии, управляющий работой коробки передач;
- ЭБУ двигателя;
- рулевая рейка;
- блок кнопок управления, для включения режимов коробки передач;
- селектор выбора передач;
- бортовой компьютер для отображения состояния трансмиссии;
- шлюз соединения с внешней сетью.

Рассмотрим передачу данных по CAN. На рисунке 3 представлены форматы кадров передаваемых сообщений в сетях CAN стандарта 2.0В (CAN2.0В).

### Стандартный кадр



### Расширенный Кадр



Рисунок 3. – Кадр сообщения CAN интерфейса

В то время, когда по шине не передаются сообщения, она находится в режиме ожидания (Idle). Состояния на линиях передачи данных CAN-H/CAN-L принимают рецессивное значение (логическая «1»). Кадр включает следующие части:

SOF (Start Of Frame) — стартовый бит, принимающий доминантное значение (логический «0»), уведомляющий о начале передачи кадра;

Identifier(ID) - идентификатор сообщения, по которому остальные узлы в сети CAN распознают сообщение. По последней спецификации 2.0В, длина идентификатора может варьироваться в зависимости от выставленного бита IDE в пределе двух значений: 11 бит (стандартный размер) и 29 бит (расширенный размер);

SRR (Substitute Remote Request) – бит кадра с расширенным ID, принимающий рецессивное значение. В арбитраже между стандартным и расширенным кадром, рецессивное значение SRR гарантирует передачу стандартного кадра;

RTR (Remote Transmission Request) - бит запроса кадра. Используется, если узлу необходимы данные от другого узла в сети с ID, указанным в кадре. При использовании данного вида кадра узлом данные не передаются, DLC равен предполагаемой длине поля данных;

IDE (ID Extended) – бит, указывающий, какой формат ID кадра используется: расширенный «1» или стандартный «0»;

r0 - резервный бит, доминантный в стандартном кадре, рецессивный в расширенном;

r1 - резервный бит, рецессивный в расширенном кадре;

DLC (Data Length Code) - поле, указывающее на длину передаваемых данных, размерностью в 4 бита (0 до 8 Байт);

Data - поле передаваемых данных;

CRC (Cyclic Redundancy Check) - циклический избыточный код, контрольная сумма основных переданных данных, таких как ID, RTR, DLC, Data;

CRC DELL - бит-разделитель в рецессивном состоянии;

ACK - слот подтверждения кадра, в котором выставляется бит любым устройством, принявшим данный кадр;

ACK DELL - бит-разделитель в рецессивном состоянии;

EOF (End Of Frame) - конец кадра, семь последовательных рецессивных битов;

IFS (Interframe Space) - разделитель между кадрами.

Так как шина CAN является широковещательной, возникает вероятность одновременной передачи сообщений разными устройствами. Для решения этой проблемы разработчики CAN реализовали алгоритм арбитража — побитовой проверки передаваемых данных. Суть заключается в том, что приоритет отдаётся тому сообщению, в котором поле арбитража имеет наименьшее значение, что продемонстрировано на рисунке 4.

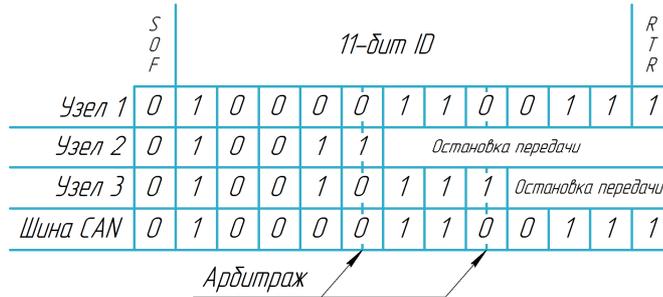


Рисунок 4. – Принцип арбитража сообщений CAN

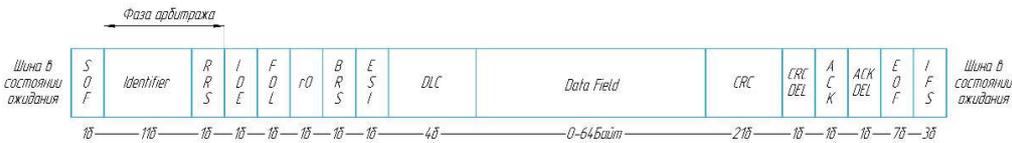
В сетях автотракторной электроники используются CAN в следующих скоростных вариациях:

- 1 125 кбит/с;
- 2 250 кбит/с;
- 3 500 кбит/с;
- 4 1 Мбит/с;

В связи с увеличивающимся из года в год количеством данных, передаваемых по интерфейсу CAN, и большой нагрузкой на сеть произошла итерация в жизни интерфейса, именуемая как CAN-FD [2] (Controller Area Network Flexible Data-Rate). Скорость передачи данных увеличилась до 5Мбит/с (максимальная скорость поддерживаемая большинством трансиверов), что позволило увеличить объёмы передаваемых сообщений в сети и снизить ее загруженность. В то же время интерфейс CAN-FD имеет обратную совместимость с классическим CAN. Это означает, что устройства с CAN-FD могут быть сконфигурированы для работы в сети CAN. Однако стоит отметить, что передача в одной сети сообщений форматов CAN-FD и CAN не поддерживается и может привести к неработоспособности сети.

Рассмотрим изменения в кадре CAN-FD.

### Стандартный кадр



### Расширенный Кадр

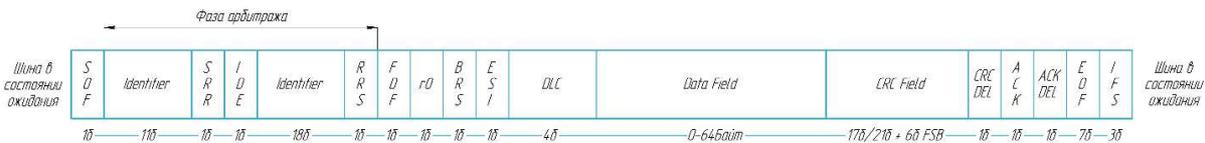


Рисунок 5. – Кадр сообщения CAN-FD интерфейса

Для оповещения сети, что следующим кадром передаются данные CAN-FD, используется резервный бит «г0» стандартного и расширенного кадров, который в кадре CAN-FD именуется как FDF (Flexible Data-Rate Frame) или EDL (Extended Data Length). В то же время в кадрах CAN-FD не предпола-

гается, что будут производиться запросы на получение данных, поэтому бит RTR не устанавливается и переименовывается в RRS (Remote Request Substitution). Устройства в сети способны передавать данные на двух скоростях, для уведомления, какая скорость будет использоваться при передаче конкретного кадра используется бит BRS (Bit Rate Switching). Далее следует бит ESI (Error state indicator), для уведомления сети о состоянии активной ошибки узла. На рисунке 5 представлен кадр CAN-FD.

Количество данных, передаваемых кадром в сети CAN-FD увеличилось до 64 Байт. В таблице 1 представлены изменения поля DLC при указании длины передаваемых данных.

Таблица 1. – Поле DLC

Бит BRS	Кол-во байт	Длина передаваемых данных (DLC)			
		DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
«0»	0-8	Согласно CAN2.0B			
«1»	12	«1»	«0»	«0»	«1»
«1»	16	«1»	«0»	«1»	«0»
«1»	20	«1»	«0»	«1»	«1»
«1»	24	«1»	«1»	«0»	«0»
«1»	32	«1»	«1»	«0»	«1»
«1»	48	«1»	«1»	«1»	«0»
«1»	64	«1»	«1»	«1»	«1»

В протокол CAN-FD были введены дополнительные меры безопасности для повышения надёжности связи. Достичь этого удалось посредством увеличения размера поля контрольной суммы CRC с 15 бит до 17-21 (в зависимости от размера передаваемых данных в кадре), использования фиксированных битов заполнения FSB (Fixed Stuff Bits) со значением, противоположным предыдущему биту, добавления 3-битного счётчика битов FSB в формате кода Грея и бита чётности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.can-cia.org/can-knowledge/classical-controller-area-network-can>
2. <https://www.can-cia.org/can-knowledge/can-fd-the-basic-idea>

УДК 62-503.51

## АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПЛАТЫ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Э. Д. ИГНАТОВИЧ

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

В статье рассматривается алгоритм работы печатной платы цифрового оптоволоконного усилителя. Цифровой оптоволоконный усилитель предназначен для приёма оптического сигнала, передаваемого по оптоволоконным линиям связи, преобразования в электродвижущую силу, усиления в виде электрической мощности, демодуляции, с последующим преобразованием в световую энергию.

**Ключевые слова:** Алгоритм, печатная плата, преобразование электродвижущей силы, линия связи, световая энергия.

**Введение.** Печатная плата цифрового оптоволоконного усилителя предназначена для корректного размещения всех необходимых компонентов электрической цепи, а также внешних её элементов, разъемов питания, входа /выхода информационного оптического кабеля, индикатора, отображающего работу всей системы прибора и кнопки включения / выключения, распределения питания для всего устройства, размещения на ней предохранителей для защиты от короткого замыкания.

**Выбор и обоснование структуры конструкции и разработка компоновочной схемы изделия.** Изделие выполняется в виде конструктивно и функционально законченного модуля, предназначенного для работы в составе комплекса радиомониторинга [1 – 3].

Конструктивно изделие выполняется в виде печатной платы, подключаемой с помощью разъемов к оптоволоконной линии связи. Закрепление платы осуществляется четырьмя винтами.

На рисунке 1 представлена структурная схема печатной платы цифрового оптоволоконного усилителя.

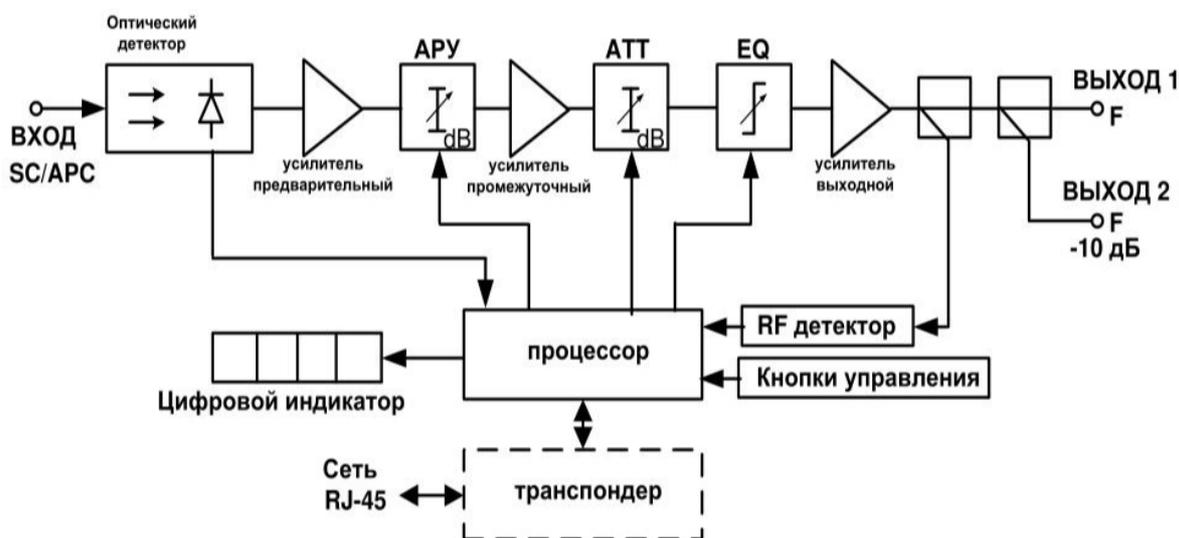


Рисунок 1. – Структурная схема разрабатываемого устройства

На рисунке 2 представлен алгоритм работы разрабатываемого устройства.

Описание блоков в структурной схеме:

Блок номер 1 - Вход оптического сигнала. Подаётся ослабленный информационный сигнал.

Блок номер 2 – Оптический детектор – Это фотодиод преобразующий световую энергию в ЭДС.

Блок номер 3 – Усилитель предварительный. Усиливает входную электрическую мощность.

Блок номер 4 – АРУ - автоматическая регулировка уровня передаваемого сигнала.

Блок номер 5 – Микроконтроллер, предназначен для управления ЭВМ.

Блок номер 6 – Цифровой индикатор, для отображения информации.

Блок номер 7 – Транспондер, приёмопередающее устройство, посылающее сигнал в ответ на принятый сигнал.

Блок номер 8 – Промежуточный усилитель.

Блок номер 9 – АТТ - аттенюатор - это электронное устройство, которое уменьшает амплитуду или мощность сигнала без существенного искажения его формы.

Блок номер 10 – EQ – регулировка наклона АЧХ.

Блок номер 11 – Выходной усилитель.

Блок номер 12 – RF декодер - это устройство, которое принимает RF сигнал от датчика, демодулирует его, извлекая информационный сигнал, и преобразует его в удобный для обработки формат (цифровой код, аналоговый сигнал).

Блок номер 13 - Кнопки управления.

Блок номер 14 – Выход оптического сигнала. Выходной восстановленный и усиленный сигнал.

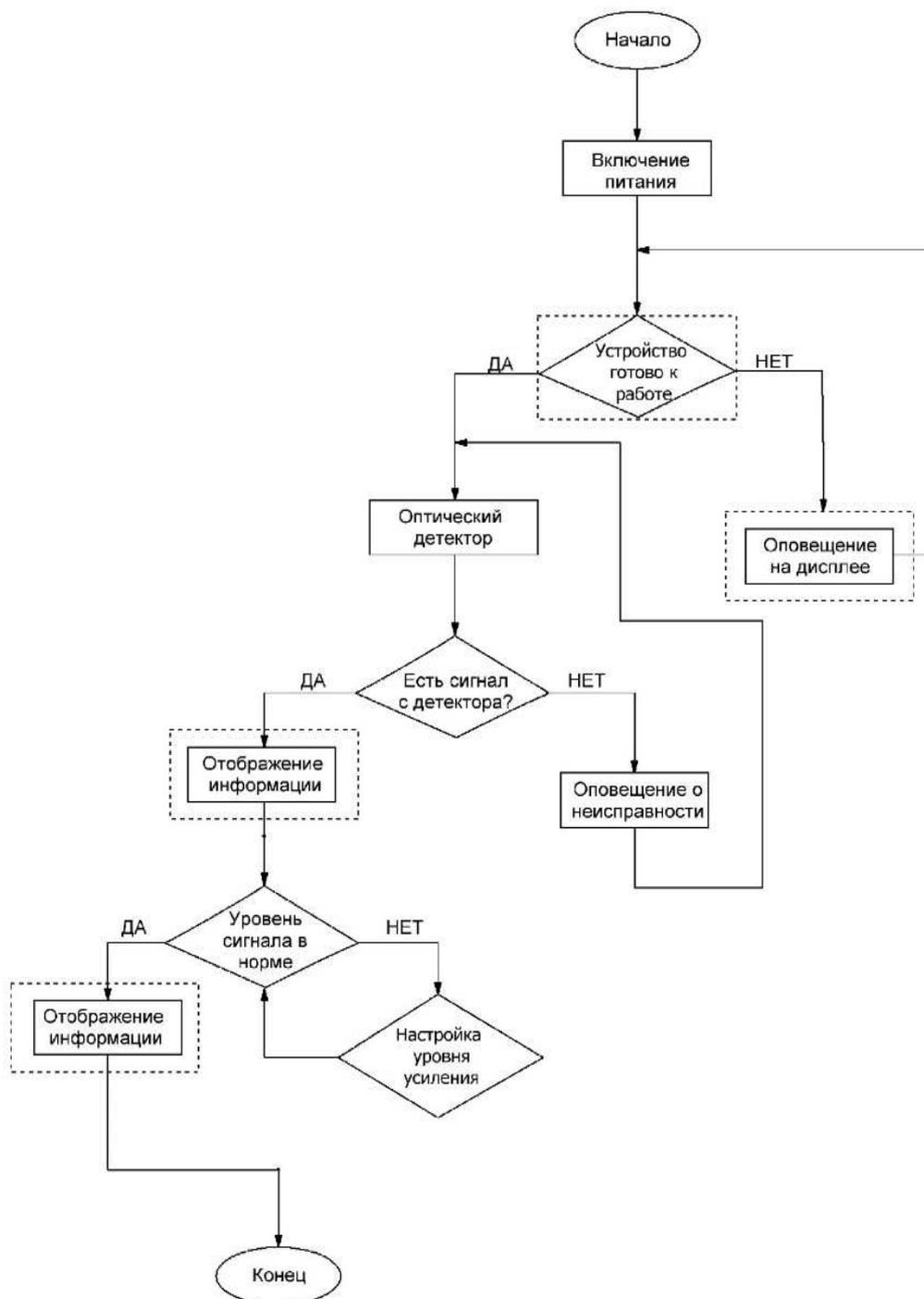


Рисунок 2. – Алгоритм работы разрабатываемого устройства

Описание работы алгоритма интерфейсной платы:

- Начало: при нажатии кнопки питания происходит включение устройства.
- Инициализация: Настройка портов ввода/вывода, опрос всех узлов схемы.
- Если есть неисправность, оповещение на экране соответствующего символа.
- Настройка завершена.
- Оптический детектор принял сигнал?
- Если оптический детектор не принял сигнал, оповещение на экране соответствующего символа.
- Оптический детектор принял сигнал.
- Уровень сигнала в нормерме?
- Если нет, то нужна настройка АЧХ
- Уровень сигнала в норме
- Выход восстановленного и усиленного сигнала.

**Заключение.** Спроектированная плата, 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. А. Л. Дмитриев. Оптические системы передачи информации /Учебное пособие. - СПб: СПбГУИ-ТМО, 2007. - 96 с.
2. Шарангович, С. Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Н. Шарангович. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 120 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206378> (дата обращения: 18.03.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Куц, Г.Г. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.Г. Куц, Ж.М. Соколова, Л.И. Шангина. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 413 с.// Университетская библиотека онлайн.- URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208585>.

УДК 004.891

## ТЕСТИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС «ВЫБОР БУДУЩЕЙ ПРОФЕССИИ»

*И. В. КАТУШЁНОК, Д. И. МАКЕЁНОК**(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)*

*В статье рассматривается процесс разработки приложения для прохождения тестов по профориентации, созданного с использованием технологии Windows Presentation Foundation. Цель приложения – предоставление детям и подросткам удобного и интуитивно понятного инструмента для выявления их профессиональных предпочтений и способностей. В статье рассматриваются основные этапы проектирования и реализации приложения, включая архитектуру, выбор технологий и пользовательский интерфейс.*

**Введение.** Профориентационное тестирование – это важный инструмент для определения профессиональных качеств, способностей и интересов человека. С его помощью можно выявить наиболее подходящие сферы деятельности, соответствующие личным качествам и предпочтениям. Профориентация помогает выбрать правильное направление для учебы или карьеры. В процессе тестирования используются различные методы и тесты, которые оценивают навыки, интересы и ценности. Это даёт более полное представление о том, какие профессии могут быть наиболее успешными и удовлетворяющими для конкретного человека.

Тестирующий комплекс предназначен для того, чтобы помочь людям определить свои профессиональные склонности и интересы. Он включает в себя ряд тестов и методик, которые позволяют выявить сильные и слабые стороны, а также наиболее подходящие сферы деятельности для каждого участника. Также важно отметить, что данная система относится к области искусственного интеллекта, потому как она принимает решение основываясь на ответах пользователей.

**Программная часть.** Начать следует с выбора инструментов разработки, а именно среды разработки и языка программирования. Одной из самых популярных сред разработки приложений под Windows является Visual Studio. Visual Studio является крайне ресурсозатратной средой разработки, что может отражаться в долгих загрузках проектов и требованием большого количества оперативной памяти. Главными плюсами Visual Studio являются: доступность всех необходимых инструментов разработки, возможность установки недостающих компонентов, что позволяет легко и доступно вести разработку различных проектов.

Если говорить о выборе языка программирования, то отличным выбором является C#. C# – это современный объектно-ориентированный язык программирования. C# прекрасно работает с различными технологиями Microsoft для разработки приложений с пользовательским интерфейсом, такими как WPF, WinForms и UWP, что позволяет разрабатывать приложения для разнообразных целей и устройств. C# активно поддерживается компанией Microsoft и имеет огромное сообщество разработчиков.

Технологией разработки приложения является уже упомянутая Windows Presentation Foundation (WPF). WPF имеет множества различных достоинств для разработки приложений с графическим интерфейсом.

WPF позволяет разрабатывать приложения, используя как разметку, так и код программной части, что привычно для разработчиков на ASP.NET. Разметка XAML обычно используется для определения внешнего вида приложения, а управляемые языки программирования – для реализации его поведения [1].

Основными причинами использования WPF для разработки приложений под Windows являются:

– WPF предоставляет широкий набор элементов управления, что упрощает разработку сложных пользовательских интерфейсов.

– возможность легко изменять внешний вид приложения через стили и шаблоны, делая его адаптируемым к различным визуальным требованиям и предпочтениям пользователей.

– WPF является проверенной временем и хорошо зарекомендовавшей себя технологией, поддерживаемой Microsoft. Это обеспечивает её стабильность и долговечность, а также большую информационную базу.

После выбора технологий разработки, стоит уделить внимание архитектурному решению проекта. В современном программировании архитектуры и паттерны играют очень важную роль в разработке. Они позволяют структурировать проект, сделать его более понятным для разработчиков и ввести некий шаблон, на основе которого будет строиться проект. Также архитектуры представляют собой решение определённых проблем с масштабируемостью и поддерживаемостью проекта. Самой распространённой архитектурой технологии WPF является Model-View-ViewModel (MVVM).

MVVM (Model-View-ViewModel) – это архитектурный шаблон, используемый в разработке программного обеспечения для разделения пользовательского интерфейса от бизнес-логики и данных [2].

MVVM предполагает наличие трех компонентов для каждого элемента приложения. Первым компонентом является модель (Model), она представляет данные компонента и также может содержать его логику. Вторым компонентом является представление (View). Представление – это графическая реализация элемента, то что он должен показывать и то как с ним нужно взаимодействовать. Последним компонентом является модель представления (ViewModel). Основное назначение модели представления связать данные из модели с представлением. Пример архитектуры приложения представлен на рисунке 1.1.

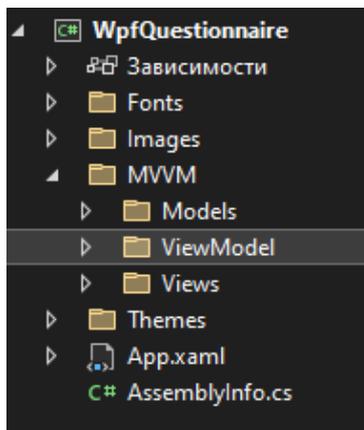


Рисунок 1.1. – Архитектура приложения

Теперь, когда были выбраны технология и архитектура можно приступить к более конкретной реализации. Для начала стоит выделить основные классы тестов – это вопрос и результат теста. Поскольку система результатов для двух тестов разная, классы ответов для них будут отличаться. Примеры классов теста и результатов показаны в листингах 1.1, 1.2 и 1.3.

Листинг 1.1. – класс Question

```
public class Question
{
 private Dictionary<string, int> _scoreDictionary = new Dictionary<string, int>();
 public string QuestionString { get; set; }
 public string BackgroundSource { get; set; }
 public List<string> Answers { get; set; } = new List<string>();
 public List<int> AnswersScore { get; set; } = new List<int>();
 public void InitializeScoreDictionary()
 {
 for (int i = 0; i < Answers.Count; i++)
 {
 _scoreDictionary.Add(Answers[i], AnswersScore[i]);
 }
 }

 public int GetAnswersScore(string answer)
 {
 return _scoreDictionary[answer];
 }
}
```

Листинг 1.2. – класс ChildResult

```
public class ChildResult {
 public string ResultMessage { get; set; }
 public string Header { get; set; }
 public string BackgroundSource { get; set; }
 public int Index { get; set; }
}
```

Листинг 1.3. – класс TeenResult

```
public class TeenResult {
 public string ResultMessage { get; set; }
 public string Header { get; set; }
 public string BackgroundSource { get; set; }
 public int MinScore { get; set; }
 public int MaxScore { get; set; }
}
```

Информацию о вопросах и ответах будут храниться в формате json в директории приложения. Для хранения данных обычно используются базы данных, но учитывая фиксированное и небольшое количество используемых данных, в базе данных нет необходимости. Для взаимодействия с объектами из директории приложения, также реализован класс для загрузки вопросов и ответов.

После реализации классов моделей и класса для загрузки файлов из директории, стоит рассмотреть представления. С точки зрения представлений вопросы представляют из себя текст в виде вопроса, реализованный элементом TextBlock и несколько элементов RadioButton необходимых для выбора ответа. В представлении результата нужен только элемент TextBlock описывающий результат пройденного теста.

Осталось только объединить представления с моделями с помощью классов моделей представлений. Также классы моделей представлений содержат в себе логику для подсчёта результатов и выбора результата на основе количества набранных баллов.

Завершающим этапом разработки является разработка стилей. Стили помогают создать согласованность во всем приложении. Позволяют пользователям чувствовать себя комфортно, ведь им интуитивно понятно, где найти нужную информацию.

**Заключение.** В заключении можно сказать, что выбор WPF обеспечил гибкость и богатый набор элементов управления, способствующий созданию современного интерфейса, а применение MVVM позволило четко разделить бизнес-логику и логику интерфейса, улучшив модульность и тестируемость приложения. Достигнутые результаты подтверждают, что данная комбинация технологий является надежным выбором для реализации сложных приложений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Learn Microsoft. Руководство по классическим приложениям (WPF .NET). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/wpf/overview/?view=netdesktop-8.0> - Дата доступа: 11.10.2024.
2. AppTractor. Что такое MVVM архитектура. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://apptractor.ru/info/articles/chto-takoe-mvvm-arhitektura.html> - Дата доступа: 13.10.2024.
3. Cyberleninka. О разработке автоматизированной системы выбора направления будущей профессиональной деятельности. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-razrabotke-avtomatizirovannoy-sistemy-vybora-napravleniya-buduschey-professionalnoy-deyatelnosti/viewer> - Дата доступа: 14.10.2024

УДК 004.932.75'1

## ВЫБОР МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА ПО ФОТО

В. М. КЛИМЕНТЬЕВ, К. Д. АВРУСЕВИЧ

(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)

В статье рассматриваются проблемы распознавания рукописного текста, рассматриваются основные типы нейронных сетей, такие как сверточные (CNN) и рекуррентные (RNN). Оцениваются ключевые параметры, влияющие на выбор модели: точность распознавания, скорость обработки, объем данных для обучения и способность к обобщению.

**Ключевые слова:** распознавание рукописного текста, нейронные сети, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, машинное обучение.

**Введение.** Распознавание рукописного текста является актуальной задачей во многих сферах, включая обработку документов, оцифровку архивов, создание систем ввода текста от руки и т.д. Традиционные методы распознавания рукописного текста часто сталкиваются с трудностями из-за вариативности почерка, наличия шумов и других факторов. Нейронные сети, благодаря своей способности обучаться на больших объемах данных, демонстрируют существенно более высокую точность распознавания по сравнению с традиционными методами.

**Основная часть.** Есть множество задач, связанных с распознаванием рукописного текста. Они включают различия в языковых символах и формулах, используемых в редактировании. Проблема заключается в том, что многие люди испытывают трудности в прочтении даже собственного почерка.

Во-первых, символы могут быть написаны по-разному, и редко встретишь двух людей с одинаковым почерком. Это похоже на различие шрифтов в традиционном распознавании текста, но, в отличие от шрифтов, каждая буква может иметь свой стиль в зависимости от контекста.

Для решения этой проблемы современные системы используют самообучающиеся модули, которые обучаются различным почеркам и применяют эти данные для принятия решений.

Во-вторых, некоторые символы могут выглядеть одинаково или неаккуратно, что затрудняет распознавание. Это обычно решается с помощью словарей, которые помогают избежать ошибок.

Более универсальным подходом является использование нейросетей, которые имитируют работу биологических нейронных сетей. Нейронные сети появились в рамках искусственного интеллекта с целью воспроизведения способности нервных систем обучаться и исправлять ошибки. Они находят применение в различных областях, от распознавания речи до биоинформатики и автоматизации распознавания образов.

Самой популярной и широко исследуемой и применяемой нейронной сетью является сверточные нейронные сети – Convolutional Neural Network (CNN). CNN используют серию фильтров с необработанными пиксельными данными изображения для извлечения и изучения функций более высокого уровня, модель которой затем может использоваться для классификации.

CNN состоит из сверточных слоев, объединенных слоев и плотных (полностью связанных) слоев (рис. 1) [1].

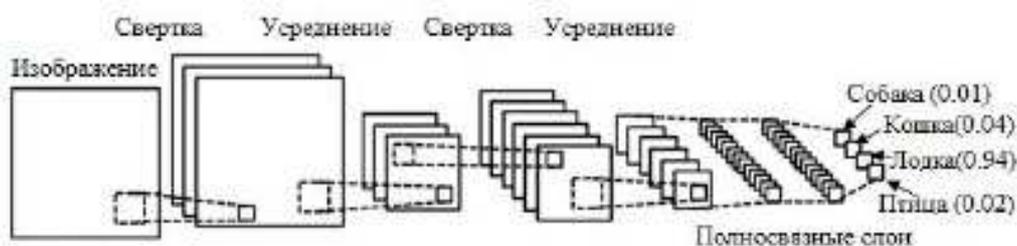


Рисунок 1. – Схематическое изображение сверточной нейронной сети

Ещё одним популярным методом можно назвать рекуррентные нейронные сети. Рекуррентные нейронные сети (recurrent neural networks, RNN) – это сети типа сетей прямого распространения, но с особенностью: нейроны получают информацию не только от предыдущего слоя, но и от самих себя предыдущего прохода (рис. 2). Это означает, что порядок, в котором вы подаёте данные и обучаете сеть, становится важным. Сети данного типа используются для автоматического дополнения информации [2].

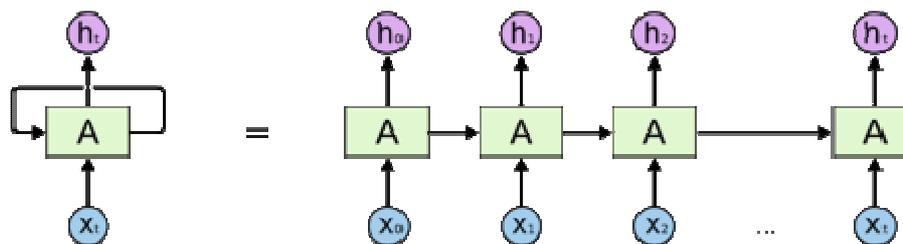


Рисунок 2. – Схематическое изображение рекуррентной нейронной сети

При выборе модели нейронной сети важным аспектом является точность распознавания. Это означает, что модель должна быть способна правильно идентифицировать текст на изображениях. Высокая точность критична, особенно в приложениях, где ошибки могут привести к серьезным последствиям, поэтому важно использовать метрики, такие как F1-мера, для объективной оценки производительности модели.

Не менее важным критерием является скорость обработки. В реальных приложениях, таких как мобильные устройства или системы автоматизации, пользователи ожидают быстрого и эффективного распознавания текста. Модели с высокой вычислительной сложностью могут замедлить процесс, что делает их менее подходящими для практического применения.

Объем данных для обучения также играет значительную роль. Разные архитектуры нейронных сетей требуют различного количества данных для достижения оптимальных результатов. Сложные модели, как правило, требуют больших наборов данных, что может быть проблемой, если доступные данные ограничены. В таких случаях предпочтительно использовать более простые модели или методы увеличения данных.

Простота интеграции и поддержки также важны. Некоторые модели могут быть сложными для внедрения и требовать значительных вычислительных ресурсов. Поэтому стоит выбирать модели с хорошей документацией и активным сообществом, что упростит процесс разработки и обучения.

Способность к обобщению также является критическим фактором. Модель должна демонстрировать хорошие результаты на новых, невидимых данных, чтобы обеспечить надежное распознавание текста в реальных условиях. Использование методов регуляризации и кросс-валидации может значительно повысить обобщающие способности модели.

**Заключение.** В заключение, выбор модели нейронной сети для системы распознавания рукописного текста по фото – это многофакторный процесс, который требует тщательного анализа различных критериев. Точность распознавания, скорость обработки, объем данных для обучения, способность к обобщению и энергоэффективность – все эти аспекты играют ключевую роль в выборе оптимальной модели. Современные сверточные нейронные сети показывают многообещающие результаты, демонстрируя высокую точность и универсальность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Krizhevsky A, Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // *Advances in neural information processing systems*, 2012. – PP. 1097–1105.
2. Elman J.L. Finding Structure in Time // *Cognitive Science*, 2004. – PP. 179–211.

УДК 004.588

**ПРИМЕНЕНИЕ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА ПО ФОТО****В. М. КЛИМЕНТЬЕВ, К. Д. АВРУСЕВИЧ***(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)*

*В данной статье рассматриваются варианты применения нейронных сетей для распознавания рукописного текста, их преимущества и недостатки.*

**Ключевые слова:** *распознавание рукописного текста, компьютерное зрение, нейронные сети, машинное обучение.*

**Введение.** Распознавание рукописного текста является важной задачей в различных областях, таких как обработка документов, оцифровка архивов и создание систем ввода текста от руки. Современные технологии, основанные на нейронных сетях, значительно улучшили точность и эффективность распознавания по сравнению с традиционными методами, которые часто не справляются с вариативностью почерка.

**Основная часть.** Одним из ключевых преимуществ использования нейронных сетей для распознавания рукописного текста является их способность обучаться на больших объемах разнообразных данных. Это позволяет им эффективно справляться с вариативностью почерков, наличием шумов и других факторов, которые традиционные методы не могут успешно преодолеть.

Системы на основе нейронных сетей могут найти широкое применение в различных областях:

– Оцифровка архивов: Автоматизированное преобразование исторических документов, рукописей и других архивных материалов в цифровой формат, значительно ускоряя доступ к информации и обеспечивая ее сохранность.

– Обработка документов: Автоматизация обработки почтовой корреспонденции, медицинских записей, юридических документов и других форм бумажной документации, снижая трудозатраты и повышая эффективность работы.

– Системы ввода текста: Создание удобных и интуитивно понятных интерфейсов для ввода текста от руки на мобильных устройствах, планшетах и других устройствах, расширяя возможности пользователей с ограниченными физическими возможностями.

– Образование: Автоматическая проверка письменных работ, тестов и контрольных, освобождая преподавателей от рутинной работы и позволяя им сосредоточиться на индивидуальной работе со студентами.

– Банковская сфера: Автоматизация обработки чеков, платежных поручений и других документов, повышая скорость и точность обработки финансовых операций.

Кроме того, такие системы могут найти применение в различных других областях, где необходимо обрабатывать и преобразовывать рукописную информацию, например, транспортной логистике, страховании и других сферах.

Основными преимуществами использования нейронных сетей для распознавания рукописного текста являются:

– Высокая точность: Современные нейронные сети, особенно CNN, демонстрируют значительно более высокую точность распознавания рукописного текста по сравнению с традиционными методами, особенно при обработке больших объемов данных[1].

– Автоматизация: Автоматизация процесса распознавания значительно снижает трудозатраты и время обработки информации.

– Масштабируемость: Обученные модели легко масштабируются для обработки больших объемов данных, что делает их идеальным решением для задач с высокой пропускной способностью.

– Универсальность: Возможность адаптации моделей к различным языкам, стилям почерка и типам документов.

– Улучшение доступности: Системы распознавания рукописного текста расширяют доступ к информации для людей с ограниченными физическими возможностями.

Однако, существуют и некоторые недостатки и ограничения:

– Требовательность к данным: Для достижения высокой точности модели требуют больших объемов тренировочных данных, что может быть проблематично для некоторых языков или стилей почерка. Недостаток данных может привести к переобучению или недообучению модели.

- Вычислительная сложность: Обучение и использование сложных нейронных сетей требуют значительных вычислительных ресурсов, что может ограничивать их применение на устройствах с ограниченными возможностями.

- Чувствительность к шуму: Качество распознавания может снижаться при наличии шума на изображении (например, засветки, пятна).

- Проблемы с нестандартными символами: Распознавание нестандартных символов, формул или рисунков может быть затруднено.

- Стоимость разработки и внедрения: Разработка и внедрение системы распознавания рукописного текста требует определенных финансовых затрат, связанных с обучением модели, разработкой программного обеспечения и приобретением вычислительных ресурсов.

При выборе оптимальной модели нейронной сети для системы распознавания рукописного текста необходимо учитывать ряд важных факторов:

- Точность распознавания
- Скорость обработки
- Объем данных для обучения
- Способность к обобщению
- Простота интеграции и поддержки

Среди популярных архитектур нейронных сетей, применимых для данной задачи, можно выделить свёрточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN)[2]. Каждая из этих моделей имеет свои сильные стороны и может быть выбрана в зависимости от конкретных требований и ограничений проекта.

**Заключение.** Системы распознавания рукописного текста на основе нейронных сетей представляют собой перспективное направление, предлагающее значительные преимущества по сравнению с традиционными методами. Такие системы могут найти широкое применение в различных областях, связанных с обработкой рукописной информации. При выборе оптимальной модели нейронной сети необходимо тщательно проанализировать ключевые факторы, такие как точность, скорость, объем данных и способность к обобщению, чтобы обеспечить эффективное и надежное распознавание рукописного текста.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Krizhevsky A, Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // *Advances in neural information processing systems*, 2012. – PP. 1097–1105.
2. Elman J.L. Finding Structure in Time // *Cognitive Science*, 2004. – PP. 179–211.

УДК 004.588

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ  
В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА**

**В. М. КЛИМЕНТЬЕВ, К. Д. АВРУСЕВИЧ**  
(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)

*В статье рассматриваются текущее состояние обучения и аттестации в нефтеперерабатывающей промышленности, преимущества использования технологии AR и проблемы, связанные с ее внедрением.*

**Ключевые слова:** нефтеперерабатывающая отрасль, безопасность, здоровье, дополненная реальность, обучение, аттестация.

**Введение.** Работа на нефтеперерабатывающих предприятиях сопряжена с высокими рисками, поскольку сотрудники сталкиваются с опасностями, такими как химические вещества, механизмы и пожары. Обеспечение безопасности и здоровья операционного персонала является ключевой задачей для руководства нефтеперерабатывающего завода. Традиционные методы обучения, включая теоретические занятия и практические тренировки, эффективно передают знания и навыки работникам. Однако новые технологии, в частности дополненная реальность (AR), открывают возможности для совершенствования системы подготовки и аттестации персонала в области охраны труда и промышленной безопасности на нефтеперерабатывающем заводе.

**Основная часть.** Нефтеперерабатывающая промышленность имеет хорошо налаженную систему обучения и аттестации оперативного персонала. Обучающие программы разработаны для передачи знаний и навыков, связанных с рабочими задачами, процедурами безопасности и реагированием в чрезвычайных ситуациях. Система аттестации гарантирует, что работники обладают необходимыми знаниями и навыками для безопасного и эффективного выполнения своих задач.

Традиционные методы обучения, такие как лекции в аудитории и практическое обучение на рабочем месте, эффективно передают знания и навыки работникам. Однако у этих методов есть некоторые ограничения. Например, лекции в аудитории могут не быть интересными для работников, а практическое обучение на рабочем месте может не предоставлять работникам реалистичных сценариев, моделирующих опасные ситуации[1].

Технология дополненной реальности может значительно улучшить систему обучения и аттестации. AR позволяет интегрировать виртуальную информацию в реальный мир, что предоставляет работникам уникальные возможности для обучения. Преимущества использования AR включают:

1. Обучение и подготовка персонала. AR позволяет создавать симуляции, которые помогают работникам освоить безопасные методы работы с оборудованием и химическими веществами.

2. Инструкции по безопасности. С помощью AR работники могут получать пошаговые инструкции по выполнению задач и действиям в экстренных ситуациях, что снижает вероятность ошибок.

3. Мониторинг состояния оборудования. AR может использоваться для наладки и обслуживания оборудования, позволяя видеть данные о состоянии в реальном времени и предупреждая о возможных неисправностях.

4. Поддержка в ремонте: AR может направлять сотрудников через процесс ремонта или обслуживания оборудования, снижая вероятность ошибок.

5. Удаленный доступ к экспертам: Специалисты могут использовать AR для удаленной помощи, что экономит время и ресурсы.

Несмотря на многочисленные преимущества, дополненная реальность также имеет свои недостатки. Рассмотрим некоторые из них:

1. Недостаток инфраструктуры. Для использования дополненной реальности необходимы специальные устройства, такие как смартфоны или планшеты, а также программное обеспечение.

2. Требуется обучение. Для эффективного использования дополненной реальности необходимо обучение, что может занять время и требовать дополнительных ресурсов. Кроме того, не все могут быть готовы к использованию новых технологий в своей работе.

3. Ограниченная длительность аккумулятора устройств. Использование дополненной реальности может сильно сократить время работы аккумуляторов устройств, что может привести к необходимости частого зарядки оборудования.

4. Риск отвлечения и не концентрации. Дополненная реальность может быть слишком привлекательной и отвлекающей, что может отвлекать от выполнения задач[2].

Для успешного внедрения программ обучения с использованием дополненной реальности в нефтеперерабатывающей отрасли следует учесть следующие рекомендации:

1. Определение потребностей. Необходимо провести анализ, чтобы выявить те области, где AR может оказать наибольшую пользу, что поможет установить приоритеты и цели обучения.

2. Создание интерактивного контента. Разработка элементов, позволяющих работникам взаимодействовать с информацией в реальном времени, повысит их вовлеченность и понимание материала.

3. Интеграция реальных данных. Использование фактических данных и сценариев из рабочей среды поможет работникам лучше подготовиться к реальным условиям, что повысит их уверенность и профессиональные навыки.

4. Обратная связь и оценка. Важно внедрить механизмы обратной связи в AR-приложениях, которые позволят работникам анализировать свои действия и совершенствовать свои навыки в процессе обучения.

**Заключение.** Использование технологии дополненной реальности в обучении и аттестации может стать важным шагом вперед в повышении безопасности и эффективности работы в нефтеперерабатывающей отрасли. Это инновационное решение поможет работникам развивать необходимые навыки, уверенность и понимание рисков, что в свою очередь может привести к снижению числа несчастных случаев и аварий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков М.Н., Крылова О.В. Охрана труда на предприятиях нефтегазовой отрасли – М.: Юрайт, 2014.
2. Мамаджанова С. В. ВЛИЯНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ //Eurasian Journal of Academic Research. – 2022. – Т. 2. – №. 3.

УДК 004.588

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ

**В. М. КЛИМЕНТЬЕВ, К. Д. АВРУСЕВИЧ**

*(Представлено: А. А. СКУКОВСКАЯ)*

*В статье анализируется потенциал виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей для повышения безопасности труда персонала, проводится сравнение эффективности VR и AR в обучении, предоставлении инструкций по технике безопасности и мониторинге работы, выявляя преимущества и недостатки каждой технологии.*

**Ключевые слова:** виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), безопасность труда, нефтеперерабатывающие заводы, обучение персонала, моделирование, инструкции по безопасности, мониторинг, риск, техника безопасности.

**Введение.** Работа на нефтеперерабатывающих заводах сопряжена с высоким уровнем риска. Сотрудники сталкиваются с опасностями, связанными с химическими веществами, механизмами и возможностью возникновения пожаров. Поэтому обеспечение безопасности и здоровья операционного персонала является важнейшей задачей. Традиционные методы обучения имеют свои ограничения, и современные технологии, такие как виртуальная (VR) и дополненная реальность (AR), открывают новые горизонты для повышения безопасности труда, предлагают инновационные подходы к обучению и тренировке персонала, снижая риски на производстве. Однако, эти технологии имеют свои особенности и преимущества в контексте обеспечения безопасности на нефтеперерабатывающих заводах. В данной статье мы проведем сравнительный анализ применения VR и AR в контексте повышения безопасности на нефтеперерабатывающих заводах.

**Основная часть.** Сравнение будет происходить по критериям обучения и подготовки персонала, инструкции безопасности, мониторинг и поддержка, преимущества и недостатки.

В плане подготовки и обучения персонала:

Виртуальная реальность (VR) позволяет создать полностью иммерсивные симуляции, которые могут моделировать опасные ситуации, что дает работникам возможность безопасно практиковаться в условиях, приближенных к реальности. Работники могут обучаться реагированию на чрезвычайные ситуации, действуя в виртуальной среде, что позволяет уменьшить страх и повысить уверенность в реальных ситуациях[1].

Дополненная реальность (AR), в свою очередь, накладывает виртуальные элементы на реальный мир, обеспечивая работников пошаговыми инструкциями и визуальными подсказками непосредственно во время работы. Это позволяет работникам видеть, как выполнять задачи в реальном времени, что повышает их безопасность и снижает вероятность ошибок.

В критерии инструкции по безопасности:

В VR можно создавать сложные сценарии для обучения, которые включают различные аспекты безопасности, от работы с химическими веществами до действия в экстренных ситуациях. Такие тренировки могут быть интерактивными и адаптивными, что позволяет работникам повторять обучение до тех пор, пока они не станут уверенными в своих действиях[2].

AR, с другой стороны, предоставляет работникам возможность получать инструкции непосредственно на месте выполнения работы. Например, работник может видеть информацию о безопасных методах работы с оборудованием, что уменьшает вероятность нарушений техники безопасности.

Рассматривая мониторинг и поддержку:

Виртуальная реальность позволяет проводить мониторинг и анализ поведения работников в симуляциях, предоставляя тренерам возможность оценивать их действия и давать обратную связь. Это может быть особенно полезно для выявления слабых мест в знаниях и навыках.

Дополненная реальность может использоваться для реального мониторинга состояния оборудования. Работники могут получать информацию о текущем состоянии машин и систем, что позволяет предотвратить аварии и неисправности.

В завершении оценка преимуществ и недостатков каждой технологии:

VR преимущества:

1. Полная иммерсия в обучении.
2. Возможность моделирования опасных ситуаций.
3. Высокий уровень вовлеченности.

VR недостатки:

1. Высокие затраты на оборудование и разработку контента.
2. Необходимость в большом пространстве для тренировки.
3. Возможная утомляемость при длительном использовании.

AR преимущества:

1. Интеграция с реальным рабочим процессом.
2. Мгновенная доступность информации.
3. Поддержка в реальном времени.

AR недостатки:

1. Зависимость от качества оборудования.
2. Необходимость обучения для эффективного использования.
3. Ограниченная поддержка в сложных сценариях.

**Заключение.** Использование VR и AR в обучении и аттестации может значительно повысить безопасность труда на нефтеперерабатывающих заводах. Виртуальная реальность обеспечивает глубокую иммерсию и возможность тренировки в безопасной среде, в то время как дополненная реальность предлагает практические и мгновенные решения для реальных рабочих условий. То есть VR лучше подходит для обучения сложным процедурам и отработки действий в экстремальных ситуациях, обеспечивая высокую степень реалистичности и безопасности. AR более эффективна для обучения работе с реальным оборудованием и предоставления пошаговых инструкций на рабочем месте, будучи более доступной и экономичной. Оптимальным решением может быть комбинированное использование VR и AR, сочетающее преимущества обеих технологий для достижения максимальной эффективности в обучении и повышении безопасности труда на нефтеперерабатывающих заводах. Например, начальное обучение может проходить в VR-среде, а затем закрепляться в реальных условиях с использованием AR-инструкций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков М.Н., Крылова О.В. Охрана труда на предприятиях нефтегазовой отрасли – М.: Юрайт, 2014
2. Мамаджанова С. В. ВЛИЯНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ //Eurasian Journal of Academic Research. – 2022. – Т. 2. – №. 3.

УДК 004.725

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ****М. В. КОВАЛЕВСКАЯ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. А. ДОВГЯЛО)*

*В статье проанализировано построение сети беспроводного доступа, рассмотрены основные стандарты IEEE 802.11. Разработаны схема организации и планирования точек доступа стандарта IEEE 802.11ac. Создан проект плана здания, в котором требуется провести размещение точек доступа беспроводной сети.*

**Введение.** В настоящее время беспроводные сети используются практически во всех сферах человеческой деятельности. Такое повсеместное использование беспроводных сетей связано с тем, что ими можно пользоваться не только на персональных компьютерах, но и на мобильных устройствах, а также их удобством, связанным с отсутствием кабельных линий и сравнительно небольшой стоимостью. Кроме того, имеется возможность при дальнейшем росте числа абонентов, из числа персонала компании, производить оперативное масштабирование. Во многих организациях стремительно растет потребность в беспроводных сетях и услугах, которые можно организовать с помощью такой сети.

На сегодняшний день существует множество беспроводных технологий, наиболее часто узнаваемых пользователями по их маркетинговым названиям, таким как Wi-Fi, Bluetooth, WiMAX.

**Анализ построения сетей беспроводного доступа.** В рамках модели взаимодействия открытых систем (ВОС, или ISO/OSI), стандарт и его дополнения регламентируют работу на двух нижних уровнях модели – физическом и канальном уровне с подуровнями управления доступом к среде MAC (Media Access Control) и логической передачи данных LLC (Logical Link Control). Как и у всех технологий семейства 802, технология 802.11 определяется двумя нижними уровнями, т. е. физическим уровнем и подуровнем MAC, а подуровень LLC выполняет стандартные для всех технологий локальных сетей функции [1]. На физическом уровне существует несколько вариантов спецификаций, отличающихся используемым частотным диапазоном, методом кодирования и, как следствие, — скоростью передачи данных. Все варианты спецификаций физического уровня работают с одним и тем же алгоритмом доступа к среде передачи, определенном на MAC-подуровне, но некоторые временные параметры MAC-подуровня зависят от используемого физического уровня.

Стек протоколов стандарта IEEE 802.11 соответствует общей структуре стандартов комитета 802, т. е. состоит из физического уровня и канального уровня с подуровнями управления доступом к среде MAC (Media Access Control) и логической передачи данных LLC (Logical Link Control). Как и у всех технологий семейства 802, технология 802.11 определяется двумя нижними уровнями, т. е. физическим уровнем и подуровнем MAC, а подуровень LLC выполняет стандартные для всех технологий локальных сетей функции [2]. На физическом уровне существует несколько вариантов спецификаций, отличающихся используемым частотным диапазоном, методом кодирования и, как следствие, — скоростью передачи данных. Все варианты спецификаций физического уровня работают с одним и тем же алгоритмом доступа к среде передачи, определенном на MAC-подуровне, но некоторые временные параметры MAC-подуровня зависят от используемого физического уровня [3].

На физическом уровне существует несколько вариантов спецификаций, которые отличаются используемым частотным диапазоном, методом кодирования и как следствие скоростью передачи данных. Все варианты физического уровня работают с одним алгоритмом уровня MAC, но некоторые временные параметры уровня MAC зависят от используемого физического уровня. Стандарт 802.11 предусматривает два основных способа (режима) организации сети: по принципу „равный с равным“ (ad-hoc-сеть, одноранговый режим) и в виде структурированной сети (режим инфраструктуры). В первом случае связь устанавливается непосредственно между двумя станциями, и никакого администрирования сети не предусмотрено. В случае построения структурированной сети в их составе появляется дополнительное устройство – точка доступа AP (Access Point), как правило, стационарная и действующая на фиксированном канале. Радиус действия точки доступа теоретически может составлять до 300 метров, хотя обычно дело ограничивается 50 – 100 метрами (последнее кроме внешних условий распространения сигнала и типа антенны зависит ещё и от разновидности стандарта, на основе которого строится сеть).

В сети 802.11 может быть несколько точек доступа, объединённых проводной сетью Ethernet. Фактически такая сеть представляет набор базовых станций с перекрывающимися зонами охвата. Точки доступа AP могут быть доступны к Интернету также через беспроводную сеть WiMAX [2]. Без базовой станции (т. е. без точки доступа)/ Такие сети называют беспроводными самоорганизующимися сетями

Ad Hoc. WMN стандарт 802.11s называют также IBSS (Independent BasisService Set). Термин Ad Hoc — for this purpose (целевые).

Терминалы, которые не находятся в радиусе действия передатчиков, осуществляют передачу через последовательность промежуточных маршрутизаторов. Беспроводная сеть, которую планируется реализовать, будет основана на стандарте IEEE 802.11ac. Сеть будет управляться сервером с помощью коммутатора. Планируется установить три точки доступа на этаже по всей площади офисного здания.

Для разработки схемы организации сети необходимо учитывать особенности распространения радиосигнала внутри помещения, где кроме стен из различных конструкционных материалов, существует большое количество объектов, которые будут препятствовать прохождению сигналов. Кроме того на распространение сигнала оказывает влияние явление дифракции, возникающее когда путь распространения сигнала между передатчиком и приемником затруднен поверхностью с резкими неровностями (краями). Что при организации рабочих мест с использованием оборудования работающего в диапазоне 5 ГГц, что при работе на высокой скорости, необходимо уменьшить количество препятствий и расстояние на линии передатчик-приемник до приемлемого. Это возможно достичь путем увеличения в помещениях количества точек доступа. Программа D-Link Wi-Fi Planner Pro предназначена для первичного анализа плана помещения с целью размещения на нем точек доступа Wi-Fi. Программа ориентирована на использование оборудования D-Link[4]. Вариант размещения точек доступа на этаже представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. – Размещение точек доступа

Таким образом, предполагается, что три точки доступа позволят обеспечить уверенную связь для сотрудников, работающих на этом этаже. Используем специализированное программное обеспечение для анализа радиопокрытия территории при таком расположении точек доступа (Рисунок 2).

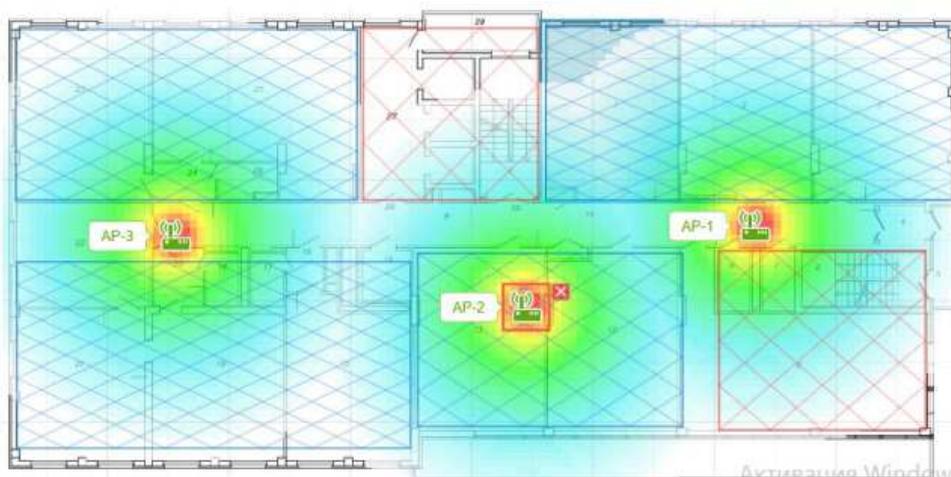


Рисунок 2. – Уровень сигнала на этаже, частота 5 ГГц

**Заключение.** Распределение точек доступа в автоматическом режиме не всегда дает оптимальный результат с точки зрения экономии оборудования. В проекте необходимо максимально точно указывать возможные объекты создающие препятствия на пути распространения радиосигнала. В работе проанализированы стандарты беспроводных сетей. Также разработана схема организации и планирования точек доступа стандарта IEEE 802.11ac.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации : учеб.пособие / В.М. Вишнеvский [и др.]; под общ. ред. В.М. Вишнеvского. – Москва : Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Вишнеvский, В.М. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G./ В.М. Вишнеvский, С. Л. Портной, И.В. Шахнович; под ред. В.М. Вишнеvского. – Москва : Техносфера, 2009. – 472 с.
3. 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.
4. Wi-Fi Planner PRO // D-link for business [Электронный ресурс]. 2013. –Режим доступа: <https://www.dlink.ru/tools/wi-fi/>. – Дата доступа: 25.08.2024.

УДК 004.733

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ****В. В. КОВАЛЕВСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. А. ДОВГЯЛО)*

*В данной статье рассматриваются высокоскоростные беспроводные технологии. Выполнен обзор таких технологий, как Wi-Fi, WiMAX, LTE. Рассматривается пример передачи данных высокоскоростных технологий беспроводного доступа в различных условиях, а также возможность совместной работы.*

**Введение.** На сегодняшний день большое развитие в области передачи данных получили беспроводные технологии — сети радиосвязи. Беспроводные сети позволяют людям связываться и получать доступ к приложениям и информации без использования проводных соединений.

В данной статье рассматривается эффективность работы беспроводных технологий в различных условиях в зависимости от радиуса их действия, дается оценка перспективам их применение.

**Технология беспроводных сетей.** Данная статья посвящена обзору современных высокоскоростных технологий беспроводного доступа, при этом особое внимание уделено вопросам применения этих технологий в различных условиях.

Беспроводные сети осуществляют обмен данными между локальными компьютерными сетями, когда использование традиционных кабельных технологий затруднено и нецелесообразно. Примером эффективного применения беспроводной высокоскоростной технологии радиодоступа является обеспечение связи между сегментами локальных сетей при недостатках финансов, отсутствии разрешения на проведение кабельных работ, а также другими физико-географическими условиями.

Основой любой беспроводной сети служит ее протокол. Протокол регламентирует топологию сети, адресацию, маршрутизацию, порядок доступа узлов сети к каналу передачи данных и т.д.

**Протоколы.** Многообразие протоколов беспроводной передачи данных можно классифицировать многими способами. Далее будет приведена классификация рассматриваемых протоколов по порядку увеличения радиуса действия.

WPAN (WirelessPersonalAreaNetwork) применяются для связи различных устройств. Радиус действия беспроводных персональных сетей составляет от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. WPAN может быть развернута с использованием различных сетевых технологий, например: Bluetooth, ZigBee и другими.

Wireless LAN (WirelessLocalAreaNetwork) – локальная сеть, построенная на основе беспроводных технологий. Беспроводные локальные сети легко обеспечивают характеристики необходимые для бесперебойного выполнения высокоуровневых приложений. Так, пользователи этих сетей могут получать объемные вложения в сообщения электронной почты или потоковое видео с сервера. Радиус действия данных технологий достигает нескольких сотен метров. К ним относятся следующие протоколы: UWB, ZigBee, Wi-Fi.

WMAN (WirelessMetropolitanAreaNetwork) – беспроводные сети масштаба города. Радиус действия таких технологий достигает нескольких километров. Примером данного протокола служит WiMAX.

WWAN (WirelessWideAreaNetwork) – разновидность беспроводных компьютерных сетей, главной особенностью которой является широкая зона охвата. Радиус действий составляет несколько десятков километров. К таким относятся следующие протоколы: GSM, CDMAone, iDEN, PDC, GPRS и UMTS.

**1. Wi-Fi**

Сети данного типа обеспечивают связь на относительно небольшие расстояния (как правило, десятки метров) на радиопереносе при наличии прямой видимости между передатчиком и приемником [1]. Технология создает локальную сеть, в которой разные устройства могут обмениваться данными без выхода во Всемирную сеть.

**2. WiMAX**

Технологии WiMAX – телекоммуникационная технология операторского класса, разработанная с целью предоставления беспроводной связи на большие расстояния с высоким качеством сервиса, основана на стандарте 802.16. [2] Главным преимуществом данной технологии является возможность быстро наращивать емкость и расширять территорию связи.

**3. LTE**

Стандарт LTE обеспечивает беспроводную высокоскоростную передачу данных для мобильных телефонов и других терминалов, работающих с данными. Он основан на сетевых технологиях GSM/EDGE и UMTS/HSPA[3].

Дальность действия сетей зависит от высоты расположения антенны базовой станции. Возможность подключения к LTE сетям предоставляется большому количеству гаджетов: смартфонам, планшетами, ноутбукам, игровым консолям и другим устройствам, которые поддерживают данный стандарт. В аппаратах должен быть встроен модуль LTE, который работает совместно с имеющимися стандартами GSM и 3G. В случае обрыва связи LTE девайс переключится на имеющийся доступ к сетям 3G или GSM без обрыва подключения.

Таблица 1. – Основные характеристики рассматриваемых технологий

Технологии параметры	WiMAX (802.16d)	WiMAX (802.16e)	Wi-Fi 6	LTE
Радиус действия	25-80 км	1-5 км	до 100 м	До 5 км, в некоторых случаях до 30 км
Частотный диапазон	1,5 – 11 ГГц	2,3 – 13,6 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц	Для FDD (частотный разнос канала): 800 МГц, 1800 МГц, 2600 МГц. Для TDD (временное разделение канала) – 2600 МГц
Пропускная способность	до 75 Мбит/с	до 40 Мбит/с	До 1,2 Гбит/с	До 160,4 Мбит/с
Ширина канала	3.5 МГц	1.75 МГц	260 МГц	1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц и 20 МГц.
Модуляция	OFDM модуляция, 256 FFT точек, BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM		1024 - QAM	QPSK, QAM-16, QAM-64
Разделение каналов	FDMA, TDMA, CDMA 256 FFT OFDM, 2048 FFTOFDM-технологий		MU - MIMO, OFDMA	OFDMA

Рассмотрим целесообразность применения данных технологий в условиях городских застроек. На рисунке 1 представлена структура передачи данных.

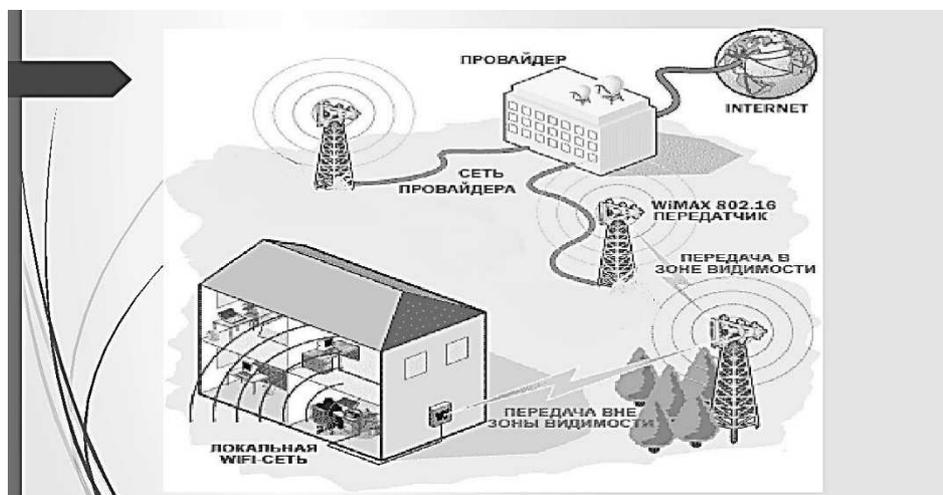


Рисунок 1. – Структура передачи данных WiMAX совместно с Wi-Fi

Рассмотрим Wi – Fi шестой версии (Wi-Fi 6). С помощью данного стандарта возможно передавать данные со скоростью 1,2 Гбит/с при использовании оптического кабеля, что в городских застройках является обычным делом.

Если рассмотреть случай, когда передача данных будет осуществляться сначала с помощью WiMAX вышек, то максимальная скорость передачи данных будет до 75 Мбит/с, при этом оптический кабель можно проложить только до базовой станции, а после чего передача будет осуществляться беспроводным способом. Ключевым моментом также является то, что данная технология имеет два стандарта IEEE 802.16d и IEEE 802.16e. Из таблицы 1 видно, что эти стандарты работают в разных диапазонах при этом одни предназначены для стационарных клиентов, а другие для мобильных данных по технологии Wi-Fi.

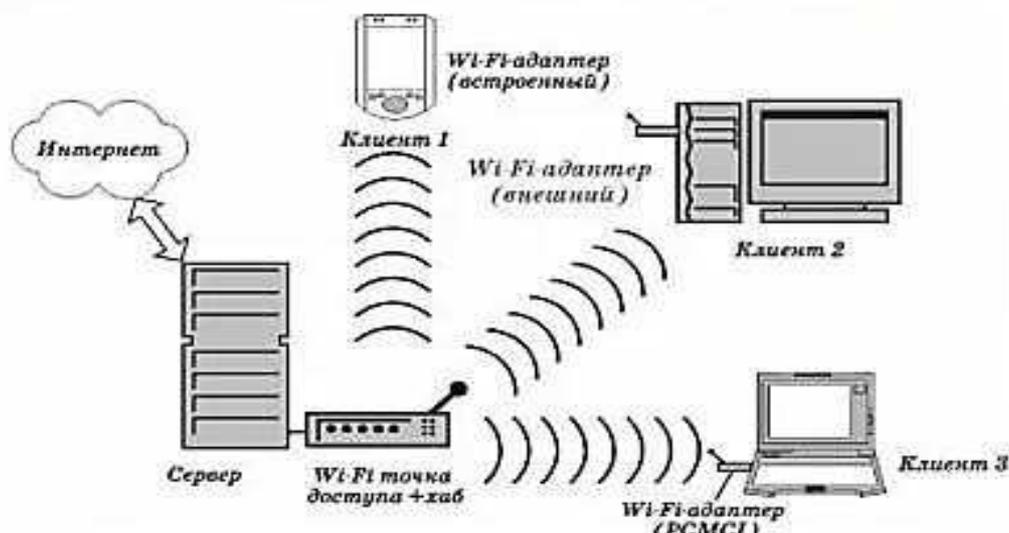


Рисунок 2. – Структура передача данных Wi-Fi

Стандарты LTE и WiMAX схожи между собой по технологии кодирования OFDM и системе передачи данных MIMO. В обоих стандартах применяются FDD и TDD технологии дуплексной передачи данных с пропускной способностью канала до 20 МГц. Обе системы связи используют IP в качестве своего протокола.

Сеть WiMAX более надежны технически, так как имеют более простую архитектуру по сравнению с сетями LTE. Структура сети LTE обеспечивает ее совместимость со стандартами предыдущих поколений – GSM и 3G.

Диспетчеризация радиоресурсов в WiMAX производится по технологии Frequency Diversity Scheduling, суть которой заключается в том, что поднесенные, выделенные абоненту, распределяются по всему спектру канала. За счет этого обеспечивается рандомизация и усреднение влияния частотно-селективных замираний на широкополосный канал. В LTE применяется частотно-селективная диспетчеризацией ресурсов - Frequency Selective Scheduling. Абонентской станции из частотного блока несущей присваиваются индикаторы качества канала CQI - Channel Quality Indicator.

Коэффициент переиспользования частот это эффективность использования доступной полосы частот для каждой базовой станции. В WiMAX базовая структура переиспользования частотного диапазона состоит из 3-х частотных каналов. При использовании трехсекторной конфигурации в каждом из секторов реализован один из 3-х частотных каналов. Коэффициент переиспользования частот при этом равняется 3-м. В сети LTE коэффициентом переиспользования частот равняется 1, т.е. все базовые станции LTE работают на одной несущей [4]. При использовании частотно-селективной диспетчеризации, гибкого частотного плана и координации помех между сотами внутрисистемные помехи уменьшаются. Чем ближе абонент находится к соте, тем больший диапазон частот выделяется ему для передачи данных.

**Заключение.** Согласно проведенному выше анализу технологий, в городских застройках применение технологии WiMAX более предпочтительно, так как структура сети имеет более простую архитектуру, что уменьшает временные и финансовые затраты на развертывание и эксплуатацию сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма: учеб пособие / М.С. Немировский [ и др.]; под общ. ред. М.С. Немировского. - Москва: Эко-Трендз, 2010. – 400 с.
2. Будылдина, Н. В. Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных: учеб. пособие / Н.В. Будылдина, В.П. Шувалов. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2018. – 342с.
3. Тихвинский, В.О. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура / С.В.Герентьев, А.Б. Юрчук, В.О. Тихвинский; под ред. В.О. Тихвинского. – Москва: Эко-Трендз, 2010.– 284с.
4. Сети LTE: структура и принцип работы // Мобильные сети [Электронный ресурс]. – 2012 – 2024. – Режим доступа: [https://www.mobile-networks.ru/articles/seti\\_lte\\_struktura\\_i\\_princip\\_raboty.html](https://www.mobile-networks.ru/articles/seti_lte_struktura_i_princip_raboty.html). Дата доступа: 10.07.2024.

УДК 517.983+517.444

**ОДИН СЛУЧАЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТИПА КОШИ  
ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ  
ДРОБНОГО ПОРЯДКА**

А. А. КУРОХТИНА

(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. О. В. СКОРОМНИК)

В работе приведена постановка одной конкретной задачи типа Коши для дифференциального уравнения дробного порядка, получена формула ее решения и изучен вопрос единственности решения.

**Ключевые слова:** дробный интеграл, дробная производная, задача типа Коши для дифференциального уравнения дробного порядка, функция Миттаг – Леффлера.

Работа посвящена решению одного частного случая задачи типа Коши для неоднородного дифференциального уравнения вида:

$$\frac{d^\alpha}{dx^\alpha} y(x) = \lambda y(x) + h(x), \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad (1)$$

с условиями

$$\frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} y(x) \Big|_{x=0} = b, \quad (2)$$

когда  $h(x) = e^x$ . Здесь  $y(x)$  – искомая функция,  $b$  – постоянная величина,  $\frac{d^\alpha}{dx^\alpha} = D_{0+}^\alpha$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ , – оператор левосторонней дробной производной Римана – Лиувилля [1, § 2].

Нам понадобятся следующие вспомогательные сведения.

**Определение 1.** [1, §2] *Интеграл*

$$(\Gamma_{a+}^\alpha \varphi)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x \frac{\varphi(t)}{(x-t)^{1-\alpha}} dt, \quad x > a, \quad (3)$$

где  $\alpha > 0$ , называется левосторонним дробным интегралом Римана – Лиувилля дробного порядка  $\alpha$ .

**Определение 2.** [1, §2] Для функции  $f(x)$ , заданной на отрезке  $(a, b)$ , выражение

$$(D_{a+}^\alpha f)(x) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dx} \int_a^x \frac{f(t) dt}{(x-t)^\alpha}, \quad (4)$$

называется левосторонней дробной производной Римана – Лиувилля порядка  $\alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$ .

Будем использовать следующее обозначение:

$$I_{a+}^\alpha f = \begin{cases} \Gamma_{a+}^\alpha f, & \alpha > 0, \\ D_{a+}^{-\alpha} f, & \alpha \leq 0. \end{cases}$$

Обозначим через  $R_1$  следующее множество точек  $(x, y)$  из области  $D$ , лежащей в  $R \times R$ :

$$R_1 = \left\{ (x, y) \in D : 0 < x \leq h, \left| x^{1-\alpha} y(x) - \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \right| \leq a \right\}, \quad a > \frac{hb}{\Gamma(\alpha)},$$

где  $a, h, b$  — некоторые постоянные.

Следующая теорема дает условия существования и единственности решения задачи Коши (1) – (2).

**Теорема 1.** [1, Теорема 42.1] Пусть  $f(x, y)$  – вещественнозначная, непрерывная в области  $D$  функция, удовлетворяющая по  $y$  условию Липшица

$$|f(x, y_1) - f(x, y_2)| \leq A|y_1 - y_2|$$

и ограничению  $\sup_{(x, y) \in D} |f(x, y)| = b < \infty$ . Тогда решение задачи Коши (1) – (2) в области  $R_1 \subset D$  существует и единственно.

Известно, что при  $0 < \alpha < 1$  [1, формула 2.61]

$$I_{a+}^\alpha D_{a+}^\alpha f = f(x) - \frac{f_{1-\alpha}(a)}{\Gamma(\alpha)} (x-a)^{\alpha-1}, \quad (5)$$

где  $f_{1-\alpha}(x) = I_{a+}^{1-\alpha} f$ .

Функцией Миттаг – Леффлера называется целая функция, определяемая рядом (см., например, [1, формулы 1.90 и 1.91; 2; 3]):

$$E_{\alpha}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(\alpha k + 1)}, \quad \alpha > 0;$$

также функцией Миттаг – Леффлера называют сумму более общего ряда

$$E_{\alpha, \beta}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(\alpha k + \beta)}, \quad \alpha > 0, \quad \beta > 0. \quad (6)$$

Нам понадобится также соотношение [1, формула (1.92)]

$$\int_0^{\infty} e^{-t} t^{\beta-1} E_{\alpha, \beta}(t^{\alpha} z) dt = \frac{1}{1-z}, \quad |z| < 1. \quad (7)$$

Решим следующую задачу типа Коши:

$$\frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} y(x) = \lambda y(x) + e^x, \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad (8)$$

$$\frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} y(x) \Big|_{x=0} = b. \quad (9)$$

Интегрируем уравнение (8), имеем

$$\frac{d^{-\alpha}}{dx^{-\alpha}} \frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} y(x) = \frac{d^{-\alpha}}{dx^{-\alpha}} (\lambda y(x) + e^x),$$

где  $\frac{d^{-\alpha}}{dx^{-\alpha}} = I_{0+}^{\alpha}$  – оператор дробного интеграла вида (3). Получаем, согласно свойству (5) и условию (9):

$$y(x) = b \frac{x^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} + \int_0^x \frac{(x-t)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} (\lambda y(t) + e^t) dt. \quad (10)$$

Таким образом показали, что задача Коши (8) – (9) приводится к уравнению (10). Покажем теперь, наоборот, что если непрерывная функция  $\varphi(x) = \lambda y(x) + e^x$  удовлетворяет уравнению (10), то она удовлетворяет и системе уравнений (8) – (9). Для этого применяем к равенству (10) оператор  $\frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} = D_{0+}^{\alpha}$  дробной производной вида (4), имеем:

$$\frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} y(x) = \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} x^{\alpha-1} + \frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} \frac{d^{-\alpha}}{dx^{-\alpha}} (\lambda y(x) + e^x),$$

откуда  $\frac{d^{\alpha}}{dx^{\alpha}} y(x) = \lambda y(x) + e^x$ .

Условие (9) получается, если к (10) применить оператор  $\frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} = D_{0+}^{\alpha-1}$ :

$$\begin{aligned} \frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} y(x) &= \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} x^{\alpha-1} + \frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} (\lambda y(x) + e^x) = b + \frac{1}{\Gamma(1)} \int_0^x (\lambda y(t) + e^t) dt, \\ \frac{d^{\alpha-1}}{dx^{\alpha-1}} y(x) &= b + \frac{1}{\Gamma(1)} \int_0^x (\lambda y(t) + e^t) dt. \end{aligned} \quad (11)$$

Если в (11) положить  $x = 0$ , то получим равенство (9).

Итак, приходим к выводу, что уравнение (10) в указанном смысле равносильно уравнению (8) с начальным условием (9).

Далее методом последовательных приближений, опираясь на результаты теоремы 1, последовательно находим

$$y_0(x) = b \frac{x^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)}, \quad y_m(x) = b \frac{x^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x (x-t)^{\alpha-1} (\lambda y_{m-1}(t) + e^t) dt, \quad m = 1, 2, \dots$$

или

$$y_m(x) = b \frac{x^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} + \frac{\lambda}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x (x-t)^{\alpha-1} y_{m-1}(t) dt + \frac{e^x}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x (x-t)^{\alpha-1} e^{-(x-t)} dt, \quad m = 1, 2, \dots,$$

или

$$y_m(x) = b \sum_{j=1}^{m+1} \lambda^{j-1} \frac{x^{\alpha j-1}}{\Gamma(\alpha j)} + \sum_{j=1}^m \frac{\lambda^{j-1} e^x}{\Gamma(\alpha j)} \int_0^x (x-t)^{\alpha j-1} e^{-(x-t)} dt. \quad (12)$$

В равенстве (12) переходим к пределу при  $m \rightarrow \infty$  и используем (6), имеем:

$$y(x) = b \sum_{k=1}^n x^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(\lambda x^\alpha) + e^x \int_0^x e^{-(x-t)} (x-t)^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}[\lambda(x-t)^\alpha] dt. \quad (13)$$

Далее, для интеграла в левой части (13) применяем формулу (7) и получаем следующее окончательное представление решения задачи Коши (8) – (9):

$$y(x) = b x^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(\lambda x^\alpha) - \frac{1}{1-\lambda} e^x, \quad |\lambda| < 1.$$

На основании теоремы 1 оно единственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. Мн.: Наука и техника, 1987. – 688с.
2. Paneva-Konovska J. From Bessel to multi-index Mittag-Leffler functions : enumerable families, series in them and convergence – World Scientific Publishing Europe Ltd., 2017. – 229 p.
3. Gorenflo R., Kilbas A.A, Mainardi F., Rogosin S. Mittag-Leffler Functions, Related Topics and Applications. registered company Springer-Verlag GmbH, DE part of Springer Nature, 2020. – 548 p.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61550-8>

УДК 004.056; УДК 005.935.33

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ОПРОСА

Е. О. ЛЯХОВА

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

*Рассмотрено понятие цифровой грамотности, ее основные компоненты и известные в мировой практике методы ее оценки. Дано понятие цифрового интеллекта. Осуществлен анализ бесплатного теста по оценке цифрового интеллекта, предлагаемого интернет-платформой «DQ Institute», выявлены его достоинства и недостатки. Разработан и предложен собственный вариант теста по оценке цифрового интеллекта, апробированный на респондентах разных возрастных групп. Приведены сравнительные результаты прохождения тестов «DQ Institute» и разработанного.*

**Ключевые слова:** информационные технологии, цифровая грамотность, цифровой интеллект, методы опроса населения, методы тестирования.

**Введение.** Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий, внедрение цифровых устройств во все сферы жизнедеятельности человека, переход от индустриальной и постиндустриальной экономики к так называемой цифровой экономике [1], активные и развивающиеся информатизация и цифровизация коренным образом изменили жизнь современных людей. Они повлияли на мышление, социализацию, образ жизни, методы работы и обучения. И, помимо сближения людей, расширения существующих возможностей, эти явления породили проблемы: информационные войны, кибератаки и компьютерное мошенничество, кибербуллинг, низкое качество и недостоверность поступающей информации. Поэтому, чтобы адаптироваться к таким изменениям и безопасно ощущать себя в цифровой среде, современный человек должен уметь не только пользоваться цифровыми средствами, владеть методами поиска необходимой информации, но и уметь защищать свои персональные данные и иметь соответствующие компетенции для решения ряда возникающих проблем в цифровой экосистеме. Все это отражается в понятии «цифровая грамотность». А важность владения цифровой грамотностью закреплена в соглашениях между странами-членами ООН и ЮНЕСКО.

Таким образом, оценка цифровых компетенций населения, разработка универсальных методик их определения, а также введение понятия стандартов цифровой грамотности, все это как никогда актуально в современных реалиях. Решение этих задач направлено в первую очередь на повышение цифровой грамотности каждого отдельно взятого гражданина страны, на снижение вероятности не только его личного ущерба, но и к снижению угроз безопасности государства в целом, гражданином которого он является.

Исходя из сказанного, **целью представленного исследования** является оценка уровня цифровой грамотности населения методом опроса.

Первоначально остановимся на понятии цифровой грамотности. Цифровая грамотность – набор знаний и умений, которые необходимы для безопасного использования цифровых технологий и ресурсов интернета [1]. Данное определение дано региональной общественной организацией «Центр Интернет-технологий» (РОЦИТ) в рамках проекта «Цифровая грамотность». Однако изначально это понятие ввел американский писатель и журналист, инженер, Пол Гилстер в своей книге «Цифровая грамотность» еще в 1997 г. [2]. Цифровая грамотность – это комплексное понятие, включающие в себя и другие дисциплины. Согласно [3] в таблице 1 представлены основные компоненты цифровой грамотности.

Таблица 1. – Компоненты цифровой грамотности

Компонент	Определение
Информационная грамотность	Способность понять востребованность информации, найти ее, оценить и эффективно использовать
Компьютерная грамотность	Знания, навыки и умения, необходимые для эффективного использования компьютера, понимание основных процессов его работы, устройства
Медийная грамотность	Знания, навыки и умения, необходимые для понимания всех средств СМИ, форматов хранения
Коммуникативная грамотность	Знание правил сетевого этикета, управление цифровым следом
Технологические инновации	Отношение к технологическим инновациям, использование их в повседневной и профессиональной деятельности

Составляющие цифровой грамотности подразделяются элементами [2] и представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Элементы содержания цифровой грамотности

Цифровое потребление	Цифровые компетенции	Цифровая безопасность
Использование интернет-услуг для работы и жизни	Навыки эффективного пользования технологиями	Основы безопасности в сети
Фиксированный интернет Мобильный интернет Цифровые устройства Интернет-СМИ Новости Социальные сети Госуслуги Телемедицина Облачные технологии	Поиск информации Использование цифровых устройств Использование функционала социальных сетей Финансовые операции Онлайн-покупки Критическое восприятие информации Производство мультимедийного контента Синхронизация устройств	Защита персональных данных Надежный пароль Легальный контент Культура поведения Репутация Этика Хранение информации Создание резервных копий

Среди инструментов оценки цифровой грамотности можно выделить: наблюдение и анализ активности в сети (активность в социальных сетях, посещение сайтов), использование статистических данных (доступ к интернету, использование цифровых средств), тестирование (анкеты и опросы). Самым удобным из них является тестирование, и на его основе строится большинство методов.

В 2018 году прошел Всемирный экономический форум, на котором был выдвинут метод оценки цифровой грамотности через показатель цифрового интеллекта (DQ). Цифровой интеллект – всеобъемлющий набор технических, когнитивных, метакогнитивных и социально-эмоциональных компетенций, основанных на универсальных моральных ценностях и позволяющих людям решать проблемы и использовать возможности цифровой жизни [4].

Цифровой интеллект включает в себя:

- 4 уровня: гражданство, творчество, конкурентоспособность, связь (возможность подключения);
- 8 аспектов цифровой жизни: самоидентичность, личную безопасность, эмоциональный интеллект, использование технологий, техническую безопасность, цифровую грамотность, коммуникации, цифровые права;
- 32 цифровых компетенции, являющиеся пересечением уровней и аспектов.

В 2015 г. была создана интернет-платформа «DQ Institute». Своей целью она ставит обеспечение цифровым интеллектом 1 миллиарда граждан к 2030 году. В настоящее время на платформе предлагается бесплатный онлайн-тест, определяющий уровень цифрового интеллекта. Он состоит из 29 вопросов, затрагивающих этику, анализ информации, поведение при угрозах, подбор пароля. Прохождение занимает всего 10 минут.

Вопросы теста «DQ Institute» (перевод на русский язык):

1. Каковы возможные последствия негативного образа в интернете?
2. Можно ли травить людей в Интернете, если я использую анонимный идентификатор, по которому меня никто не сможет отследить?
3. Предпринимаете ли Вы в настоящее время какие-либо из следующих мер для управления своим экраным временем?
4. Что вы сделаете, если столкнетесь с чем-то неприятным или обидным в интернете?
5. Что из перечисленного вы делаете?
6. Какие из этих видов деятельности могут оставить цифровой след?
7. Почему стоит заботиться о своем цифровом следе?
8. Что из этого вы делаете, чтобы контролировать цифровой след?
9. В посте в Тик-Ток люди делятся информацией. Как определить является ли она правдивой?
10. Что вы делаете для повышения своей конфиденциальности в интернете?
11. Насколько это верно для вас? В сети я веду себя грубее и злее, чем в реальной жизни.
12. Я лгу о себе в интернете, чтобы быть более популярным и уважаемым.
13. Я думаю, что в интернете можно лучше узнать человека, чем при личной встрече.
14. Я хорошо распоряжаюсь временем и заканчиваю работу до выхода в интернет.
15. Когда я захожу в сеть, у меня есть представление о том, когда я выйду.
16. Я что-то упускаю во время личного разговора, потому что отвлекаюсь на телефон.
17. Я думаю, это нормально – слать грубые вещи, если человек заслужил.

18. Я думаю, отправлять другим людям оскорбления – это смешно.
19. Я понимаю, что чувствуют другие, когда я общаюсь с ними в интернете.
20. Мне грустно видеть, что кого-то притесняют в онлайн-группе.
21. Я проверяю, кто является автором и учитываю цели размещения информации.
22. Я проверяю квалификацию и полномочия автора.
23. Я обдумываю, является ли представленная информация фактом или мнением.
24. Я считаю, что распространение личной информации в сети может быть вредным.
25. Вы увидели пост, высмеивающий вашего друга. Что вы сделаете?
26. Какой из этих паролей является надёжным?
27. Вы получаете письмо с предложением нажать на ссылку, чтобы купить новый телефон с огромной скидкой. Что будете делать?
28. Пока вы едете в автобусе, вы обнаруживаете бесплатный Wi-Fi без пароля с названием "Public Wireless 4U". Безопасно ли его использовать?
29. Что такое личная информация?

Несмотря на то, что данный тест затрагивает важные для оценки цифровой грамотности темы, в рамках его анализа был выделен ряд следующих проблем:

- упрощенность вариантов ответа и очевидность правильного варианта. К примеру: «Какой из этих паролей является надежным: qwerty2024, 17июля2005Петя, Am@anf3A#fP, abc123, пароль!»;
- вопросы, поставленные как гипотетические ситуации, имеют не самые актуальные ответы. Необходимо дать такой выбор, чтобы все варианты были применимы в жизни, приближены к поведению реальных людей и, возможно, даже отражающие особенности менталитета респондентов. Этого можно достичь через анализ поведения людей в сети, прочтение их комментариев под различными постами. Например, для вопроса о доверии к новостям из «Тик-Тока» следует посмотреть как люди в комментариях реагируют на такие новости: пишут ли они, что в другом источнике не так, верят, распространяют;
- много похожих вопросов на одну и ту же тему, а конкретно на тему кибербуллинга;
- универсальный характер теста. В нем не учитываются актуальные на данный момент для различных стран методы мошенничества (к примеру, для Беларуси актуален вид мошенничества с отправкой сообщений от имени банков, «Белпочты» и ПСЕВДОмагазинов). Поэтому, для углубления понимания цифровой грамотности следует включать вопросы о проблемах, с которыми люди сталкиваются в последнее время;
- не затрагивается компьютерная грамотность, вопросы в большинстве направлены на поведение в интернете.

В связи с этим в рамках исследования цифрового интеллекта был разработан тест, содержащий 29 разнообразных вопросов об актуальных проблемах, включающих в себя вопросы по различным компонентам цифровой грамотности с вариантами ответов для одиночного и множественного выбора.

Примеры вопросов, предлагаемые в тесте:

1. Норма ли вести себя негативно в интернете по отношению к другим людям?
2. Какие последствия негативного поведения в интернете существуют?
3. Что из перечисленного может оставить цифровой след?
4. В «Тик-Токе» Вы увидели видео с просьбой о материальной помощи приюту для животных. Как проверить правдива ли эта информация?
5. Вы увидели в «Тик-Токе» новость о новом принятом законе. Как проверить правдива ли эта информация?
6. Вы увидели интересную Вам психологическую статью, которая рассказывает о связи недолюбленности в детстве и проблем в отношениях. Проверите ли Вы компетентность автора статьи?
7. Какой из паролей самый надежный?
8. Под вашей фотографией Вы увидели комментарий «не ожидал такого от тебя» от незнакомого аккаунта. Профиль этого человека закрыт, но Вы видите ссылку на его VK/телеграмм. Стоит перейти?
9. На рабочий аккаунт работника пришло письмо с просьбой проверить соответствие зарплаты с нагрузкой в прикрепленном файле и выслать правки. Стоит ли его открывать?
10. Можно ли выложить фотографию своего билета на концерт в социальные сети?
11. Что лучше не использовать при создании пароля?
12. По каким ссылкам можно переходить, не опасаясь за свои данные?
13. Какая комбинация клавиш используется для быстрого перехода между открытыми окнами?
14. Куда будет помещен восстановленный из корзины файл?
15. Какая комбинация клавиш используется для перехода на другую раскладку клавиатуры?
16. Что такое фишинг?

17. Можно ли распространять личную информацию других пользователей?
18. Что относится к фишингу?
19. Вы зашли на сайт магазина, в котором хотите совершить покупку. Вам предлагается промокод на скидку при прохождении опроса. Станете ли Вы проходить опрос?
20. Вам должна была прийти посылка и Вы получили сообщение следующего характера. Что Вы будете делать?
21. Вы хотите оформить подписку на СберПрайм. На сайте предложен пробный период за рубль. Оформите его?
22. Вы решили воспользоваться услугами интернет-банкинга. Какой из выданных результатов правильный?
23. Вам поступил следующий звонок в Вайбере. Что вы будете делать?
24. Во время звонка собеседник представляется сотрудником банка и спрашивает, самостоятельно ли Вы совершили перевод. Также он называет сумму, время совершения операции и способ перевода. Что Вы ответите?
25. По каким, словам или фразам вы поймете, что вами пытаются манипулировать?
26. Какие письма кажутся вам по описанию опасными?
27. Какие варианты поведения приемлемы, если вы получили письмо следующего содержания?
28. Где обычно отображается реальный адрес ссылки, если навести на нее курсор?
29. Отметьте опасные действия – те, которые могут привести к потере доступа к вашей учетной записи.

Разработанный собственный вариант теста по оценке уровня цифровой грамотности с учетом выявленных в результате анализа недочетов теста «DQ Institute» был предложен для прохождения респондентам двух возрастных групп 18-25 лет и 30-45 лет. Для сравнения этим же респондентам предложено пройти и тест «DQ Institute».

По итогам опроса получены следующие результаты, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Результаты опроса двух сравниваемых тестов

Тест	DQ Institute				Разработанный в результате анализа ошибок первого			
	18-25 лет		30-45 лет		18-25 лет		30-45 лет	
Возрастная группа респондентов								
Пол	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский
Усредненный результат, %	76,39	76,59	71,91	76,22	67,81	66,31	60,27	58,35
Усредненный результат, %	76,5		74,07		67,06		62,31	

Из анализа следует, что наиболее высокий результат по оценке цифровой грамотности по обоим тестам продемонстрировали респонденты возрастной группы 18-25 лет. Отрыв от результатов второй группы опрошенных составил 2,46% по первому тесту и 4,75% по второму. При этом результаты первой группы по половому признаку отличаются меньше, чем на 1%, тогда как во второй, отрыв составил 4,31%. Таким образом прохождение теста «DQ Institute» оказалось более успешным для обеих групп респондентов: разница с предложенным тестом составила 9,44% для лиц возрастной группы 18-25 лет и 11,76% для лиц возрастной группы 30-45 лет.

**Вывод.** Исходя из проведенного анализа на основе бесплатного онлайн-теста и разработанного теста оценка уровня цифровой грамотности выше по первому тесту. Из этого следует то, что включение в тестирование по оценке цифровой грамотности среди населения более актуальных вопросов в сравнении с вопросами тестов «DQ Institute» обосновано и подтверждено полученными результатами. Хочется также отметить, что сегодня в Республике Беларусь к повышению цифровой грамотности населения подключились операторы сотовых связей Беларуси и теперь на абонентские номера будут приходить профилактические сообщения в виде СМС-рассылок для разъяснения новых схем мошенников с рекомендациями из первых уст, как не попасться на уловки аферистов! Предлагаемый тест для оценки цифровой грамотности населения можно предложить для использования сотрудниками правоохранительных органов в рамках профилактических мероприятий в сфере кибербезопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Головенчик, Г.Г. Цифровая экономика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс / Г.Г. Головенчик. – Минск : БГУ, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Рассаднев, Э.С. Цифровая грамотность населения как фактор развития цифровой экономики в России / Э.С. Рассаднев, А.А. Осипенко, А.С. Лубянков // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика, 2021. Вып.1 (52). С. 75-80.
3. Токтарова, В. И. «Цифровая грамотность: понятие, компоненты и оценка» / В.И. Токтарова, О.В. Ребко // Вестник Марийского государственного университета. 2021. Т.15. №2. С. 165-177. DOI: <https://doi.org/10.30914/2072-6783-2021-15-2-165-177>.
4. Интернет-портал DQ Institute [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.dqinstitute.org/global-standards/> – Дата доступа: 20.09.2024.
5. Давыдов, С.Г. Проект «Индекс цифровой грамотности»: методические эксперименты / С.Г. Давыдов, О.С. Логунова // Социология: методология, методы, математическое моделирование (4М). 2015. № 41. С. 120-141.

УДК 004.891

## ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ПРОФОРИЕНТАЦИИ ДЛЯ МУЗЕЯ

**Д. И. МАКЕЁНОК, И. В. КАТУШЕНОК***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)*

В статье представлены причины создания приложения для прохождения профориентационных тестов, разработанных по заказу музея истории и культуры Новополоцка. Цель проекта – помочь школьникам и абитуриентам в выборе профессии, повысить привлекательность музея для молодежи и укрепить связь между культурой и образованием.

**Введение.** В условиях постоянно меняющегося рынка труда и растущего разнообразия профессий выбор подходящего направления становится все более сложной задачей для школьников и абитуриентов. Многим подросткам, перед которыми стоит выбор будущей профессии, невероятно трудно определиться с финальным решением. В таких случаях профориентационные тесты становятся ценным инструментом, помогающим понять свои интересы, склонности и способности. В связи с этим разработка специализированного приложения для прохождения такого теста представляет собой важную инициативу, способную улучшить взаимодействие между культурными учреждениями и образовательной средой [1]. Также важно отметить, что данная система относится к области искусственного интеллекта, поскольку она принимает решения, основываясь на ответах пользователей. Алгоритмы ИИ обрабатывают введенные данные, выявляют ключевые паттерны и сопоставляют их с базой профессий.

**Постановка задачи.** Экспозиционные залы музея истории и культуры Новополоцка посвящены разнообразной тематике: история возникновения города, промышленные предприятия, спортивные достижения, городские социально-культурные и общественные организации. Пример зала музея представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. – Зал музея

Экспозиция музея представляет уникальное явление – рождение и развитие нефтехимической отрасли в Беларуси [2]. В музее имеется отдельная зона, посвященная истории образования и развития университета. Введение профориентационных тестов станет логичным дополнением этой темы, помогая

школьникам не только определить подходящие профессии, но и связать их с направлениями, представленными в университете.

Основной мотивацией для разработки приложения стало стремление объединить культурные и образовательные инициативы, сделав музей истории и культуры Новополюцка более привлекательным и полезным для молодежи. Профорентация — важный этап в жизни каждого человека, особенно в условиях динамично развивающегося рынка труда и расширяющегося спектра профессий. Её задача помочь школьникам и абитуриентам осознанно подойти к выбору своей будущей профессии, выявляя их склонности и интересы. Приложение позволит не только определить подходящие профессии, но и познакомить пользователей с направлениями, представленными в университете. Таким образом, мы преследуем две ключевые цели: помочь молодежи в самоопределении и продвигать образовательные возможности университета через интерактивный формат.

Этот проект также позволит музею адаптироваться к современным тенденциям цифровизации и привлечь новую аудиторию, создавая уникальную точку пересечения культуры и образования.

В общем понимании профорентационные тесты — это вид психологической диагностики [3]. Они помогают человеку лучше понять свои интересы, способности и личные качества, которые можно будет эффективно использовать в своей будущей профессии. Это крайне важно, потому что неправильно выбранная профессия может не подойти человеку, после чего потребуется, потратив кучу времени на выбор другой. Таким образом, профорентационные тесты играют ключевую роль в саморазвитии, снижая риск разочарования в выбранной профессии и способствуя более успешному профессиональному росту.

При разработке приложения для прохождения профорентационных тестов важно было выделить несколько групп пользователей, для которых это решение будет наиболее актуально и полезно. Основной целевой аудиторией являются школьники, абитуриенты. Они стоят перед важным выбором будущей профессии и часто сталкиваются с недостатком информации или неуверенностью в своих предрасположенностях. Прохождение тестов позволяет лучше понять свои сильные стороны и выявить интересные направления для дальнейшего развития.

Ещё одним важным аспектом является качество вопросов в профорентационных тестах. Хорошо продуманные вопросы позволяют более точно определить склонности, интересы и сильные стороны пользователя, избегая двусмысленности и субъективных интерпретаций. Если вопросы некорректны или слишком общие, это может привести к искажению выводов и неверным рекомендациям. Важно, чтобы формулировки были понятными для разных возрастных групп и исключали внушение определенных ответов.

Решение о предпочтительном направлении будущей деятельности будет приниматься разработанным алгоритмом на основе всех заложенных траекторий ответов пользователя. Такой алгоритм ИИ сможет учитывать не только прямые результаты теста, но и выявлять скрытые связи между различными аспектами ответов, что повышает точность и обоснованность рекомендаций. Таким образом, высокое качество вопросов в сочетании с продуманным алгоритмом обеспечивает не только точную диагностику, но и доверие пользователя к результатам тестирования, усиливая его мотивацию и интерес к прохождению тестов.

В приложении предусмотрено разделение на две возрастные группы, что позволяет учитывать психологические особенности и уровень осознания при выборе будущей деятельности:

1. Группа 0–12 лет

— Эта возрастная категория включает детей младшего и среднего школьного возраста. Для них тест ориентирован на выявление интересов, склонностей и начальных представлений о профессиях.

— Приложение предлагает 18 вопросов, которые подаются в простой и игровой форме, чтобы сохранить интерес детей и облегчить понимание.

2. Группа 12–18 лет

— В эту группу входят подростки и старшеклассники, которым предстоит принять более осознанное решение о своей будущей профессии. Вопросы направлены на глубокий анализ способностей и предпочтений, связанных с конкретными сферами деятельности.

— Для данной возрастной группы предусмотрено 10 вопросов, чтобы минимизировать усталость и повысить концентрацию, обеспечив при этом точные результаты тестирования.

Разделение на возрастные группы и варьирование количества вопросов позволяют обеспечить индивидуальный подход к каждому пользователю и повысить эффективность тестов.

**Заключение.** Создание приложения для прохождения профорентационных тестов в Музее истории и культуры Новополюцка представляет собой важный шаг в объединении образовательных и культурных инициатив. Это решение поможет школьникам и абитуриентам сделать осознанный выбор профессии. Приложение не только повысит привлекательность музея для молодежной аудитории, но и создаст долгосрочную ценность, способствуя развитию осознанного самоопределения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Cyberleninka. О разработке автоматизированной системы выбора направления будущей профессиональной деятельности. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-razrabotke-avtomatizirovannoy-sistemy-vybora-napravleniya-budushey-professionalnoy-deyatelnosti/viewer> - Дата доступа: 12.10.2024
2. Novopolotsk museum. Музей истории и культуры города Новополоцка [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://novopolotsk.museum.by/node/32882> - Дата доступа: 12.10.2024.
3. Wowprofі. Профорientационные тесты: что это и для чего нужны. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://wowprofі.ru/blog/proforientatsionnye-testy-cto-eto-i-dlia-chego-nuzhny> - Дата доступа: 14.10.2024.

УДК 004.932

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИКИ РОСТА КРИСТАЛЛА

И. М. ОЛЬХОВСКАЯ

(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доцент С.А.ВАБИЩЕВИЧ)

*Рассмотрены вопросы использования компьютерного зрения для обработки изображений и видео, полученных при изучении скорости роста кристаллов из раствора соли. Результаты могут быть использованы при проведении физических экспериментов, связанных с использованием микроскопа для автоматизации определения характеристик объекта с помощью камеры.*

**Введение.** Твердое тело – агрегатное состояние вещества, которое характеризуется стабильностью формы и характером теплового движения атомов, которые совершают малые колебания около положения равновесия. Все твердые тела подразделяют на кристаллические и аморфные твердые тела. Отличительной особенностью кристаллов является пространственная периодичность в расположении равновесных положений атомов. В аморфных телах атомы колеблются вокруг хаотически расположенных точек [1].

Кристаллы можно получить различными способами, например, охлаждением жидкости. При охлаждении в жидкой фазе возникает множество центров кристаллизации, вокруг которых происходит образование твердой фазы. Возникает множество мелких кристаллов, которые при соединении друг с другом образуют поликристаллическое тело. Поликристаллы *изотропны*, т. е. их свойства одинаковы по всем направлениям [2]. Диски из поликристаллического алмаза в основном используются для высокоточной резки жидкокристаллического стекла в электронной промышленности.

Поликристаллы состоят из множества монокристаллов, которые образуются при медленной скорости кристаллизации. Примерами огранённых природных монокристаллов могут служить монокристаллы кварца, каменной соли, исландского шпата, алмаза, топаза. Большое промышленное значение имеют монокристаллы полупроводниковых и диэлектрических материалов, выращиваемые в специальных условиях [2].

**Целью работы** является рассмотрение применения компьютерного зрения для определения характеристик кристаллов соли, в момент начала роста.

**Физическое описание роста кристалла.** Если скорость роста кристалла определяется как количество вещества  $\frac{dm}{dt}$ , осажденного на грани в единицу времени, а линейная скорость  $v_{лин}$  – это скорость, измеренная по перпендикуляру к грани, с которой грань передвигается параллельно самой себе в окружающем ее растворе, то скорости можно связать следующим соотношением

$$\frac{dm}{dt} = Fv_{лин} \quad (1)$$

где  $F$  – площадь грани.

Встройка частиц в грани происходит неравномерно, поэтому для процесса встройки справедливо уравнение

$$\frac{dm}{dt} = Fv_{лин} = \alpha F(C^{hkl} - C_0) \quad (2)$$

где  $C_0$  – концентрация насыщения раствора,  $C^{hkl}$  – концентрация раствора у растущей грани  $hkl$ , числа  $h, k, l$  – индексы плоскости,  $\alpha$  – коэффициент, неодинаковый для различных граней.

Перейдя к положению правой и левой граней по шкале окуляра микроскопа и приняв во внимание, что величина вычисленной из квадратов отклонений различных отклонений скоростей от среднего, равно 0,014, мы получим выражения для линейной скорости:

$$v_{лин} = 0,014(n_i - n_{i-1}) / t \text{ мм/с} \quad (3)$$

где  $n_i - n_{i-1}$  – разность между делениями шкалы в предыдущем и последующем отсчетах [3].

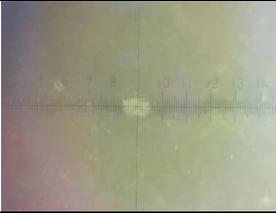
**Обработка видео-результатов.** Инструментом обработки видео был выбран язык Python, а основной библиотекой стала библиотека OpenCV.

Разобьём все видео (длительность 10 минут) на отрезки по 2 минуты. На каждой ключевой точке будем производить определение положения правой и левой границы, выбранного нами кристалла, а также будем рассчитывать линейную скорость роста на данном интервале.

Видео представляет собой набор кадров, обработка которых будет вестись последовательно на протяжении всего времени. По отдельности каждый кадр обрабатывается следующим образом [4]: сначала изображение переводим в черно-белое, после чего убираем лишние шумы, выделяем контуры объектов на изображении. Так как на окуляре есть разлиновка, то находим центр координат и относительно его начинаем поиск кристалла: ищем координаты центров кристалла, так как в объектив могло попасть несколько, после чего оставляем один исследуемый кристалл, находящийся ближе всего к центру, далее находим количество делений справа и слева относительно центра. Когда мы произвели все замеры по формуле (3) находим линейную скорость роста.

Результаты обработки приведены в таблице и на рисунке, где  $r^л$  – длина кристалла по оси Oх слева относительно центра координат окуляра,  $v_{мин}^л$  – скорость роста кристалла влево,  $r^п$  – длина кристалла по оси Oх справа относительно центра координат окуляра,  $v_{мин}^п$  – скорость роста кристалла вправо.

Таблица. – Изменение значений линейной скорости роста кристалла

t, мин	$r^л$ , дел	$v_{мин}^л$ , мм/с	$r^п$ , дел	$v_{мин}^п$ , мм/с	изображение
0	6	-	5	-	
2	8	$2,3 \cdot 10^{-4}$	7	$2,3 \cdot 10^{-4}$	
4	9	$1,2 \cdot 10^{-4}$	8	$1,2 \cdot 10^{-4}$	
6	11	$2,3 \cdot 10^{-4}$	9	$1,2 \cdot 10^{-4}$	
8	12	$1,2 \cdot 10^{-4}$	11	$1,2 \cdot 10^{-4}$	
10	13	$1,2 \cdot 10^{-4}$	12	$1,2 \cdot 10^{-4}$	

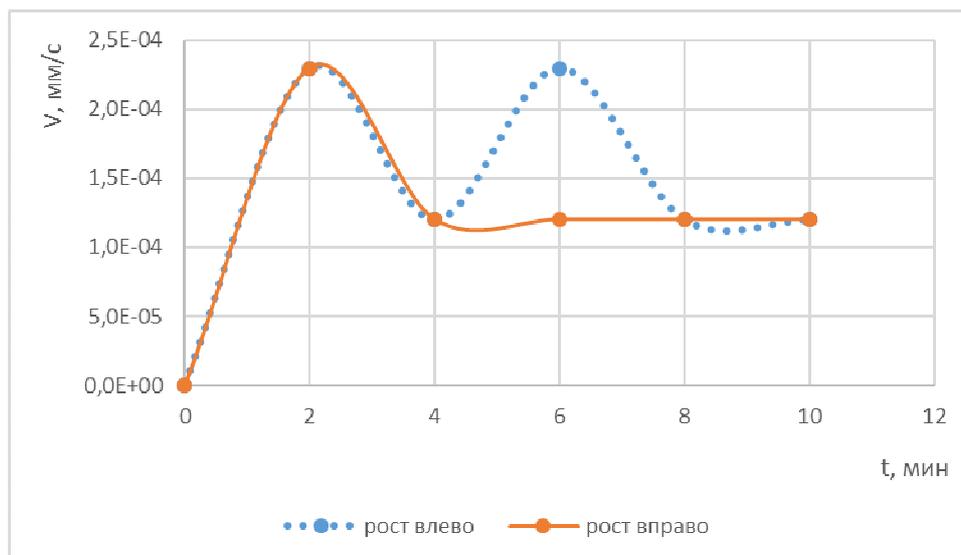


Рисунок. – Зависимость линейной скорости роста кристалла от времени для двух направлений

**Вывод.** Процесс выращивания кристаллов с заданными физическими свойствами и характеристиками требует систематического контроля на всех этапах промышленного производства. Компьютерное зрение может стать дополнительным методом неразрушающего контроля в технологических процессах выращивания материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шиманский, В. И. Основы физики твердого тела/ В. И. Шиманский, Е. П. Туромша, Н. Н. Кольчевский: учеб.-метод. пособие/Минск : БГУ, 2021/ Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/275926> - Дата доступа: 10.10.2024.
2. Прохоров, А.М. Поликристалл / Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
3. Дубский, Г.А. Методика определения линейной скорости роста кристалла при кристаллизации алюминия в магнитном поле / Г.А. Дубский, Л.Г. Егорова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2017. – Т.5. – №2. – С. 19-24.
4. Ольховская, И.М. Создание «универсального» алгоритма с использованием компьютерного зрения для выявления дефектов в различных сферах /И. М. Ольховская, Д.Э.Атрохов, С.А.Вабищевич// Физика в учреждениях образования: научные, методические и прикладные аспекты: материалы Республиканской научно-методической конференции, Брест, 12–13 октября 2023 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. техн. ун-т; под общ. ред. Т.Л.Кушнер. – Брест: БрГТУ, 2023. – С.155-157.

УДК 004.932

## АЛГОРИТМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

**И. М. ОЛЬХОВСКАЯ**

(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доцент С.А.ВАБИЩЕВИЧ)

Создана программа обработки видео. Рассмотрены особенности создания алгоритма обработки видеопотока с использованием компьютерного зрения при изучении изменения линейной скорости роста кристаллов из раствора соли. Результаты работы могут быть использованы в качестве автоматизированного модуля при проведении исследований связанных с динамическим изменением характеристик объекта.

**Введение.** В последнее время с развитием технологий для автоматизации и проведения экспериментов все чаще стали применять компьютерное зрение. Сейчас оно занимает одно из ведущих мест как мощный инструмент для приема, хранения, обработки и передачи информации, а также управления различными процессами работы экспериментальных установок [1]. Известно, что распознавание и обработка изображений эффективно используется для таких устройств как солнечные элементы, системы видеонаблюдения, системы дополненной реальности, системы организации информации (топографическое моделирование, анализ медицинских изображений).

В промышленности компьютерное зрение применяется при контроле извлечения кристаллов. Для хорошего качества слитков кремния все соответствующие параметры в процессе роста, включая скорость вращения, температуру тигля и скорость вытягивания, должны быть идеально сбалансированы.

В работе рассматривается применение классических алгоритмов компьютерного зрения для контроля процесса кристаллизации.

**Цель работы:** определить основные этапы обработки видео роста кристалла, выделить особенности подготовки и проведения эксперимента.

**Алгоритм обработки.** Для обработки изображений был выбран язык программирования Python 3.10. В качестве модуля компьютерного зрения была выбрана библиотека Python-OpenCV. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – это открытая библиотека для работы с алгоритмами компьютерного зрения, машинным обучением и обработкой изображений.

Алгоритм обработки первого кадра [2] видео отличается от обработки последующего, так как еще нет данных для сравнения:

1. Изображение переводим в другое оттеночное пространство цветов: серое, для этого применяем функцию `cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)`;
2. Функция `cv2.medianBlur()` сглаживает изображение и убирает шумы, не затрагивая края объектов. Функция медианного сглаживания принимает два параметра: изображение и размер сетки сглаживания;
3. Для нахождения контуров объектов на изображении применяется функция `cv2.findContours()`;
4. Находим центр координатной плоскости окуляра микроскопа и запоминаем его значение, так как относительно найденной точки будет отслеживаться рост кристалла.

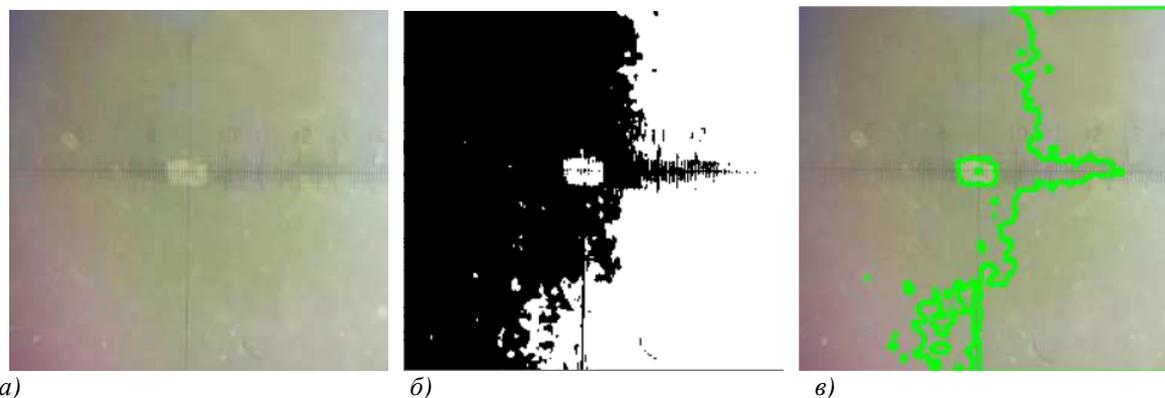


Рисунок 1. – Этапы обработки кадра:  
а – исходный кадр без обработки; б – кадр с удалением шумов и сглаживанием;  
в – изображение после обработки и выделения контуров

Можно заметить, что кадр освещен неравномерно, в следствие чего фон на одной половине кадра «становится» черным, а с другой – белым, поэтому будем осуществлять поиск кристаллов по замкнутым областям. Первый кадр, переведенный в серое цветовое пространство, становится «фоном» для дальнейшей обработки.

Обработка следующих кадров видео будет немного отличаться от алгоритма, описанного ранее, это сделано для оптимизации работы алгоритма и уменьшения использования ресурсов памяти.

Так как кристалл увеличивается по площади с течением времени («растет»), то можно сказать, что его грани «двигаются» во всех направлениях. В данном случае будем рассматривать движение крайних граней кристалла справа и слева. На протяжении всего видео неоднородность фона сохраняется, чтобы частично устранить эту проблему, будем вычитать следующий кадр из «фона», оставляя только «измененные» пиксели изображения. Это выполняет функция `cv2.absdiff()`.



Рисунок 2. – Вычитание второго кадра из фона

После обработки всего видео можно получить данные об изменении размеров кристалла, площади и определить тенденцию изменения линейной скорости роста кристаллов.

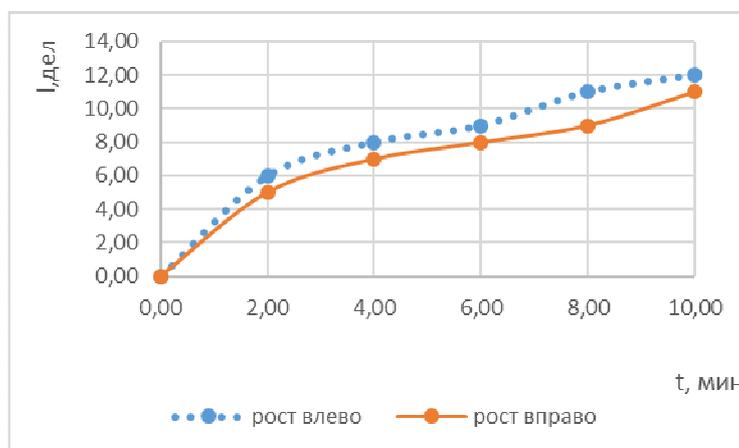


Рисунок 3. – Зависимость размера граней кристалла в двух направлениях от времени

**Особенности проведения эксперимента и обработки результатов.** После обработки видео можно выделить следующие особенности проведения эксперимента: во-первых, до начала съемки следует тщательно подобрать освещение, чтобы минимизировать зашумленность светом. Во-вторых, для того, чтобы рост кристалла был более выражен на соседних кадрах, нужно учесть зависимость испарения с поверхности от разности температуры между окружающей средой и раствором: чем выше разность температуры, тем быстрее растет кристалл. В-третьих, при обработке видео наличием неоднородности освещения, следует динамически изменять «фон» для вычитания. В данной работе использовалась функция `cv2.addWeighted()`, которая выполняет временное перекрестное растворение между двумя кадрами.

**Вывод.** Анализируя возможность использования компьютера в качестве измерительного комплекса для проведения лабораторных работ и физических экспериментов, можно сделать вывод о том, что этот инструмент позволяет исследователям обрабатывать огромные объемы информации, автоматизиро-

вать процессы и выявлять скрытые закономерности. Компьютерное зрение способствует развитию многих научных областей, открывая уникальные возможности для исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шапочкин, М. Б. Применение компьютера в физической лаборатории/ М.Б. Шапочкин, Ю.Б. Панкрашкин Физическое образование в вузах. 2003. Т. 9. № 1.
2. Ольховская, И. М. Создание алгоритма для определения размеров и плотности дефектов с использованием технологии компьютерного зрения / И. М. Ольховская, С. А. Вабищевич / Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк. – 2022. – № 45. – С. 58-60.

УДК 621.315

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ  
ВДОЛЬ ПОВЕРХНОСТИ ОПОРНОГО ИЗОЛЯТОРА В ПРИЛОЖЕНИИ FEMM****В. В. ПРОЗОРОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. Л. АДАМОВИЧ)*

Работа включает в себя изучение программы FEMM, анализ распределения электрического поля вокруг опорного изолятора, что позволило выявить зоны с повышенными напряжениями и потенциальными рисками утечек тока. Использование метода конечных элементов позволило детально исследовать влияние различных параметров конструкции изолятора на его электрические характеристики.

**Основы и возможности программного обеспечения FEMM.** Программа Finite Element Method Magnetics (сокращенно FEMM) позволяет проводить на персональных компьютерах расчет плоскомеридианных (осесимметричных) и плоскопараллельных стационарных или квазистационарных магнитных, а также стационарных электростатических полей. Пакет позволяет определять их цепные и полевые параметры и строить картины. Преимуществами рассматриваемого программного обеспечения также является лёгкость освоения.

Основная часть программы состоит из трех модулей: графического препроцессора, решателя и графического постпроцессора. Работа с пакетом при разработке новой модели начинается с запуска препроцессора. Первый этап – геометрические построения исследуемых объектов в полярных или декартовых координатах. Второй этап – задание для частей или блоков объекта свойств материалов (в том числе кривых намагничивания) и ввод граничных условий (Дирихле, Неймана, смешанных, периодичности и антипериодичности, специальных и др.). После этого начинается автоматическая работа решателя, обчисляющего параметры модели и строящего сетку конечных элементов. После окончания расчетов запускается постпроцессор, при этом создаются зонные картины полей: для стационарного магнитного поля – линий магнитного потока, для квазистационарного – линий действительного значения векторного магнитного потенциала. Параметры полей можно просмотреть в любой точке области, а в определенных зонах оценить ряд интегральных величин: магнитных потоков, индуктивностей, магнитных напряжений и т.д.[1],[2].

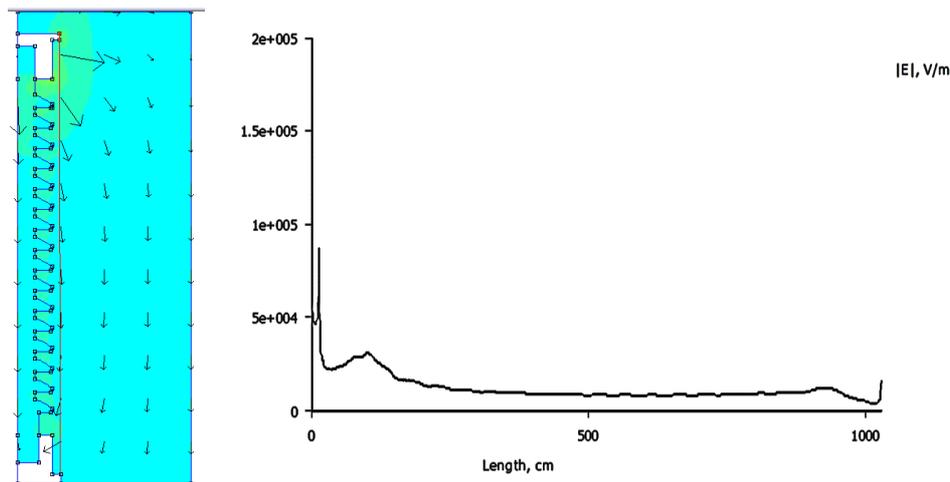
**Моделирование опорного изолятора.** В современной электротехнике опорные изоляторы играют ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности электрических сетей. Они предотвращают протекание тока по опорам и поддерживают высоковольтные провода на безопасном расстоянии от земли и друг от друга. С учетом их значимости, точное моделирование опорных изоляторов является важной задачей для инженеров-электриков.

На данном этапе рассчитано распределение напряженности электрического поля в пространстве снаружи опорного изолятора без выравнивающего экрана и с экраном. Так как изолятор имеет форму трубы то будет рассчитываться осесимметричная геометрия и рисоваться будет только одна половина изолятора.

*Порядок выполнения работы:*

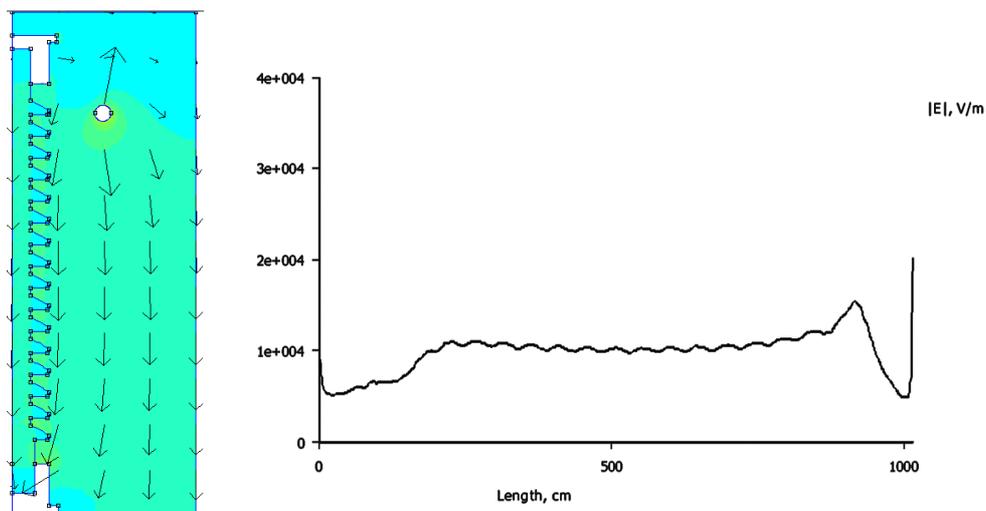
1. Запущена программа FEMM с рабочего стола. Нажата , затем «Problem» и сделаны установки типа проблемы.
2. Нажата  и установлен шаг сетки 30 см.
3. Добавлены точки (узлы)  по координатам (r; z) согласно данным опорного изолятора. (клавиша «Tab»).
4. Созданы линии . Внешний контур – это граница наружного пространства, вертикальная линия слева – ось симметрии изолятора.
5. Добавление материалов. «Properties» → «Materials» → «Add Property» → указать: Name «Air» (воздух), диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r = \epsilon_z = 1$ . Аналогично добавлен материал изолятора: Name «Izolator»,  $\epsilon_r = \epsilon_z = 5$  (фарфор).
6. Выбор граничных условий. Нажата «Properties» → «Boundary»: Name «Phase», Fixed Voltage: 90 000 В (амплитуда фазного напряжения сети 110кВ). Аналогично для земли: Name «Earth», 0 В.
7. Присваивание материалов областям. Нажата  и добавлены две метки - одну на изолятор, другую на воздух. Метки выделены правой кнопкой мыши, нажат «Пробел», появилось меню выбора материалов.
8. Присваивание свойств границам. Выделено верхнее ребро изолятора, нажат «Пробел», для него выбрано свойство «Phase». Аналогично выбраны две нижние линии «земли» и для них указаны свойство «Earth».

9. Выполнение расчета и анализ результатов. Нажата  для создания сетки, а затем расчет . Для просмотра результатов нажата , произошёл переход в новое окно. Для получения картины в виде распределения напряженности электрического поля нажата  и установлен «Field Intensity (|E|)». Нажата  для отображения напряженности в векторном виде, указан масштаб 3.
10. Получение графика напряженности электрического поля вдоль поверхности изолятора. Включена сетка и привязка к ней. Построена линия  примерно от начала верхнего электрода, до земли. Нажата , выбрано |E|, смотреть рисунок 1.



**Рисунок 1. – Распределение напряженности электрического поля вдоль поверхности изолятора в векторном виде и в виде графика**

11. Добавление экранирующего экрана для выравнивания электрического поля. Установлены две точки с координатами (180; 880) и (215,5; 880). Замкнуты дугами (180°) для образования окружности. Эта окружность - сечение кольцевого металлического экрана вокруг изолятора. Выделены дуги - «Пробел» - свойство «Phase», так как экран подключен в верхнему электроду и находится под тем же потенциалом.
12. Выбрана  и установлена метка внутри экрана. В свойствах метки указано «No Mesh», чтобы внутри сечения экрана сетка не создавалась, так как там расчет не нужен.
13. Повторен расчет, получено распределение напряженности поля и линейный график напряженности поля вдоль изолятора (смотреть рисунок 2).



**Рисунок 1. – Распределение напряженности поля и линейный график напряженности поля вдоль изолятора**

**Заключение.** Таким образом неравномерное распределение напряженности электрического поля вдоль опорного изолятора без экрана обусловлено его формой и материалом. Наибольшая напряженность поля обычно наблюдается у концов изолятора, где происходит переход к воздуху или другой среде. Это место является наиболее уязвимым для возникновения пробоя. Экранирующие устройства изоляторов играют важную роль в управлении электрическими полями и обеспечении безопасности в электрических системах. Благодаря ним происходит снижение напряженности электрического поля, что помогает защитить людей и оборудование от воздействия высоких полей. Кроме того, экраны могут предотвратить возникновение электрических разрядов, которые могут привести к повреждениям оборудования. Снижение напряженности электрического поля создают более безопасные условия для работы персонала вблизи высоковольтных установок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. FEMM// Version 4.2 User's Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.femm.info/wiki/Manual/>. – Дата доступа: 10.04.2024
2. Схем.net// Finite Element Method Magnetics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cxem.net/software/finiteElementMethodMagnetics.php?ysclid=m0v7varka238574195/>. – Дата доступа: 20.04.2024

УДК 621.315

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ИЗОЛЯЦИИ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ОДНОЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ С ДЕФЕКТАМИ ИЗОЛЯЦИИ В ПРИЛОЖЕНИИ FEMM

**В. В. ПРОЗОРОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. Л. АДАМОВИЧ)*

*Работа включает в себя анализ влияния дефектов изоляции на распределение электрического поля, что позволяет выявить зоны с повышенными напряжениями, способные привести к пробоям и другим нештатным ситуациям. Метод конечных элементов (МКЭ) предоставляет возможность детального изучения электрических характеристик кабеля, а также оценки влияния различных параметров конструкции и материала изоляции на его поведение в условиях эксплуатации.*

**Основы и возможности программного обеспечения FEMM.** Программа Finite Element Method Magnetics (сокращенно FEMM) позволяет проводить на персональных компьютерах расчет плоскомеридианных (осесимметричных) и плоскопараллельных стационарных или квазистационарных магнитных, а также стационарных электростатических полей. Пакет позволяет определять их цепные и полевые параметры и строить картины. Преимуществами рассматриваемого программного обеспечения также является лёгкость освоения.

Основная часть программы состоит из трех модулей: графического препроцессора, решателя и графического постпроцессора. Работа с пакетом при разработке новой модели начинается с запуска препроцессора. Первый этап – геометрические построения исследуемых объектов в полярных или декартовых координатах. Второй этап – задание для частей или блоков объекта свойств материалов (в том числе кривых намагничивания) и ввод граничных условий (Дирихле, Неймана, смешанных, периодичности и антипериодичности, специальных и др.). После этого начинается автоматическая работа решателя, обчисляющего параметры модели и строящего сетку конечных элементов. После окончания расчетов запускается постпроцессор, при этом создаются зонные картины полей: для стационарного магнитного поля – линий магнитного потока, для квазистационарного – линий действительного значения векторного магнитного потенциала. Параметры полей можно просмотреть в любой точке области, а в определенных зонах оценить ряд интегральных величин: магнитных потоков, индуктивностей, магнитных напряжений и т.д.[1],[2].

**Расчет напряженности поля без дефектов в изоляции кабеля.** В настоящее время многие страны практически полностью перешли на использование силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Кабели с материалом изоляции из СПЭ не имеют многих недостатков, характерных для кабелей с бумажной изоляцией. СПЭ имеет существенные преимущества: высокие электрические и механические параметры в более широком диапазоне рабочих температур, малую гигроскопичность (водопороницаемость).

Указанные положительные качества полиэтилена достигаются благодаря процессу его «сшивки» - изменение молекулярной структуры полиэтилена. Поперечные связи, образующиеся в процессе сшивки между молекулами полиэтилена, создают новую трехмерную структуру, которая и определяет высокие электрические и механические характеристики материала. При производстве кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 10 кВ используются две технологии сшивания изоляции: пероксидной сшивки для кабелей среднего (10-35 кВ) и высокого напряжений (110 кВ и выше), а также силановой сшивки для кабелей низкого и среднего напряжения (0,66-20 кВ).

*Порядок выполнения работы:*

1. Запущено приложение FEMM с рабочего стола – меню «New» – указан тип задачи. Меню «Problem» - указаны параметры геометрии. Установлен шаг экранной сетки  1 мм.

Для следующего этапа был выбран кабель со следующими характеристиками: сечение и диаметр токопроводящей жилы, номинальное напряжение и толщина изоляции соответственно:  $S_{ж} = 150\text{мм}^2$ ,  $\varnothing = 14$  мм,  $U_n = 35$  кВ,  $t_{из} = 9$  мм.

2. Создание кабеля. Установлены точки  по координатам (клавиша «Tab»). После этого точки были замкнуты дугами  (180°).

3. Выбор свойств материалов. Меню «Properties» – «Materials» – «Add Property». Для изоляции из сшитого полиэтилена установлено: Name: XPLE, диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_x = \epsilon_y = 2,4$ . Аналогично для свойств дефектного включения (пора) в изоляции: воздушное включение: Name: Air,  $\epsilon_x = \epsilon_y = 1$ ; водное включение: Name: Water,  $\epsilon_x = \epsilon_y = 80$ .

4. Выбор свойств границ. Меню «Properties» – «Boundary» – «Add Property». Для токопроводящей жилы: Name: Wire, Fixed Voltage: 28580 В, как амплитуда фазного напряжения для сети 35кВ: Для экрана: Name: Shield, Fixed Voltage: 0.

$$\frac{35\text{кВ}}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2} = 28,58 \text{ кВ} = 28580 \text{ В}$$

5. Присваивание свойств материалам и границам. Установлены маркеры  на изоляции и на жиле и указаны их свойства. Свойства вызваны нажатием «Пробел». Для жилы указано «No Mesh», так как в сечении жилы расчет не нужен, а интересует только изоляция.

6. Установка свойств границ. Включена  и выделены дуги на поверхности жилы (ПКМ), затем нажата клавиша «Пробел» - установлено свойство Conductor. Аналогично выделена дуга на экране и установлен - Shield.

7. Создание сетки и расчет. Нажата . Затем для расчета нажата . Далее нажата . Для отображения напряженности электрического нажата  и выбрано «Field Intensity (|E|)».

8. Получение распределения напряженности поля по толщине изоляции. Нажата  и построена линия, установив точки на поверхности жилы и на экране.

9. Нажата , выбрано «|E| (Magnitude of field intensity)», получив на отдельной вкладке график распределения напряженности электрического поля в изоляции вдоль линии.

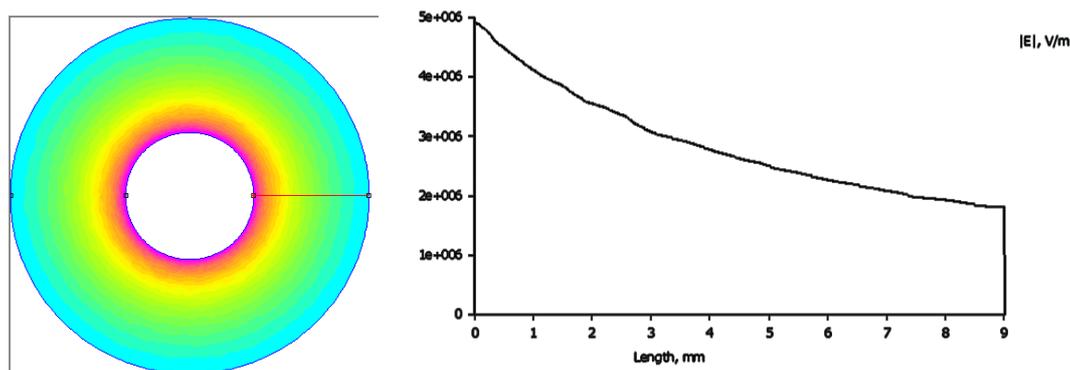


Рисунок 1. – Получение графика изоляции вдоль линии и сам график изоляции

**Расчёт напряженности поля при наличии дефектов в изоляции кабеля.** Произведен переход на вкладку модели. Созданы включения в изоляции: установлены две точки на расстоянии 1 мм в середине изоляции, замкнутые дугами. Нажата  и установлен маркер внутрь включения со свойством: «Air». Создана сетка, выполнен расчет и получен график распределения электрического поля в изоляции вдоль линии. Аналогичным образом был произведен расчёт распределения напряженности электрического поля одножильного кабеля с водяным и металлическим включением.

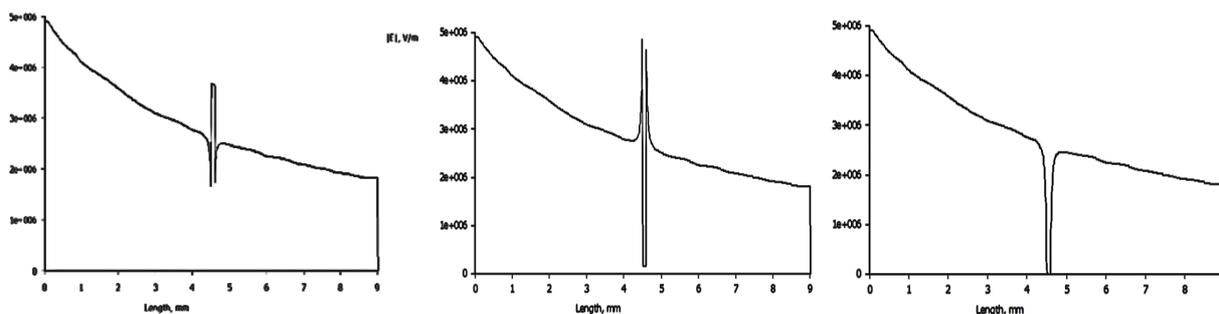


Рисунок 2. – Распределение напряженности электрического поля при наличии воздушного, водяного и металлического включения (слева направо)

**Заключение.** При дефектном включении воздух будет обладать меньшей способностью к накоплению электрического заряда, чем вода. Поэтому, напряженность электрического поля будет выше в воздушном включении или вблизи него, чем в водяном. Если говорить про водяное включение, здесь иначе: вода обладает более высокой диэлектрической проницаемостью по сравнению с воздухом. Это означает, что при дефектном включении водяное окружение будет способно лучше накапливать электрический заряд. В результате, напряженность электрического поля будет меньше в водяном включении или вблизи него, чем в воздушном. Металлические включения в изоляции провода в свою очередь могут привести к пробоя изоляции, ведь наличие металла может снизить диэлектрическую прочность изоляции, что увеличивает риск пробоя при высоких напряжениях. Это может вызвать искрение и серьезные повреждения. Кроме того, металлические включения могут вызывать локальные перегревы, что может привести к разрушению изоляции и дальнейшим повреждениям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. FEMM// Version 4.2 User's Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.femm.info/wiki/Manual/>.– Дата доступа: 10.04.2024
2. Схем.net// Finite Element Method Magnetics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cxem.net/software/finiteElementMethodMagnetics.php?ysclid=m0v7varka238574195/>.– Дата доступа: 20.04.2024

УДК 621.371: 550.837.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ ДЛЯ РАДИОИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА

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

Выполнено исследование комбинационных составляющих диэлектрической проницаемости среды для радиоимпульсного сигнала. Представлены зависимости для левой и правой поляризации электромагнитных волн от частоты несущего колебания над углеводородными залежами.

В современной электроразведке [1-5] наблюдается тенденция поиска новых методов, связанных с усложнением методик и технологий, преследующих сокращение времени аттестации контролируемой поверхности и улучшение качественных показателей эффективности. Большое число предлагаемых методов не имеют теоретического обоснования, порой противоречат канонам радиофизики. Все это требует пристального анализа физических процессов, происходящих над залежью углеводородов, конкретизации ее электродинамической модели для обоснования взаимодействия электромагнитных волн с залежью.

В ходе поисково-разведочных работ [6-9] применяются геологические, геофизические, гидрогеохимические методы, а также бурение скважин, и их исследование.

К геофизическим методам относятся сейсморазведка, электроразведка и магниторазведка.

Электрическая разведка основана на различной электропроводности горных пород. Так, граниты, известняки, песчаники, насыщенные соленой минерализованной водой, хорошо проводят электрический ток, а глины, песчаники, насыщенные нефтью, обладают очень низкой электропроводностью.

Магниторазведка основана на различной магнитной проницаемости горных пород. Наша планета - это огромный магнит, вокруг которого расположено магнитное поле. В зависимости от состава горных пород, наличия нефти и газа это магнитное поле искажается в различной степени.

К гидрохимическим относят газовую, люминесцентно-биту-монологическую, радиоактивную съемки и гидрохимический метод.

Бурение скважин применяют с целью оконтуривания залежей, а также определения глубины залегания и мощности нефтегазоносных пластов.

На рисунке 1 и рисунке 2 представлены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над углеводородными залежами (УВЗ) для электромагнитных волн левой и правой поляризации соответственно, где  $\epsilon_R = \Psi(\epsilon_r)$  - правая, а  $\epsilon_L = \Psi(\epsilon_r)$  - левая. Установлено, что с ростом частоты суммарная компонента уменьшается.

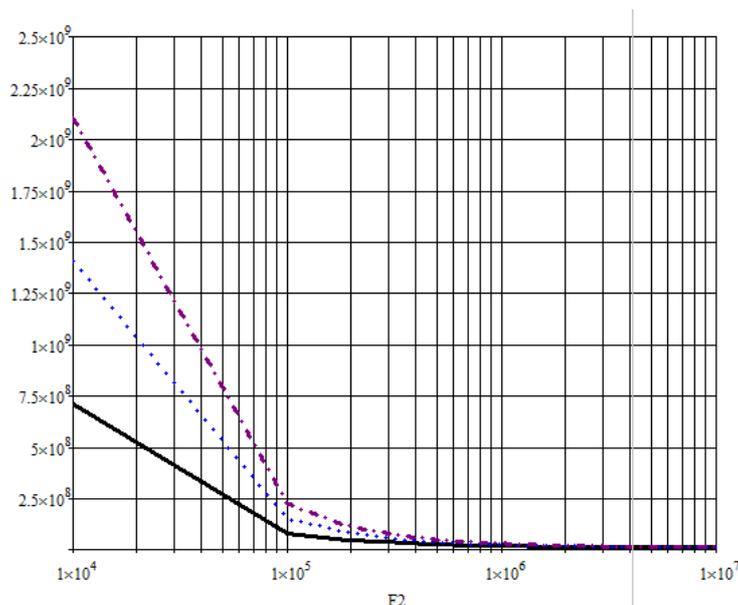
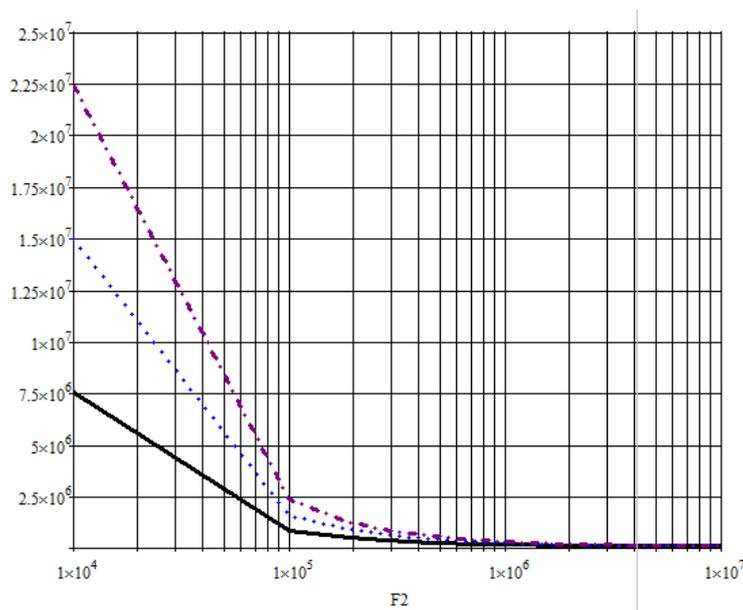


Рисунок 1. – Зависимости диэлектрической проницаемости от частоты несущего колебания для левой поляризации волны

Был проведен анализ компонентов влияния частоты радиоимпульсного сигнала, диэлектрической проницаемости среды на компоненты диэлектрической проницаемости.

На рисунке 2 представлены зависимости на частоте  $f = 10^4$  Гц, величина  $\text{Re}(eR)$   $\epsilon_r$  составляет  $2,25 \cdot 10^7$  единиц для диэлектрической проницаемости сред  $\epsilon_r = 10$ ,  $\text{Re}(eR1)$   $\epsilon_r$  составляет  $1,5 \cdot 10^7$  единиц для диэлектрической проницаемости сред  $\epsilon_r = 10$ ,  $\text{Re}(eR2)$   $\epsilon_r$  составляет  $7,5 \cdot 10^6$  единиц для диэлектрической проницаемости сред  $\epsilon_r = 10$ .

Как видно из приведенного графика, при изменении диэлектрической проницаемости среды над УВЗ происходит существенное изменение комбинационной компоненты тензора диэлектрической проницаемости.



**Рисунок 2. – Зависимости диэлектрической проницаемости от частоты несущего колебания для правой поляризации волны**

В результате проделанной работы выполнен анализ компонентов влияния частоты радиоимпульсного сигнала и типа поляризации, также изучены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для электромагнитных волн с правой и левой поляризацией  $\epsilon_R = \Psi(F2)$ ,  $\epsilon_L = \Psi(F2)$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Электроразведка. Справочник геофизика: в 2 кн. / Под ред. В.К. Хмелевского и В.М. Бондаренко. - 2-е изд. - М.: Недра, 1989. - Кн. 2.-378 с.
2. Денисов, С.Б. Высокочастотные электромагнитные методы исследования нефтяных и газовых скважин / С.Б. Денисов - М.: Недра, 1986.- 142 с.
3. Хаскинд М.Д. Распространение электромагнитных волн над гиротропной средой// Радиотехника и электроника. - М.: Наука, 1961. - Т.6, № 6. - С.886-894.
4. Озерков, Э.А. Новая технология компьютерной обработки материалов ЗСБ для прямого прогноза залежей нефти и газа (РЭМИС) / Э.А. Озерков [и др.] // Неклассическая геофизика: тез. докладов науч.- практ. семинара. - Саратов, 1999. - С. 41-43.
5. Москвичев В.Н. Исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью//Радиотехника и электроника. - Минск: Высшая школа, 1989-Вып. 18. - С.91-96.
6. Шаповал Л.И, Медведева Н.Г, Панова А. А, Некрасова Л.А. Закономерности уплотнения осадков и оценка геостатического питания межсолевого и рифейско-вендского комплексов Белоруссии// Гидрогеология и инженерная геология Белоруссии: Сб. научн. трудов. - Минск: БелНИГРИ, 1975. - С. 141-155.
7. Huang R.H, Dyl I.Z. Zow temperature (-80 C) termionic electron emission from alkalis and electrides//Chem Phys Zett. - 1990. -Vol.166, № 2. -P. 133- 136.
8. Березкин В.М., Киричек М.А., Кунарев А.А. Применение геофизических методов разведки для прямых поисков месторождений нефти и газа. - М.: Недра., 1978.-224 с.
9. Леонтьев Е.И. Моделирование в петрофизике. - М.: Недра, 1978. -125с.

УДК 621.371: 550.837.6

## ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ РАДИОИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ НА КОМПОНЕНТЫ ТЕНЗОРА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ.

В. И. РАСКИН

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

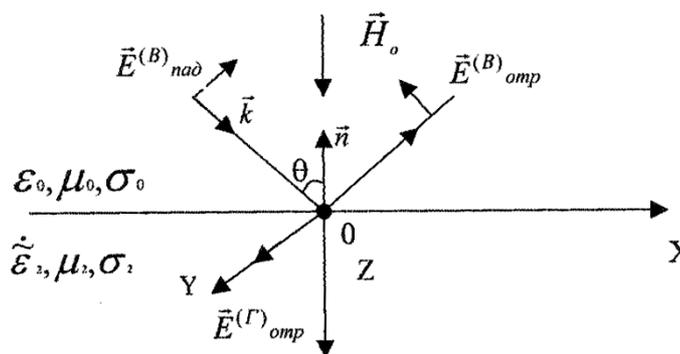
*Выполнен анализ компонентов влияния частоты радиоимпульсного сигнала, диэлектрической проницаемости среды на компоненты диэлектрической проницаемости. Представлены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над углеводородными залежами для электромагнитных волн. Указаны области применения.*

Нефть и природный газ являются одним из основных полезных ископаемых, которые использовались человеком еще в глубокой древности. Особенно быстрыми темпами добыча нефти стала расти после того, как для ее измельчения из недр земли стали применяться буровые скважины. Целью поисково-разведочных работ является выявление, оценка запасов и подготовка к разработке промышленных залежей нефти и газа.

Решение задач взаимодействия электромагнитной волны и углеводородной залежи, находящейся на фоне гетерогенной и полифазной среды связано с учетом сложных физических процессов над залежами углеводородов, условиями их залегания. До недавнего времени электродинамическое описание залегающей неоднородности сводилось к его представлению в виде «тела с конечной проводимостью, погруженного в среду с потерями». В настоящее время существует несколько физических моделей залежей углеводородов, учитывающих миграцию углеводородов в среде над залежами к поверхности Земли. В этом случае воздействие электромагнитных сигналов на такое образование может быть описано как одно-резонансным, так и многорезонансным взаимодействием.

На практике, как правило, для выделения материальных объектов на фоне окружающей среды, используются отражательные характеристики, которые служат инструментом для оптимизации электрических параметров зондирующего сигнала [1,2]. Исследуемую залежь углеводородов можно представить в виде анизотропной неоднородности на трассе связи. [3-8]

В общем случае пространственная ориентация внешней нормали к границе раздела сред и волнового вектора  $\vec{k}$  является произвольной (рисунок 1) и процесс взаимодействия электромагнитных волн с локальным включением на трассе распространения радиоволн можно представить в виде режима наклонного падения плоской волны с вертикальной поляризацией на безграничную поверхность (в приближении больших характерных размеров неоднородности по сравнению с длиной волны зондирующего сигнала). [9]

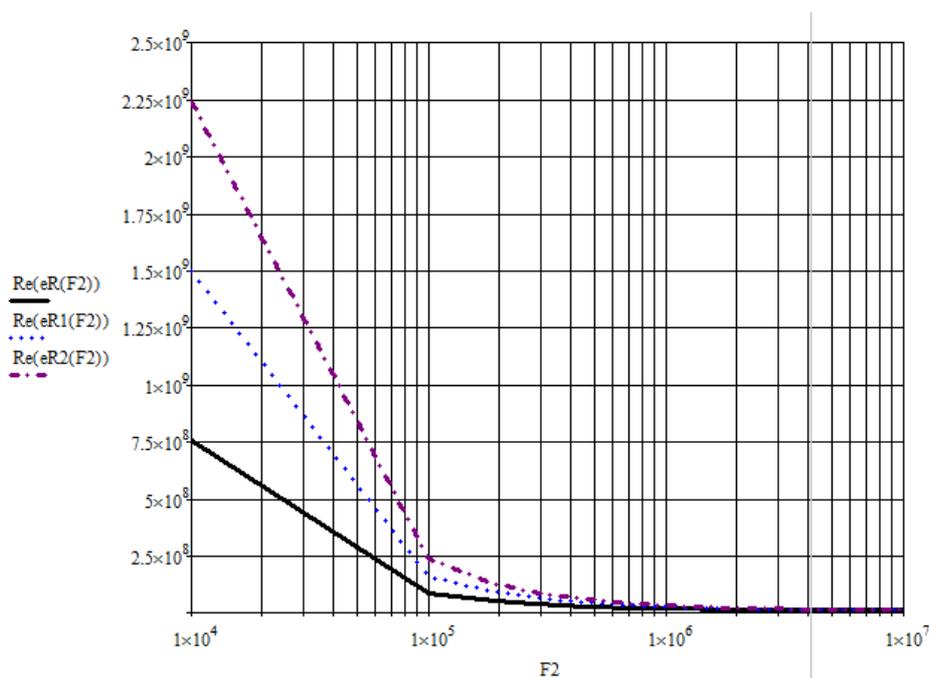


**Рисунок 1. – Геометрия задачи для ЭМВ  
с вертикальной поляризацией поля**

Был проведен анализ компонентов влияния частоты радиоимпульсного сигнала, диэлектрической проницаемости среды на компоненты диэлектрической проницаемости.

На рисунке 2 представлены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над углеводородными залежами (УВЗ) для электромагнитных волн с правой поляризацией  $\epsilon_R = \Psi(F2)$ . Установлено что с ростом частоты суммарная компонента уменьшается.

Как видно из приведенного графика, при изменении диэлектрической проницаемости среды над УВЗ происходит существенное изменение комбинационной компоненты тензора диэлектрической проницаемости, что может быть использовано для определения характеристик сред над УВЗ.



**Рисунок 2. – Зависимости диэлектрической проницаемости от частоты несущего колебания**

В результате проделанной работы выполнен анализ компонентов влияния частоты радиоимпульсного сигнала и изучены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для электромагнитных волн с правой поляризацией  $\varepsilon_R = \Psi(F2)$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов, С.Б. Высокочастотные электромагнитные методы исследования нефтяных и газовых скважин / С.Б. Денисов - М.: Недра, 1986. - 142 с.
2. Хаскинд М.Д. Распространение электромагнитных волн над гиротропной средой// Радиотехника и электроника. - М.: Наука, 1961. - Т.6, № 6. - С.886-894.
3. Озерков, Э.А. Новая технология компьютерной обработки материалов ЗСБ для прямого прогноза залежей нефти и газа (РЭМИС) / Э.А. Озерков [и др.] // Неклассическая геофизика: тез. докладов науч.- практ. семинара. - Саратов, 1999. - С. 41-43.
4. Метиславская, Л. П. Нефтегазовое производство (Вопросы, проблемы, решения): учебное пособие / Л. П. Метиславская. – М.: РГУ нефти и газа, 1999.
5. Электроразведка. Справочник геофизика: в 2 кн. / Под ред. В.К. Хмелевского и В.М. Бондаренко. - 2-е изд. - М.: Недра, 1989. - Кн. 2.-378 с.
6. Черняк, Г.Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии и инженерной геологии / Г.Я. Черняк. - М.: Недра, 1987. - 215 с.
7. Бабкин, Ю.А. Электрохимические процессы в земной коре на примере залежи нефти и газа / Ю.А. Бабкин // Літасфера. – Минск : ИГН НАНБ, 1996. - №9. - С. 121-124.
8. Черенкова Е.Л. Чернышев О.В. Распространение радиоволн.-М: Радио и связь, 1984.-272 с.
9. Хаскинд М.Д. Распространение электромагнитных волн над гиротропной средой// Радиотехника и электроника. - М.: Наука, 1961. - Т.6, № 6. - С.886-894.

УДК 520.272.2

## СИНУСОИДАЛЬНАЯ АНТЕННА

**Т. А РОЩУПКИН., Н. М. ШАРИПА**  
(Представлено: **К. И. ИВАНОВА**)

*В работе рассмотрены особенности синусоидальной антенны, а также основные практики и подходы к проектированию и расчету данной антенны, и ее плеч. Показаны преимущества использования синусоидальной антенны и метод моделирования антенны.*

**Синусоидальная антенна** представляет собой комбинацию спиральной антенны и логопериодической антенны. Эта уникальная структура приводит к созданию антенны, которая обеспечивает широкополосные характеристики, имеет двойную поляризацию, высокий коэффициент усиления и стабильный импеданс. Синусоидальные антенны используются в системах пеленгации, мониторинге здоровья человека, электромагнитных импульсных (ЭМИ) устройствах, системах ближнего зондирования, таких как георадары, там, где необходимо свойство сверхширокополосности (СШП), например, высокоточное позиционирование внутри помещений, и для различных других нужд.

Требование двойной поляризации диктует необходимость иметь две эквивалентные структуры, каждая из которых соответствует одному направлению поляризации. Это достигается сначала созданием одного набора "рукавов" для достижения линейной поляризации, а затем добавлением другого набора рукавов, аналогичного первому, но повернутого на 90 градусов, чтобы обеспечить ортогональное направление поляризации. Часть плеча, расположенная близко к центру, имеет короткую длину волны, в то время как элемент на конце (вдали от центра) имеет большую длину волны. Эта уникальная конфигурация позволяет синусоидальным антеннам иметь широкую полосу пропускания. Необходимо убедиться, что два набора "рукавов" не пересекаются, а геометрия структуры соответствует логопериодическим принципам и является самодополняющей.

Каждый из четырех рукавов имеет угловую ширину  $\delta$ , при этом расстояние между элементами непрерывно увеличивается до конца последнего элемента антенны. Угловая ширина может использоваться для управления импедансом этой антенны и имеет типичные значения, лежащие в диапазоне от 30° до 70°.

Подходящая линия передачи, такая как полосковая линия или микрополосковый балун, может быть использована в качестве линии подачи к каждому из четырех плеч. Пара антенных плеч, расположенных друг напротив друга, возбуждается за счет подачи мощности по этой линии, которая равна по величине, но на 180° отклоняется по фазе друг от друга. Любые два противоположных плеча физически отделены друг от друга на длину, равную  $\frac{\lambda}{2}$ . В результате, такой выбор мощности приведет к получению

двух сигналов, которые линейно поляризуются в своих направлениях. Поскольку эти антенны также являются спиральными по своей природе, они демонстрируют круговую поляризацию в двух направлениях. И в зависимости от линии отсчета и выбора осей, одну можно рассматривать как левую круговую поляризацию, а другую как правую круговую поляризацию.

Таким образом, эти антенны демонстрируют поляризационное разнесение из-за этой двойной поляризационной природы. Благодаря такой поляризации в обоих направлениях они могут использоваться для приема сигналов от приемопередатчиков с любой ориентации и на обширной территории. Кроме того, эти две поляризации ортогональны друг другу, т.е. являются пространственно независимыми лучами и не интерferируют друг с другом.

При соответствующем выборе длины волны или частоты и полосы пропускания эта антенна может использоваться для излучения сверхширокополосных сигналов. Это особый тип сигналов, которые имеют полосу пропускания более 500 МГц. Таким образом, излучение СШП сигнала наряду с поляризационным разнесением демонстрируется этой одной синусоидальной антенной, что делает ее идеально подходящей для различных применений СШП и в других случаях, где требуется высокая точность.

Генерация синусоидальной кривой:

Логопериодическая структура считается состоящей из "ячеек", каждая из которых является масштабированной версией своей предшественницы. Ячейки синусоидальной структуры сгенерированы из синусоидальной кривой, которая определяется уравнением

$$\phi = (-1)^p \alpha_p \sin \frac{180 \ln(r/R_p)}{\ln(\tau_p)},$$

где  $r, \phi$  — полярные координаты кривой для  $p$ -й ячейки. Ячейка-1 соответствует самой внешней ячейке с радиусом  $R_1$ . Следовательно,  $R_{p+1} \leq r \leq R_p$ . В общем,  $R_p = \tau_{p-1} R_{p-1}$ . Чтобы следовать логопериодической

философии проектирования,  $\alpha_p$  и  $\tau_p$  являются константами. Синусоидальная кривая, полученная из этого уравнения, стала основой для создания синусоидального "рукава", как описано ниже.

Создание синусоидального "рукава":

Синусоидальная кривая проведена под углом вокруг своей оси, чтобы сгенерировать один синусоидальный рукав. Затем этот рукав был скопирован после поворота на  $180^\circ$  вокруг начала оси координат. Это создало один диполь. Полученная структура скопирована после поворота на  $90^\circ$  вокруг начала координат для получения желаемого двойного диполя (и, следовательно, двойной поляризации) синусоидальной антенны.

Самодополняющийся синусообразный узор и расчет входного импеданса:

Синусообразная структура сгенерирована, как описано выше, со следующими параметрами:  $\alpha = 45^\circ$ ,  $R_1 = 6,35$  сантиметра и  $T = 0,75$ . Самодополняющаяся структура обеспечена значением  $\delta = 22,5^\circ$ . Как показал Букер, N-рукавная самодополняющаяся структура имеет сбалансированный входной импеданс каждой пары рукавов, заданный:

$$Z_m = \frac{60\pi}{\sin \frac{M\pi}{N}} \Omega,$$

где  $M$  – номер режима. При использовании режима 1 образуется четырехрукавная структура, следовательно, входной импеданс будет составлять  $267\Omega$ . Фактический импеданс несколько ниже из-за структуры питания в центре антенны.

Частотное покрытие:

Для синусоидальной структуры активная резонансная область находится на радиусе, заданном как

$$r = \frac{\lambda}{4(\alpha + \delta)},$$

где  $\alpha$  и  $\delta$  находятся в радианах. Резонансные радиусы при различных частотах для выбранных параметров формы приведены в таблице ниже, основанной на вышеуказанном соотношении.

Таблица 1. – Резонансные радиусы при различных частотах

Частота, ГГц	Резонансный радиус, см
1,0	6,35
1,2	5,33
1,4	4,57
1,6	4,07
1,8	3,56
2,0	3,05
2,5	2,8

Таким образом, элемент диаметром 12,7 сантиметров, спроектированный ниже, охватывает весь диапазон 1,0 ГГц – 2,5 ГГц.

Моделирование антенны в HFSS:

Извилистая спиральная антенна

Единицы измерения	cm
Средняя частота (ГГц)	1.75
Количество точек вдоль плеча	200
Количество ячеек	8
Альфа (градусы)	45
Прирост	0.75
Внешний радиус	12.7
Дельта (градусы)	22.5
Количество плеч (2 или 4)	4
Высота расширения порта	0.1
Внешняя граница	ABC

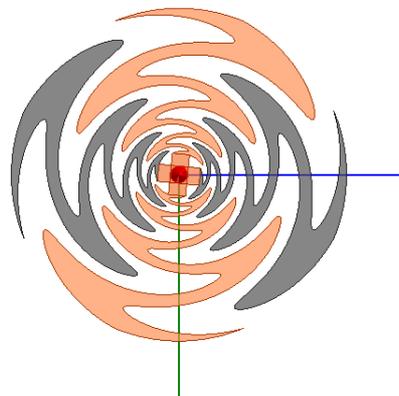


Рисунок 1. – Параметры смоделированной антенны и ее внешний вид

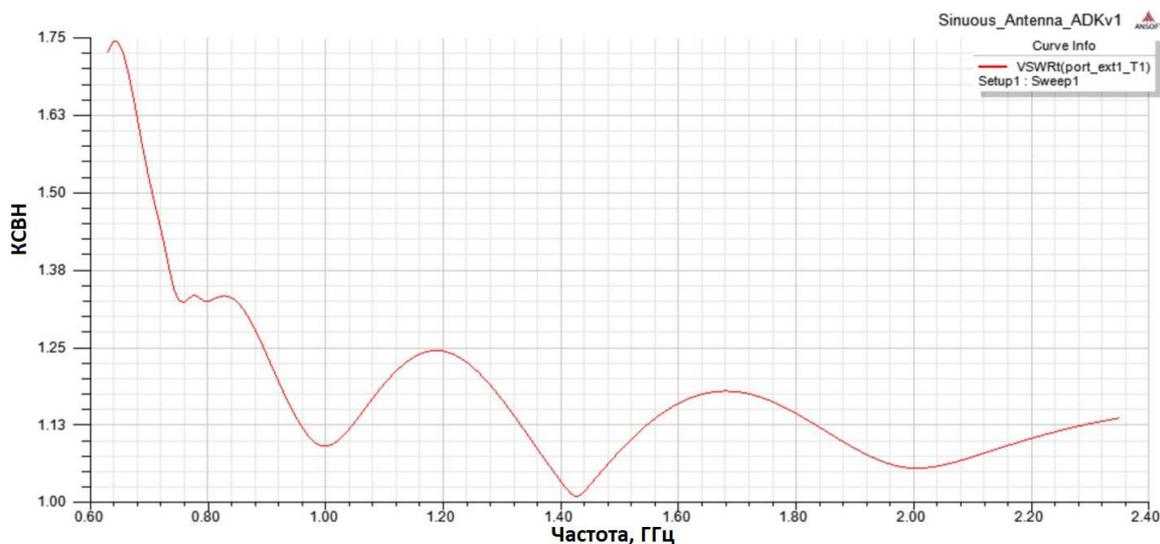


Рисунок 2. – График коэффициента стоячих волн

**Заключение.** Антенны преобразуют импеданс источника радиочастоты в импеданс свободного пространства. Они должны быть способны достигать этого преобразования на всем диапазоне рабочих частот (независимо от частоты входного сопротивления). Таким образом, система с высокой полосой пропускания требует широкополосной антенны. Диаграмма направленности должна быть одинаковой на всех частотах в рабочем диапазоне. Для некоторых нужд необходимо, чтобы антенна была поляризована, и часто требуется, чтобы размеры антенны были как можно меньше. Легкость изготовления структуры должна рассматриваться как дополнительное преимущество. Синусоидальная антенна, описанная выше, имеет все эти качества и должна быть особенно полезной для изготовления фазированных антенных решеток.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Синусоидальная антенна [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://sites.astro.caltech.edu/~rogero/thesis/Ch5\\_The\\_Sinuous\\_antenna.pdf](https://sites.astro.caltech.edu/~rogero/thesis/Ch5_The_Sinuous_antenna.pdf) – Дата доступа: 09.10.2024
2. Что такое синусоидальные антенны [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.everythingrf.com/community/what-are-sinuous-antennas> – Дата доступа: 09.10.2024

УДК 004.42

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫМ МАКЕТОМ “УМНЫЙ ДОМ”

**А. Г. САВИЦКИЙ**  
(Представлено: А. О. ЛУКЬЯНОВ)

*В статье описаны основные этапы разработки и функциональные особенности мобильного приложения на базе Android для управления лабораторным макетом “Умный дом”. Приложение отличается удобным пользовательским интерфейсом и универсальностью, что позволяет пользователям легко настраивать и управлять устройствами.*

**Введение.** Умный дом — это система, которая объединяет интеллектуальные устройства для автоматизации различных процессов в жилом помещении, таких как освещение, климат-контроль, безопасность и мультимедиа, с возможностью управления через интернет. Эти системы делают жизнь пользователей более удобной и безопасной за счет автоматизации бытовых задач и удаленного контроля. Умные дома значительно повышают уровень комфорта и безопасности, позволяют снизить энергопотребление за счет оптимизации работы электроприборов, а также обеспечивают удалённое управление всеми системами через мобильные устройства [1]. Аналогов программного обеспечения на рынке достаточно много, но многие приложения направлены на управление продуктами определённых производителей оборудования. Концепцию умного дома старается реализовать каждая крупная компания и, соответственно, выпустить своё приложение для управления собственной системой. Большинство из этих приложений привязывают пользователя к экосистеме одного бренда. Существующие приложения на рынке, которые позволяют управлять функциями лабораторного макета “Умный дом”, не позволяют использовать все доступные функции. Из-за этого появляется необходимость в разработке собственного приложения.

**Постановка задачи.** Разрабатываемое приложение должно обладать удобным пользовательским интерфейсом, который интуитивно понятен пользователю. Настройка всего приложения и подключение к устройствам планируется реализовать максимально простым способом: от пользователя потребуется всего лишь включить передачу данных или Wi-Fi на смартфоне. Разрабатываемое приложение должно быть универсальным.

**Методы исследований.** Приложение для управления умным домом предоставляет возможность создания и редактирования сценариев запуска устройств, обеспечивая при этом интуитивно понятный пользовательский интерфейс. В качестве основного протокола передачи данных используется MQTT. Данный протокол обеспечивает надежную передачу данных в реальном времени с минимальной нагрузкой на сеть, что делает его идеальным для использования в умных домах и системах IoT. Благодаря простоте и гибкости, этот протокол поддерживает широкий спектр приложений — от домашней автоматизации до промышленных систем мониторинга [2]. Дополнительно, приложение отображает статистику работы системы в виде графиков, предоставляя пользователю удобный способ мониторинга и анализа данных.

**Сравнение аналогов.** Для сравнения были рассмотрены популярные приложения для управления умным домом на ОС Android.

Таблица 1. – Сравнительная характеристика аналогов разрабатываемого приложения

Критерий анализа	MiHome	SmartLife	Умный дом от MiniSmart	Умный дом Белтелеком
Удобство для пользователя	Да	Да	Нет	Да
Современный дизайн	Да	Да	Нет	Нет
Возможность просмотра данных от устройств в виде графиков	Нет	Да	Нет	Нет
Универсальность	Нет	Да	Нет	Нет

– **MiHome:** Приятный дизайн, интуитивный интерфейс, поддержка множества устройств и сценариев. Минусы: работает только с устройствами Xiaomi, требует регистрации, сложное подключение и синхронизация устройств.

– **SmartLife:** Интуитивный интерфейс, управление голосом, автоматическое сканирование устройств, создание сценариев. Минусы: требует авторизации для доступа к интерфейсу, сложная настройка подключения, отсутствие функции просмотра статистики.

– **Умный дом VI:** Не требует регистрации, возможность получения SMS уведомлений, подключение к тестовому макету. Минусы: непонятный интерфейс, сложное подключение устройств, отсутствие возможности создания сценариев и просмотра данных за период.

– **Белтелеком Умный дом:** Простое подключение к устройствам через Wi-Fi, интуитивный интерфейс. Минусы: требует авторизации, работает только с системой “Умный дом” от Белтелеком, ограниченный список поддерживаемых устройств.

**Выбор языка программирования и среды разработки.** Для разработки Android-приложения был выбран язык **Kotlin**. Он обладает современным синтаксисом, совместим с Java и предоставляет более лаконичный и безопасный код [3]. В качестве среды разработки используется **Android Studio**. Это официальная IDE для Android, которая включает все необходимые инструменты для создания, отладки и тестирования приложений, а также поддерживает Gradle для автоматизации сборки проектов [4].

**Возможности приложения и их реализация.** Приложение имеет широкую вариативность выполняемых функций, что позволяет охватить большой объём возможных задач, требуемых пользователю. Варианты использования представлены на диаграмме ниже (рисунок 1).

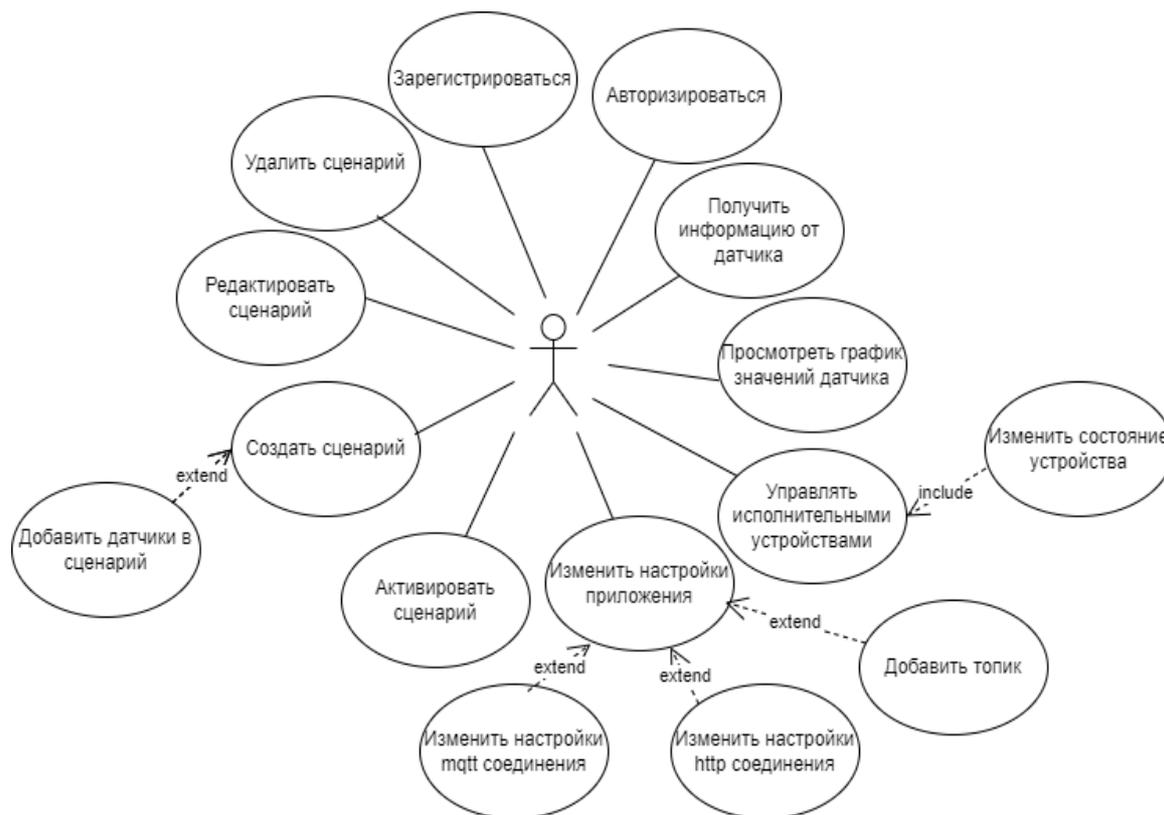


Рисунок 1. – Диаграмма вариантов использования Функции приложения

**Регистрация и авторизация пользователей:** Приложение поддерживает регистрацию и вход в систему для обеспечения безопасности. Для хранения учетных данных используется удалённый сервер. При регистрации и авторизации данные пользователя отправляются на сервер, где они проверяются. После успешной проверки пользователю выдается специальный токен для дальнейшего использования приложения.

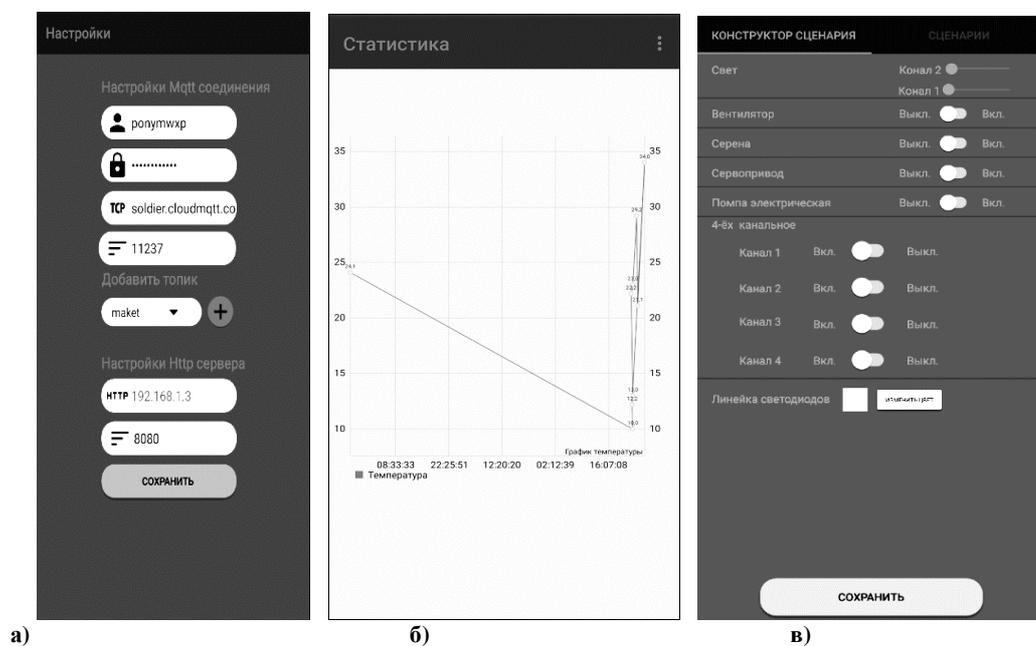
**Управление устройствами:** Пользователь может включать и выключать устройства через мобильное приложение. Для управления устройствами используется специальный протокол, который позволяет отправлять команды на устройства, подключённые к системе. Приложение соединяется с сервером управления устройствами через интернет, обеспечивая быстрый отклик на действия пользователя.

**Создание сценариев:** Пользователь может создавать сценарии для автоматизации работы устройств. Сценарии, такие как “включить свет при заходе солнца”, сохраняются в базе данных приложения. Каждый сценарий содержит список устройств и действий, которые необходимо выполнить в определённое время или при выполнении условия. Внешний вид экрана создания сценария показан на рис. 2 (в)

**Редактирование сценариев:** Пользователь может изменять существующие сценарии, добавляя или удаляя устройства из сценария, а также изменяя условия его выполнения. Все изменения сохраняются в базе данных, и сценарий обновляется автоматически.

**Мониторинг состояния сенсоров:** Приложение отображает данные, полученные от сенсоров в реальном времени. Оно подключается к серверу, который собирает информацию с различных сенсоров, таких как температура или влажность. Эти данные отображаются на экране в режиме реального времени, позволяя пользователю следить за состоянием системы.

**Отображение данных в виде графиков:** Данные с сенсоров можно просматривать в виде графиков и диаграмм, что позволяет наглядно отслеживать изменения параметров, таких как температура или влажность, на протяжении времени. Внешний вид экрана отображения данных в виде графика приведен на рис. 2 (б)



**Рисунок 2. – Пользовательский интерфейс:**  
экран настроек приложения (а), экран с графиком показаний датчика температуры (б)  
и экран конструктора сценариев (в)

**Уведомления:** Приложение отправляет уведомления пользователю о состоянии устройств. Если состояние устройства меняется или срабатывает сценарий, приложение отправляет всплывающее уведомление на телефон пользователя, чтобы он был в курсе происходящего.

**Закключение.** В данной статье рассмотрено создание мобильного приложения для управления умным домом. Приложение разработано на языке Kotlin с использованием среды разработки Android Studio. Оно позволяет пользователям управлять устройствами, создавать сценарии автоматизации, отслеживать состояния сенсоров и отображать данные в виде графиков. Применение протокола MQTT, широко распространенного в системах домашней автоматизации, обеспечивает надежную передачу данных между устройствами и приложением. Приложение поддерживает работу с различными типами сенсоров, включая датчики температуры и влажности, которые позволяют отслеживать климатические условия в помещении, датчики движения, обеспечивающие безопасность, фиксируя движение в доме, датчики освещенности, помогающие автоматизировать управление освещением в зависимости от уровня естественного света, и датчики дыма и газа, повышающие уровень безопасности, своевременно обнаруживая опасные концентрации веществ. Разработанное приложение отличается интуитивно понятным интерфейсом и множеством разнообразных функций, что делает его удобным инструментом для автоматизации домашних процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое умный дом? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-home-or-building> – Дата доступа: 25.09.2024.
2. Основы MQTT. Полное руководство по MQTT для начинающих и экспертов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hivemq.com/mqtt/> – Дата доступа: 25.09.2024.
3. Обзор Kotlin/Kotlin для Android [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html> – Дата доступа: 25.09.2024.
4. Встречайте Android-studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=ru> – Дата доступа: 26.09.2024.

УДК 004.3

## СОЗДАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СМАРТ-СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА УМНОГО ДОМА

**А. Г. САВИЦКИЙ***(Представлено: А. О. ЛУКЬЯНОВ)*

*В данной статье описаны структура и состав макета умного дома, а также программные технологии, применяемые в реализации. При этом поясняется выбор отдельных компонентов и решений, которые применены. Перечислены сферы применения и преимущества от использования интерактивного макета.*

**Введение.** С развитием технологий наше повседневное окружение становится все более умным и автоматизированным. Умные дома и интернет вещей (IoT) переписывают правила игры, предлагая инновационные решения для повышения комфорта, безопасности и энергоэффективности нашего жилища. Для этих целей в настоящее время активно применяются отладочные платы и комплекты разработчиков, которые не позволяют проследить взаимодействие различных компонентов в составе системы умного дома для выполнения возложенных на неё задач. Целью статьи является описание комплексного подхода к созданию макета домашней автоматизации для использования в процессе обучения.

**Постановка задачи.** В первую очередь необходимо определиться с контроллером для сбора данных, управления и предоставления интерфейса взаимодействия с пользователем. Для этой цели часто используются одноплатные компьютеры и микроконтроллеры. Рассматривая микроконтроллеры можно отметить высокое быстродействие в задачах реального времени и относительно простую управляющую программу для обеспечения взаимодействия всех подключённых устройств. Однако при использовании микроконтроллеров осложняется задача сбора большого количества данных с возможностью их дальнейшего анализа и обработки. Также, при использовании микроконтроллера, могут возникнуть ограничения при создании пользовательского интерфейса.

**Методы исследований.** Применяя одноплатный компьютер в качестве основы для макета появляется возможность организовать полноценный сбор данных с дальнейшей обработкой и визуализацией в интерфейсе пользователя. При этом ресурсов этого типа платформы достаточно для обработки данных с различных датчиков и взаимодействия с исполнительными устройствами без видимой задержки. Также, благодаря использованию высокоуровневых языков программирования для реализации управляющего алгоритма, есть возможность для построения более сложных алгоритмов обработки получаемых данных. Ко всем преимуществам одноплатных компьютеров можно отнести и наличие большого количества портов ввода/вывода, что позволяет напрямую подключать датчики и исполнительные устройства без использования различных конвертеров интерфейсов.

**Результаты и их обсуждение.** В процессе проектирования макета было рассмотрено несколько одноплатных компьютеров, после чего выбор сделан в пользу Raspberry Pi 3B - это мощная, экономичная одноплатная платформа, которая предоставляет широкие возможности для создания проектов в области "Интернета вещей" (IoT), домашней автоматизации и образовательных решений. Благодаря встроенным интерфейсам, таким как GPIO, I2C и SPI, а также поддержке Wi-Fi и Bluetooth. Что позволяет легко подключать различные устройства и управлять ими удалённо через интернет [1].

Следующим этапом проектирования макета был выбор интерфейса взаимодействия контроллера с периферийными узлами: датчиками и исполнительными устройствами. Для этой цели наиболее оптимальным решением являются шины для связи между отдельными компонентами внутри электронных устройств: SPI, I2C и UART. Для обеспечения наименьшего количества соединительных проводов и повышения наглядности структуры макета выбрана шина I2C, так как она обладает значительными преимуществами для внутриплатной связи на короткие расстояния. Во-первых, его гибкость позволяет организовать связь между несколькими ведущими и ведомыми устройствами, что упрощает добавление новых компонентов. Функция адресации упрощает подключение устройств, устраняя необходимость в дополнительных линиях выбора. Протокол также прост в реализации, так как требует всего двух сигнальных линий. Для повышения надёжности, I2C использует механизм подтверждения (ACK/NACK) для обработки ошибок. Кроме того, он адаптируется к устройствам с разной скоростью работы [2].

Однако часть устройств не поддерживают данный интерфейс, используя логический или аналоговый вход/выход. Для взаимодействия с такими устройствами применён расширитель портов и АЦП с I2C интерфейсом. Также допускается подключение этих устройств напрямую к контроллеру через его интерфейс ввода/вывода общего назначения.

Особенность шины I2C заключается в необходимости подтяжки к напряжению питания линий данных и тактирования с использованием резисторов номиналом от 1,5 кОм до 10 кОм. Однако на линии могут одновременно использоваться устройства в виде готовых модулей с уже установленными подтягивающими резисторами. Поэтому для предотвращения чрезмерного снижения сопротивления резисторов подтяжки и организации одновременной работы устройств с различными логическими уровнями используется коммутатор шины на 8 каналов, что позволяет подключить каждое устройство на отдельный канал.

Далее вкратце рассмотрим используемые в макете датчики и исполнительные устройства. Так наряду со стандартным набором датчиков влажности и температуры, атмосферного давления, определения движения и открывания двери присутствуют датчики освещенности, влажности почвы и потребляемой мощности. Исполнительные устройства представлены в виде диммируемых светодиодных лент, адресной светодиодной подсветки, сервопривода открывания двери, а также вентилятора охлаждения и водяного насоса. Помимо этого, макет содержит элементы непосредственного взаимодействия с пользователем: символьный дисплей и матричную клавиатуру, которые продемонстрированы на рис.1. Широкий набор различных узлов системы позволяет максимально охватить взаимодействие компонентов в рамках одной системы и наглядно продемонстрировать происходящие в ней процессы.

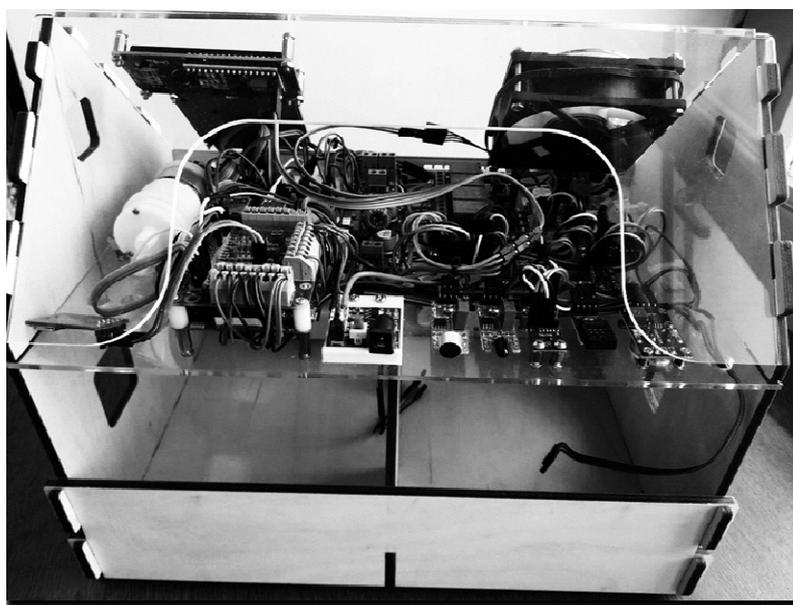


Рисунок 1. – Коммутация компонентов в готовом макете



Рисунок 2. – Символьный дисплей и матричная клавиатура на макете

После проектирования аппаратной части рассмотрим используемые программные компоненты для обеспечения взаимодействия всех элементов системы. Основным языком программирования при создании управляющего алгоритма выбран Python. Этому поспособствовало простота интеграции с различными компонентами системы, такими как база данных, веб интерфейс и аппаратные интерфейсы одноплатного компьютера, а также лёгкость написания достаточно сложных алгоритмов обработки и анализа полученных данных. При этом в наличии достаточно большая база библиотек для взаимодействия с различными аппаратными узлами системы.

Для сбора и последующего отображения данных с датчиков применяется реляционная база данных MariaDB. Преимущества использования данной БД включают её открытый исходный код, что обеспечивает высокую гибкость. Это позволяет пользователям изменять и адаптировать платформу под свои нужды, а также добавлять плагины и расширения для повышения функциональности. MariaDB также предлагает высокую безопасность, включая защиту от SQL-инъекций, шифрование данных и различные методы аутентификации, что важно для защиты чувствительной информации пользователей. Кроме того, она совместима с множеством языков программирования, таких как C++, Java, Python и Ruby, что позволяет разработчикам работать в привычной среде. Из недостатков следует обратить внимание на снижение производительности при выборке большого количества элементов на одноплатных платформах вследствие ограничения пропускной способности карт памяти, на которых располагаются все системные файлы [3].

Для реализации веб-интерфейса используется веб-фреймворк Flask, а для наглядного представления данных с датчиков в виде графиков и диаграмм применяется пакет Grafana.

Flask является микро веб-фреймворком, реализованном на Python. Он относится к микрофреймворкам, так как не требует специальных инструментов и библиотек. Flask не содержит уровня абстракции базы данных, проверки форм и других компонентов, ранее существующих в виде сторонних библиотек. При этом Flask поддерживает расширения, которые добавляют необходимую функциональность. Существуют расширения для объектно-ориентированного отображения баз данных, проверки форм, обработки загрузок, различных технологий аутентификации и так далее [4].

Grafana — это мощная платформа для визуализации данных, которая предлагает множество преимуществ. Во-первых, она поддерживает интеграцию с различными источниками данных, такими как Prometheus, InfluxDB и MySQL, что позволяет пользователям извлекать и отображать данные из различных систем на одной панели управления.

Еще одно важное преимущество Grafana — это возможность настройки панелей управления. Пользователи могут создавать и настраивать панели управления по своему усмотрению, включая различные типы визуализаций, такие как графики, гистограммы и тепловые карты. Это обеспечивает гибкость в представлении данных и позволяет адаптировать интерфейс под конкретные потребности [5].

Также для взаимодействия с макетом разработано мобильное приложение для операционной системы Android. Взаимодействие приложение с макетом организовано через протокол MQTT. Данный протокол обеспечивает надежную передачу данных в реальном времени с минимальной нагрузкой на сеть, что делает его идеальным для использования в умных домах и системах IoT. Благодаря простоте и гибкости, этот протокол поддерживает широкий спектр приложений — от домашней автоматизации до промышленных систем мониторинга [6]. На контроллере запущен MQTT-брокер. Применение данного вида связи позволяет получать информацию об изменении состояния системы и передавать управляющие команды с минимальными задержками.

Выводы. Для учебного макета умного дома был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi 3B, что позволило организовать полноценный сбор данных с дальнейшей обработкой и визуализацией в интерфейсе пользователя. Использование шины I2C для взаимодействия с периферийными устройствами обеспечило наглядность структуры макета и минимизацию количества соединительных проводов.

Применение высокоуровневых языков программирования и реляционной базы данных MariaDB позволило создать сложные алгоритмы обработки данных и обеспечить их хранение. Веб-фреймворк Flask и пакет Grafana обеспечили наглядное представление данных и удобный интерфейс для пользователя. Разработка мобильного приложения для Android с использованием протокола MQTT позволила организовать взаимодействие с макетом с минимальными задержками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Документация по Raspberry Pi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/documentation/> – Дата доступа: 24.09.2024.
2. Преимущества и ограничения связи I2C [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.totalphase.com/blog/2016/08/advantages-limitations-i2c-communication/> – Дата доступа: 24.09.2024.

3. Почему MariaDB? Преимущества перед MySQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.totalphase.com/blog/2016/08/advantages-limitations-i2c-communication/> – Дата доступа: 27.09.2024.
4. Преимущества использования Python Flask [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pythongeeks.org/what-is-python-flask/> – Дата доступа: 26.09.2024.
5. 10 функций Grafana, которые необходимо знать для эффективного мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opensource.com/article/20/2/grafana-features> – Дата доступа: 26.09.2024
6. Основы MQTT. Полное руководство по MQTT для начинающих и экспертов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hivemq.com/mqtt/> – Дата доступа: 28.09.2024.

УДК 159.99

**ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ****В.Е. СЕМЕНЕЦ, И. А. ШПАКОВ***(Представлено: канд. пед наук, доц. А. П. МАТЕЛЕНОК)*

В статье обоснована необходимость проведения оценки и анализа рисков информационной безопасности ИТ-инфраструктуры организации с целью адаптации базового набора мер защиты. Проведен анализ методов количественной и качественной оценки рисков информационной безопасности, определен смешанный подход к оценке рисков как компромиссный между ними. Приведены примеры количественной и качественной оценки рисков информационной безопасности ИТ-инфраструктуры.

Риски информационной безопасности являются одними из самых значимых и вероятных рисков, с которыми сталкиваются современные организации. Информационные риски охватывают широкий спектр угроз и уязвимостей, которые могут негативно повлиять на информационные системы и данные организаций.

Термин «информационный риск» широко используется в научной литературе, однако в настоящее время не существует общепринятой трактовки этого понятия. Информационный риск (ИР) – это возможное событие, в результате которого несанкционированно удаляется, искажается информация, нарушается ее конфиденциальность или доступность. В представленном определении ИР используется как синоним понятия угроза безопасности информации. Управление такими информационными рисками сводится к защите информации. Представим определение, данное Комитетом организаций-спонсоров Комиссии Тредвея (The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, COSO): "Risk is defined by COSO as the possibility that events will occur and affect the achievement of strategy and business objectives". Отметим, что указанное определение не затрагивает такое важное негативное явление, как нарушение авторского права на использование и распространение продукции интеллектуального труда, распространение заведомо ложной информации о предприятии, незаконное использование торговой или производственной марки. На наш взгляд наиболее точное определение информационного риска – это возможность наступления случайного события, приводящего к нарушениям функционирования и снижению качества информации в информационной системе предприятия (ИСП), а также к неправомерному использованию или распространению информации во внешней среде, в результате которых наносится ущерб организации. Ключевым в данном определении является понятие «качество информации», которое в различных источниках определяется как: степень практической пригодности информации, используемой в процессе управления; определяемая совокупностью таких свойств, как полнота, плотность, полезность, достоверность, ценность информации; совокупность объективных свойств информации, обуславливающих ее пригодность удовлетворять потребности конечных пользователей.

Информация имеет ряд специальных свойств, входящих в состав ее качества. Их классификация приведена на рисунке 1.1.

**Рисунок 1.1. – Составляющие качества информации**

Разработка методики оценки риска - достаточно трудоемкая задача. Во-первых, такая методика должна всесторонне описывать информационную систему, ее ресурсы, ее угрозы и уязвимости. Сложность заключается в том, чтобы построить максимально гибкую модель информационной системы, которую можно было бы настраивать в соответствии с реальной системой. Во-вторых, методика оценки рисков должна быть предельно прозрачна, чтобы владелец информации, использующий ее, мог адекватно оценить ее эффективность и применимость к своей конкретной системе.

Под оценкой и анализом рисков понимается процедура выявления факторов рисков и оценки их значимости. Анализ рисков включает оценку ИР и методы снижения рисков или уменьшения связанных с ним неблагоприятных последствий.

Анализ и оценку рисков можно подразделить на два взаимно дополняющих друг друга вида: качественный и количественный. Качественные методы оценки рисков не оперируют числовыми данными, представляя результат в виде описаний, сценариев угроз ИБ и рекомендаций. К основным недостаткам качественных методов оценки рисков можно отнести отсутствие числового представления результатов, невысокую точность и приближенный характер результатов [1]. С применением качественного подхода возможно учесть те риски, которые нельзя характеризовать количественно, с другой стороны, качественная оценка усложняет принятие точных решений по снижению рисков. Методы количественной оценки рисков ИБ используют фактические данные, которые можно изменить математически или с помощью других вычислительных методов. Количественные методы оценки рисков учитывают только те риски, что могут быть количественно выражены. Благодаря измеримости и воспроизводимости данных количественная оценка рисков является надежным и эффективным методом, но его недостатком является возможность игнорирования рисков, возникающих из нетехнических аспектов. Как качественная, так и количественная оценка являются ключевыми факторами успешной деятельности по управлению рисками, и обычно их используют совместно. Например, на этапе установления контекста риска первым используют качественный подход [2], выявляя приоритетные риски, которые после будут уточнены с помощью количественного подхода. Компромиссом между подходами качественной и количественной оценки может быть смешанный подход к оценке рисков, также называемый гибридной оценкой рисков. Смешанный подход объединяет качественный и количественный методы: например, путем перевода качественно определенного значения риска в количественный по соответствующей числовой шкале или наоборот. С использованием смешанного подхода к оценке рисков сохраняются достоинства обоих методов (точность оценок, полученных из количественного метода и возможность всестороннего анализа, получаемого с использованием качественного метода оценки) и нивелируются их недостатки[3].

Приведем один из примеров получения количественной оценки о состоянии ИТ-инфраструктуры в учреждениях общего среднего образования получается путем математической обработки ответов на анкетные вопросы (каждому ответу анкеты поставлена в соответствие весовая величина(%)) и оценки защиты физического оборудования. После обработки полученных данных формируется отчет, фрагмент которого представлен в таблице 1.

Таблица 1

Риск	Последствия в случае наступления	Вероятность наступления (%)	Возможные меры защиты
Взлом паролей пользователей	Доступ к данным. Изменение данных. Копирование данных. Потеря репутации.	30	Установка комплексной системы защиты компьютерной сети, которую обеспечат специализированные программы, выявляющие все возможные угрозы безопасности и применяющие меры по борьбе с ними.
Разрушение данных из-за сбоя питания	Потеря данных. Сбой в работе системы.	15	Использование источников бесперебойного питания. Резервное копирование данных.
Утрата / порча данных (литературы, контрольных работ) по неосторожности	Потеря данных без возможности восстановления.	35	При загрузке новых данных воспользоваться помощью специалиста.
Заражение компьютерным вирусом ИТ - инфраструктуры	Заражение компьютерным вирусом. Потеря данных. Сбой в работе системы.	10	Установка лицензионных антивирусных программ. Соблюдение правил «сетевой гигиены».
...	...	...	...

Для получения качественной оценки о состоянии ИТ-инфраструктуры необходимо проанализировать защищенность и архитектуру построения информационной системы описывается и оценивается ИТ-инфраструктуры организации:

- все ресурсы, на которых хранится ценная информация;
- сетевые группы, в которых находятся ресурсы системы (то есть физические связи ресурсов друг с другом);
- отделы, к которым относятся ресурсы;
- виды ценной информации;
- ущерб для каждого вида ценной информации по трем видам угроз;
- бизнес-процессы, в которых обрабатывается информация;
- группы пользователей, имеющих доступ к ценной информации;
- класс группы пользователей;
- доступ группы пользователей к информации;
- характеристики этого доступа (вид и права);
- средства защиты информации;
- средства защиты рабочего места группы пользователей.

Таким образом, методика оценки и анализа информационных рисков ИТ-инфраструктуры организации должна содержать количественную и качественную составляющую. Она должна иметь возможность всесторонне описывать информационную систему, ее ресурсы, ее угрозы и уязвимости. При этом методика должна позволять владельцу информации или эксперту ее применяющему, адекватно оценить ее эффективность и применимость к конкретной системе. Риск реализации угрозы информационной безопасности в разработанной методике для каждого вида информации должен рассчитываться по трем основным угрозам: конфиденциальность, целостность и доступность и быть направленным на одну основную цель — идентификацию неприемлемых рисков и их своевременную обработку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Минаков А. В. Оценка модели рисков информационной безопасности: характеристика, проблемы и перспективы // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. № 10–2 (104). С. 63–69.
2. Canbolat S., Elbez G., Hagenmeyer V. A new hybrid risk assessment process for cyber security design of smart grids using fuzzy analytic hierarchy processes // Automatisierungstechnik. 2023. № 71 (9). Pp. 779-788.
3. Харченко А. Ю., Харченко Ю. А. Анализ и определение рисков информационной безопасности // Вестник науки и образования. 2020. № 6–1 (84). С. 18–21.

УДК 159.99

**ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ НА УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ  
С ПОМОЩЬЮ БЛОКЧЕЙНА И NFT****И. Ю. СТОТИК, Г. М. МАЕВСКИЙ, М. САВИЦКИЙ**  
(Представлено: канд. пед наук, доц. А. П. МАТЕЛЕНОК)

*В статье обоснована необходимость проведения оценки и анализа рисков информационной безопасности ИТ-инфраструктуры организации с целью адаптации базового набора мер защиты. Проведен анализ методов количественной и качественной оценки рисков информационной безопасности, определен смешанный подход к оценке рисков как компромиссный между ними. Приведены примеры количественной и качественной оценки рисков информационной безопасности ИТ-инфраструктуры.*

Переход массового производства учебных материалов в цифровой формат вызвал рост спроса на защиту интеллектуальной собственности в этом сегменте. Актуальными остаются вопросы: как защититься от плагиата, предотвратить пиратство, подтвердить наличие авторских прав и момент их возникновения. Здесь могут помочь новые инструменты, самым передовым из которых считается технология блокчейн.

Блокчейн является разновидностью технологии DLT. Она представляет собой логику хранения данных, которая не зависит от централизованного сервера или группы серверов. Отличительной особенностью блокчейн является децентрализованный характер хранения данных без географической привязки в равнозначных копиях. Технология формирует и хранит список упорядоченных записей, называемых блоками. Каждый блок содержит метку времени и, что очень важно, уникальный образ (hash) предыдущего блока, таким образом технология «связывает» блоки данных, исключая возможность изменения информации в сформированных блоках без изменения всей последовательности. При такой технологии хранения отсутствует единый центральный администратор. Поддержка работоспособности данных в этом случае обеспечивается узлами (нодами).[1] В публичном блокчейне каждый человек может стать майнером или установить ноду для непосредственного участия в проверке данных. В нем предусматривается поиск консенсуса для подтверждения правильности данных. Все участники системы не объединены никакими другими договоренностями, кроме правил сети. Другими словами, публичный блокчейн обязательно открыт для всех с точки зрения использования и управления. Существенным является и то, что записи в такой системе хранятся в зашифрованном виде одновременно у всех участников системы и автоматически обновляются при каждом внесенном изменении. Пользователи выступают в качестве *коллективного нотариуса*, который подтверждает истинность информации в базе данных и обеспечивает защиту от манипуляций и злоупотреблений. Если отдельный компьютер подвергнется хакерской атаке или один из участников сети попытается сжульничать, все отразится в миллионе улик. Технически, такая технология хранения данных позволяет пользователям прийти к соглашению, о чем угодно без посредников, что обеспечивает основу для децентрализованных форм управления и социальных контрактов, основанных на принципе консенсуса, и позволяет поддерживать баланс в интересах общества. В то же время появляется стимул для участников работать честно, так как правила применяются ко всем в равной степени. Это способствует возникновению новой формы социальной ответственности. Благодаря объединению технологических решений, блокчейн имеет несколько ярких отличительных особенностей: открытость, неизменность хранимых данных, а также возможность публикации и контроля в децентрализованной сети исполняемой логики (программного кода). Все эти аспекты делают блокчейн востребованной и перспективной технологией. В настоящее время создать уникальный отпечаток файла (хеш), в котором содержится произведение, а также занести его в блокчейн позволяют несколько сервисов (например, Proof of Existence, Emernotar, Депонент [2]).

Процедуру внесения данных о конкретном произведении в блокчейн сравнивают либо с регистрацией прав, либо с депонированием. Некоторые авторы [2] считают, что сравнение такой процедуры с регистрацией прав является спорным, т.к. авторские права не подлежат регистрации. И правда, больше общих черт можно найти с депонированием, однако по сравнению с процедурой депонирования технология блокчейн сильно упрощает фиксацию факта авторства, уменьшает ее стоимость и сроки осуществления. Поэтому блокчейн в сфере оборота интеллектуальной собственности способен повысить уровень ее защиты путем придания юридической силы существующим механизмам обеспечения достоверности сведений в блокчейн-реестры.

Однако наряду с ощутимыми достоинствами, технология блокчейн имеет ряд недостатков. Во-первых, технические сложности. Внедрение блокчейна требует специализированных знаний и навыков в области криптографии, распределенных систем и смарт-контрактов. Недостаток квалифицирован-

ных специалистов в этой области может замедлить процесс внедрения и увеличить его стоимость, поскольку требуется обучение персонала или привлечение внешних экспертов. Вторым вызовом являются юридические аспекты. Существующее законодательство может не полностью соответствовать использованию блокчейна, особенно в отношении защиты авторского права. Организации должны тщательно изучить законодательные нормы и обеспечить соответствие своих действий требованиям закона, что может потребовать дополнительных юридических консультаций и адаптации процессов работы. Третий вызов связан с масштабируемостью и производительностью. Некоторые блокчейн-платформы могут столкнуться с проблемами масштабируемости и производительности при обработке больших объемов данных. Разработка эффективных решений для увеличения производительности и масштабируемости является одним из главных вызовов при внедрении блокчейна, так как обеспечение оперативной работы системы при обработке большого количества учебно-методических материалов является ключевым для успешного применения технологии для защиты авторского права.

Исходя из выше сказанного, сделаем вывод, что внедрение блокчейн-технологии – очень дорогостоящая программа, требующая огромных финансовых вложений, и не всякое образовательное учреждение возьмет на себя смелость внедрять её. Но особенностью блокчейн-технологии является то, что она может быть адаптирована для совершения любых операций, связанных с регистрацией, учетом или передачей любых активов, и в перспективе с помощью работающих блокчейн-платформ можно будет регистрировать юридические лица, интеллектуальную собственность и т.д. Возможности открываются огромные. Внедрение блокчейн-технологий в образовательных организациях позволит не только защитить авторское право профессорско-преподавательскому составу, но и вносить аттестаты, награды студентов в блокчейн; выдавать «верифицируемые» цифровые дипломы с использованием технологии блокчейна, защищенные от подделок; решить проблему фиксирования информации о лицензировании и патентовании того или иного объекта интеллектуальной собственности и другое.

Далее рассмотрим программное обеспечение Blockchain File Integrity Checker (BFIC), разработанное в рамках студенческой научно-исследовательской работы по специальности 1-98 01 01 «Компьютерная безопасность (математические методы и программные системы)» в Учреждении образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» для защиты файлов с конфиденциальной информацией и авторскими правами с помощью технологии блокчейна. Основная цель разработки – защита авторских прав на ЭУМК с гарантией того, что они останутся неизменными и сохранят свою авторскую принадлежность. [3]

#### **Ключевые особенности программного обеспечения.**

##### **1. Регистрация файлов и целостность данных.**

Пользователь может зарегистрировать файлы в программе. Каждый файл разбивается на блоки, и создается блокчейн, где каждый блок хранит информацию о своих данных и хэше предыдущего блока. При регистрации файла блокчейн рассчитывает хэши для каждого блока, основанные на его данных и хэше предыдущего блока. Если файл был изменен или подделан, хэши блоков перестанут совпадать, что нарушит целостность данных.

##### **2. Защита авторских прав**

Блокчейн также служит средством доказательства авторства. Пользователь, зарегистрировавший файл, получает хронологическое подтверждение своего авторства.

##### **3. Поддержка различных форматов файлов**

Программа поддерживает несколько форматов файлов, таких как .txt, .docx, .pdf и другие, что делает её универсальным инструментом для защиты данных.

##### **4. Шифрование и безопасность**

Для шифрования данных используется алгоритм SHA-256, который обеспечивает сильную криптографическую стойкость, фиксированную длину хеша и устойчивость к коллизиям. Это гарантирует защиту авторских прав и целостность файлов.

Вторым этапом защиты является программа, включающая методы внедрения цифровых электронных подписей и стеганографии для встраивания цифровых водяных знаков. Основные функции этой программы:

- **Встраивание цифрового водяного знака** для идентификации авторства или подлинности содержимого.
- **Внедрение цифровой электронной подписи**, что гарантирует подлинность и целостность электронных данных.
- **Извлечение цифрового водяного знака**, что позволяет проверять наличие водяного знака или идентифицировать его для защиты авторских прав. [4]

Внедрение комплекса программ AquaChain Secure позволяет создать прозрачность всех юридически значимых действий по защите авторского права на ЭУМК. База данных, на основе которой работает программа, получает независимость от управления и полностью контролирует вводимую информацию,

распределяя её по блокам и коррелируя транзакции. Это значительно усиливает защиту авторских прав, фиксирует авторство произведения и время его создания, а также обеспечивает возможность контроля за использованием авторских прав.

Таким образом, блокчейн-технология представляет собой мощный инструмент для обеспечения безопасности и надежности защиты авторского права на учебно-методические материалы, ее преимущества включают высокую степень защиты данных, прозрачность, отслеживаемость и улучшенную безопасность. Однако для успешного внедрения блокчейна необходимо учитывать технические, юридические и организационные аспекты, а также разрабатывать эффективные стратегии реализации и масштабирования этой технологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова, В. П. Блокчейн в образовании / В. П. Кузнецова, И. А. Бондаренко // Россия: тенденции и перспективы развития. 2018. №13-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/blokcheyn-v-obrazovanii> (дата обращения: 23.10.2024).
2. Минина В.В. Влияние технологии блокчейн на право интеллектуальной собственности/ В.В. Минина // Кронос. 2022. №11 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologii-blokcheyn-na-pravo-intellektualnoy-sobstvennosti> (дата обращения: 23.10.2024).
3. Защита авторского права при разработке и использовании электронных учебно-методических комплексов / А. П. Мателенок, В. А. Богоненко, И. Б. Бураченко, И. Ю. Стотик // Правовая защита интеллектуальной собственности: проблемы теории и практики : Сборник материалов международной научно-практической конференции, Новополоцк, 26 мая 2023 года. – Новополоцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»=Установа адукацыі "Полацкі дзяржаўны ўніверсітэт імя Еўфрасінні Полацкай", 2023. – С. 73-82. – EDN ZJYFBS.
4. Стотик, И. Ю. Применение блокчейн технологий и криптографических методов как средства защиты авторского права / И. Ю. Стотик, Г. М. Маевский, А. П. Мателенок // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2024) : Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Полоцк, 29 марта 2024 года. – Новополоцк: Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2024. – С. 259-263. – EDN YMISJM.

УДК 681.25

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ  
В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ 3D-ПРИНТЕРАХ****И. В. СУДЬКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)*

В статье рассмотрены проблемы, возникающие при использовании фотополимерной технологии 3D-печати. Уделяется внимание проблемам, связанным с отделением изделия от печатной платформы во время печати и контролем уровня фотополимерной смолы в ёмкости для печати. Рассмотрена возможность использования тензометрических датчиков для решения данных задач. Создана система, контроля на основе микроконтроллера, способная в реальном времени отслеживать необходимые параметры.

**Ключевые слова:** датчики, автоматизация, 3D-печать.

Фотополимерная 3D-печать является одной из наиболее перспективных технологий аддитивного производства, которая широко используется в различных отраслях промышленности. Фотополимерная печать использует фотополимерные смолы, которые затвердевают под воздействием ультрафиолетового света. Основным механизмом печати заключается в послойном отверждении смолы с помощью ультрафиолетового излучения. Каждый слой фотополимера твердеет в соответствии с цифровой 3D-моделью. Основное преимущество данного метода заключается в высокой точности и детализации печатаемых моделей.

Фотополимерная печать имеет ряд проблем, с которыми сталкиваются пользователи, особенно при производстве сложных и больших объектов. Одной из ключевых сложностей является отделение готового изделия от печатной платформы, особенно при использовании эластичных фотополимеров. Отделившаяся деталь может повредить FEP пленку в емкости для печати или же повредить матрицу, что приведет к дорогостоящему ремонту. Так же отдельно можно выделить проблему контроля уровня фотополимерной смолы в ёмкости для печати. Если уровень смолы снизится до минимального уровня, то деталь может деформироваться или не пропечататься.

Решить данные проблемы можно при помощи установки тензорезисторов. Тензорезисторы — это прибор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации.

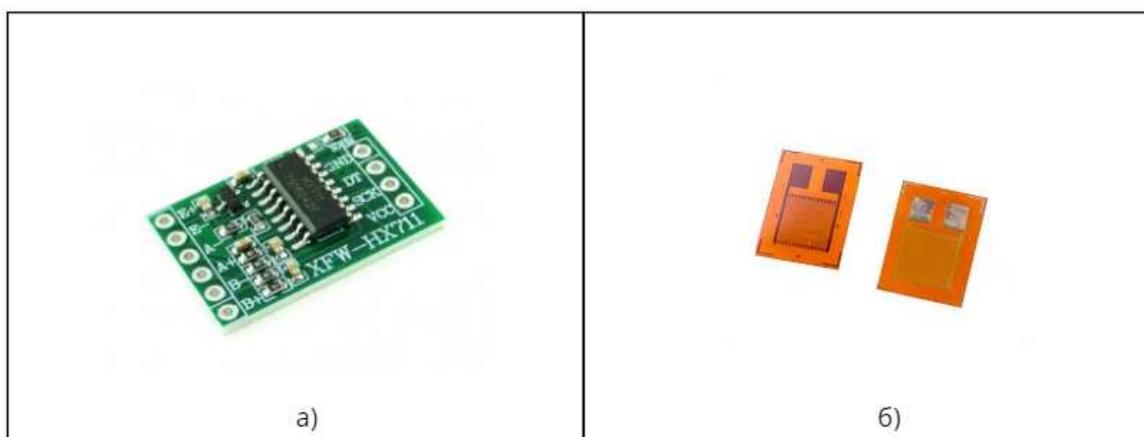
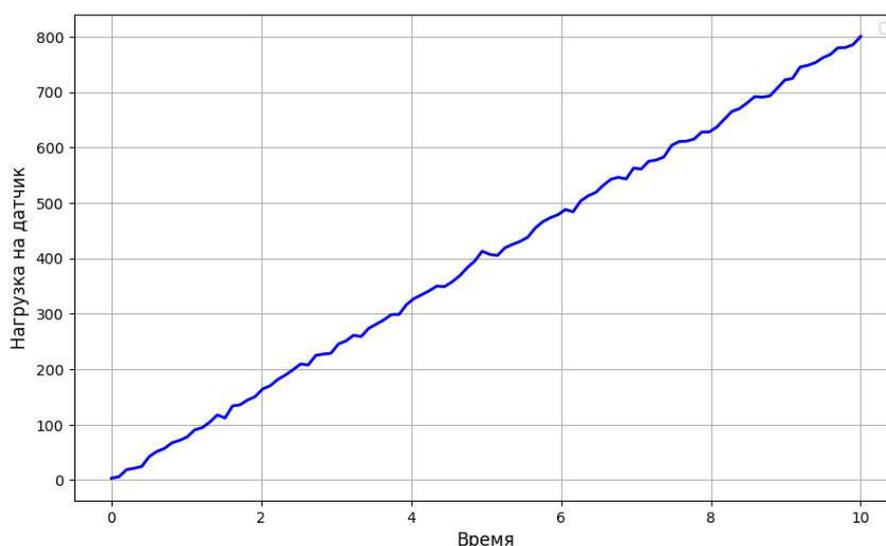


Рисунок 1. – а – АЦП HX711; б – тензорезистор

С помощью тензорезисторов можно измерять деформации механически связанных с ними элементов. Данные элементы обладают высокой чувствительностью и малыми габаритами, что позволяет легко встраивать в различные приборы и механизмы. Тензорезисторы могут быть установлены в резервуаре с фотополимерной смолой для контроля объема и веса смолы. По мере расхода материала изменяется нагрузка на тензорезисторы. С помощью микроконтроллера можно фиксировать изменение показателя

ний тензорезисторов, обрабатывать данные и узнавать уровень смолы в резервуаре. Это позволит системе управления 3D-принтера вовремя обнаружить снижение уровня смолы и автоматически остановить печать или предложить долить материал. Так же можно фиксировать отделение печатаемого изделия от рабочей платформы. Отделившаяся деталь упадет в резервуар для смолы, вследствие чего можно будет зафиксировать сильное изменение в показаниях тензорезисторов. 3D-принтер может автоматически приостановить печать и уведомить о проблеме. Это предотвращает траты смолы и время на печать дефектного изделия, а также снижает риск повреждения оборудования.

В процессе разработки системы были использованы тензорезисторы BF350 для получения данных о нагрузках, а также модуль АЦП HX711, который усиливает и оцифровывает полученный сигнал, позволяя микроконтроллеру 3D-принтера работать с данными от тензорезисторов. Конструкция системы представляла собой резервуар для фотополимерной смолы с установленными по углам под FEP пленкой тензорезисторами, а также отладочную плату на основе микроконтроллера ESP32-WROOM32, которая была установлена за пределами 3D-принтера. Был написан программный код, который отслеживает изменение данных тензорезисторов и строит график зависимости нагрузки от времени.



**Рисунок 2. – График зависимости средней нагрузки от времени, при заполнении резервуара фотополимерной смолой**

Тензометрические датчики имеют большой потенциал, и при развитии данной технологии они способны конкурировать с существующими датчиками. Данные датчики обладают высокой чувствительностью, что позволяет точно определять различные параметры в процессе печати. Интеграция тензорезисторов в фотополимерные 3D-принтеры представляет собой перспективный путь к решению текущих проблем в аддитивном производстве. Это не только увеличит качество и надежность печати, но и обеспечит новые возможности для автоматизации процессов, что в итоге приведет к значительному снижению затрат и времени на производство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костиков К., Йозеф Ч. Тензометрические датчики силы //Компоненты и технологии. – 2010. – №. 102. – С. 16-18.
2. Исупов В. В. Способ калибровки стола 3D-принтера. – 2018.
3. Трошин А. А., Захаров О. В. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров //Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – №. 1 (28). – С. 61-65.
4. Управление 3D принтером с дополнительными степенями свободы / А. А. Швец, А. В. Дроботов, И. А. Гущин, А. Р. Авдеев // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2017. – № 9(204). – С. 74-77.
5. Холодилов А. А., Пузынина М. В. Проблемы, возникающие при трехмерной печати объектов с использованием технологии FDM //НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ: АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ. – 2017. – С. 199-204.

УДК 004.94

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ 3D-ПЕЧАТИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ANSYS ADDITIVE PRINT

**И. В. СУДЬКО**

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

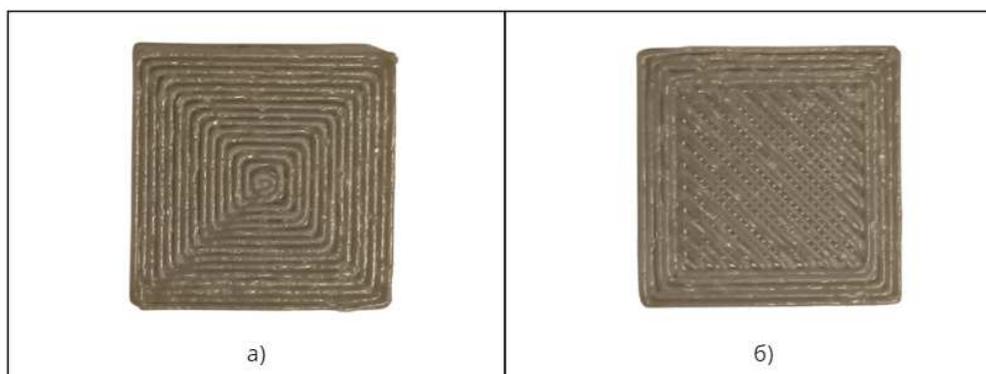
*В статье описаны проблемы деформации детали в процессе 3D-печати, возможность оптимизации процессов печати при помощи программного обеспечения ANSYS Additive Print и роли компьютерного моделирования в аддитивных технологиях.*

**Ключевые слова:** моделирование, автоматизация, 3D-печать.

3D-печать стала важной и востребованной технологией, которая нашла широкое применение в различных сферах жизни человека. Данная технология является полной противоположностью традиционным субтрактивным методам, таких как: фрезерование, сверление, шлифовка и т. д. которые основаны на удалении материала с заготовки для получения желаемой формы и размера детали [1]. В случае 3D-печати объект создается с нуля, данный метод производства позволяет создавать физические объекты на основе цифровых 3D-моделей за счёт последовательного наслаивания материала, повторяющего контуры цифровой модели. Одним из ключевых преимуществ 3D-печати является возможность быстрого прототипирования моделей, что сокращает временные и финансовые затраты на проектирование и производство.

Однако в процессе печати могут возникать различные дефекты и процессы, такие как деформации и внутренние напряжения. Эти проблемы чаще всего приводят к искажению геометрии готовых изделий и ухудшению их механических свойств. Деформации и напряжения в деталях возникают вследствие неоднородного теплового воздействия и неравномерного охлаждения при наложении слоёв в процессе печати, что особенно характерно для металлов и термопластов. Такие явления могут серьёзно повлиять на прочность, геометрию и внутреннюю структуру изделия, а также увеличить расходы на производство, если потребуется повторная печать или дополнительная обработка.

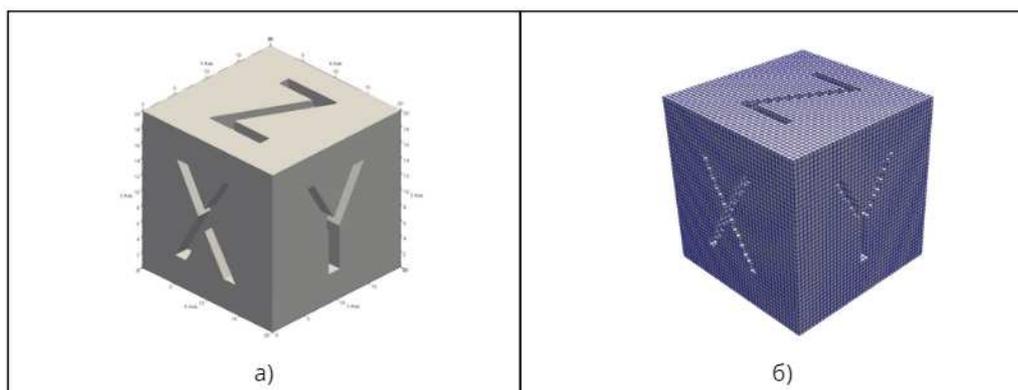
Для того чтобы минимизировать возникновение подобных дефектов и повысить качество готовых изделий, необходимо тщательно подходить к выбору параметров 3D-печати [3]. Основными параметрами, которые влияют на процесс печати и требуют настройки, являются: температура экструзии и охлаждения заготовки, скорость подачи материала, геометрические параметры слоёв, а также плотность и форма заполнения. Слишком высокая или низкая температура экструзии материала может привести к образованию микротрещин или недостаточной адгезии слоёв, что ухудшает механические характеристики готового изделия и делает его менее прочным [5]. Слишком быстрая печать приводит к неравномерному распределению материала, что может привести к деформациям в виде пропусков слоев и появлению неоднородной внутренней структуры изделия, в то время как слишком медленная скорость печати приводит к деформациям в виде наплывов, а также к неэффективному использованию оборудования и увеличению времени на производство [4].



**Рисунок 1. – Пример дефектов в процессе 3D-печати:  
а – переэкструзия; б – недоэкструзия**

Для решения задач по подбору необходимых параметров и оптимизации процесса печати широко применяются методы компьютерного моделирования. Одним из самых мощных инструментов в этой области является программное обеспечение ANSYS Additive Print, которое предоставляет инженерам и технологам возможность тщательно анализировать и прогнозировать возможные проблемы, возникающие в процессе 3D-печати. ANSYS Additive Print позволяет моделировать термические процессы, возникающие в ходе аддитивного производства, предсказывать возможные деформации и напряжения, а также выявлять проблемные участки ещё до начала процесса печати. Программа способна самостоятельно анализировать данные, полученные в процессе моделирования, для создания модели оптимальной для печати.

Для проведения эксперимента по оптимизации параметров печати была выбрана модель тестового куба с гранями длиной 20 миллиметров.



**Рисунок 2. – а – STL модель оптимизируемой детали;  
б – гексаэдральная сетка, используемая для моделирования**

Следующим шагом является создание задачи моделирования теплового процесса и механического напряжения, возникающие в ходе печати. На каждом этапе печати материал подвергается нагреву и охлаждению, что приводит к образованию тепловых градиентов. Компьютерное моделирование позволяет точно предсказать возникновение этих эффектов и скорректировать параметры печати [2]. Программное обеспечение моделирует влияние механических нагрузок, возникающих при наложении слоёв, что помогает избежать образования внутренних дефектов и повысить качество конечного изделия.

Для создания задачи необходимо задать параметры моделирования и печати, а также физические свойства печатаемой детали. В параметрах моделирования указывают необходимый тип моделирования, количество используемых вычислительных ресурсов, точность и размер сетки, а также необходимые выходные данные. Параметры печати включают в себя температуру рабочей платформы, скорость подачи материала, высоту слоя, время охлаждения между слоями, а также траекторию движения печатающей головки и т.д. Для каждого материала необходимо задать такие физические свойства, как теплопроводность, коэффициент термического расширения, удельная теплоёмкость и модуль упругости и т.д. Эти свойства определяют, как материал будет вести себя во время печати. После заполнения всех необходимых параметров можно запускать моделирование для получения необходимых данных.

По завершению процесса моделирования программа выдает ряд файлов и документов, которые указывают на различные аспекты анализа и помогают оценить результаты. Выходные данные включают отчёты о деформациях, напряжениях и других физических параметрах, которые были рассчитаны в ходе симуляции. Каждый файл представляет собой детализированный набор данных, отражающий поведение материала и его реакцию на заданные условия печати, что позволяет проводить всесторонний анализ возможных дефектов и отклонений.

Основным файлом является отчёт о деформациях, который предоставляет собой визуализацию и количественные данные по возможным изменениям модели. В процессе аддитивного производства материал может деформироваться под воздействием разности температур, что приводит к изменению геометрии детали. Программа моделирования показывает в каких именно областях деформации наиболее значительны и как они могут повлиять на точность готового изделия. Такой анализ позволяет скорректировать параметры печати или внести изменения в конструкцию детали до начала реального производства. Так же по завершении моделирования, программа составила оптимизированную STL модель с учетом всех параметров и расчетов.

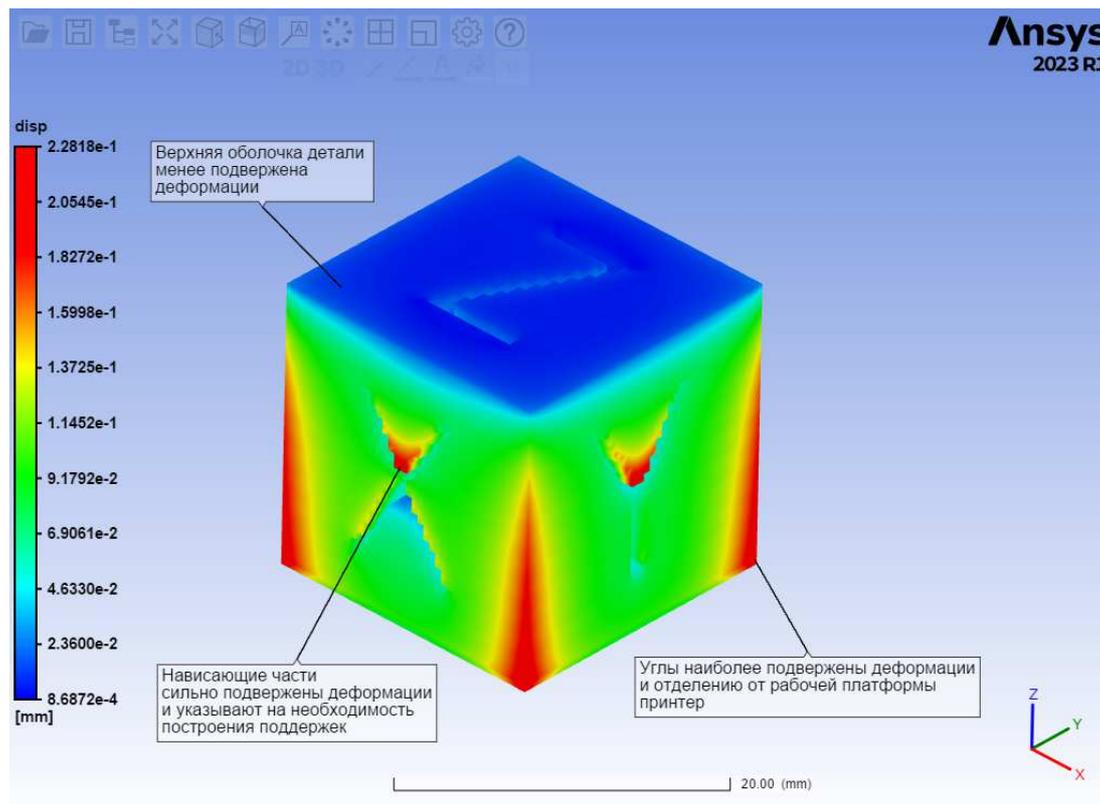


Рисунок4. – Результат моделирования деформации модели

Использование компьютерного моделирования значительно повышает точность и надёжность 3D-печати, минимизируя количество дефектов и повышая качество готовых изделий. Оптимизация параметров печати, моделирование деформации и анализ других процессов позволяют сократить время на настройку оборудования и устранение дефектов, что особенно важно в условиях массового производства и создании высокоточных деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Преображенский Ю. П. Проблемы компьютерного моделирования физических процессов // Современные инновации в науке и технике. – 2019. – С. 276-279.
2. Трошин А. А., Захаров О. В. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров // Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – №. 1 (28). – С. 61-65.
3. Galloway M. et al. Implementation of nozzle motion for material extrusion additive manufacturing in Ansys Fluent //Virtual and Physical Prototyping. – 2024. – Т. 19. – №. 1. – С. e2397816.
4. Соловьев, С. В. Исследование энергоэффективности FDM 3D принтера / С. В. Соловьев, К. К. Лобко, В. Ю. Черкес // Проблемы минерально-сырьевого комплекса глазами молодых ученых, 2023. – С. 112-117.
5. Miazio Ł. Impact of print speed on strength of samples printed in FDM technology //Agricultural Engineering. – 2019. – Т. 23.

УДК 004.85; УДК 004.6

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ПАРКОВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*А. И. СЫЧ, М. А. ШМУРАДКО, В. А. БУРАЧЁНОК  
(Представлено: канд. тех. наук, доц. И. Б. БУРАЧЁНОК)*

*Осуществлен анализ существующих решений для управления парковкой и распознавания номерных знаков автомобиля, базирующихся на технологии машинного обучения. Предлагаемое программное обеспечение позволяет осуществить управление парковкой посредством фиксации номеров транспортных средств с использованием камер видеонаблюдения: отслеживать время заезда и выезда автомобилей, а также отследить автотранспортное средство владельца и принадлежащие ему номерные знаки. Реализована возможность распознавания выезда автотранспортного средства за разделительную черту парковочного места.*

**Ключевые слова:** *корпоративная парковка, система распознавания изображения, парковочное место, искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети, компьютерное зрение.*

**Введение.** В современных крупных промышленных предприятиях и организациях, как правило, имеются организованные корпоративные парковки. Однако, несмотря на это, проблема свободных парковочных мест, неэффективное использование имеющихся площадей, отсутствие эффективных инструментов управления парковкой приводят к серьезным неудобствам как для водителей-сотрудников, так и для владельцев парковочных зон. Нередко водители паркуются, блокируя другие машины и(или) аварийные выезды, что вносит неразбериху и хаос. Имеющиеся на сегодняшний день решения, например, OpenALPR и Parklot являются дорогостоящими, требуют сложного обслуживания и применения дополнительных устройств, таких как цифровые интеллектуальные парковочные датчики, использующие технологии связи: LoRa, NB-IoT, Sigfox, RFID, что затрудняет их внедрение и использование. Поэтому создание собственного программного обеспечения, позволяющего организовать управление корпоративной парковкой, контроль за въездом/выездом автомобилей, а также отслеживание занятых мест на парковке, позволит решить проблемы, связанные с учетом владельцев и их машин, избежать неприятных ситуаций и неудобства для водителей, снизить риск возникновения дорожно-транспортных происшествий, исключить несанкционированный доступ на корпоративную парковку посторонним лицам, а также возможные кражи автомобилей с парковки. Все перечисленное является несомненно актуальным в современных условиях.

**Основной целью работы** является разработка системы распознавания свободных парковочных мест на корпоративной парковке с использованием машинного обучения, которая позволит автоматизировать процессы управления парковкой посредством систем видеонаблюдения и отследить автотранспортные средства, их владельцев и владельцев электронных ключей, имеющих разрешение на въезд и выезд на территорию парковки, а также право использования закрепленного парковочного места.

Разработанная система распознавания свободных парковочных мест с использованием машинного обучения состоит из четырех отдельных подсистем (рисунок 1): подсистема администрирования, подсистема распознавания номеров, подсистема распознавания занятого места, подсистема отчетности.

Подсистема администрирования предоставляет возможность взаимодействия с базой данных для решения следующих задач:

- создание, редактирование и удаление данных об имеющихся парковочных местах;
- создание, редактирование и удаление данных об автомобилях;
- создание, редактирование и удаление данных о владельцах автомобилей.

Подсистема распознавания номеров предназначена для:

- фиксации номеров при въезде на парковку;
- ассоциации номеров с соответствующими автомобилями и их владельцами, а также имеющимися парковочными местами.

Подсистема распознавания занятого места предназначена для:

- определения, на какое место припарковался автомобиль;
- осуществления проверки правильности парковки.

Подсистема отчетности предназначена для:

- отображения информации о парковке, времени въезда и выезда каждого автомобиля;
- предоставления информации о номерах автомобилей и их владельцах;
- предоставления статистики о загруженности парковки.

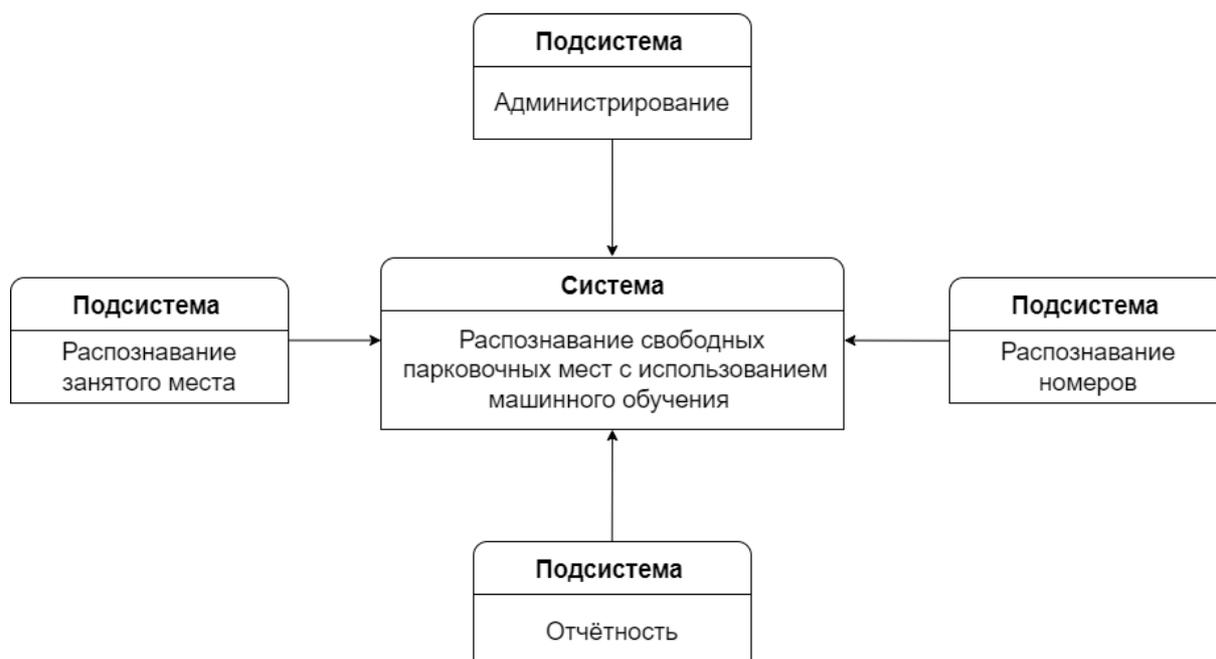


Рисунок 1. – Функциональная схема приложения

Для разрабатываемого приложения можно выделить одного актера – пользователя. Его основные функции показаны на диаграмме вариантов использования, представленной на рисунке 2.

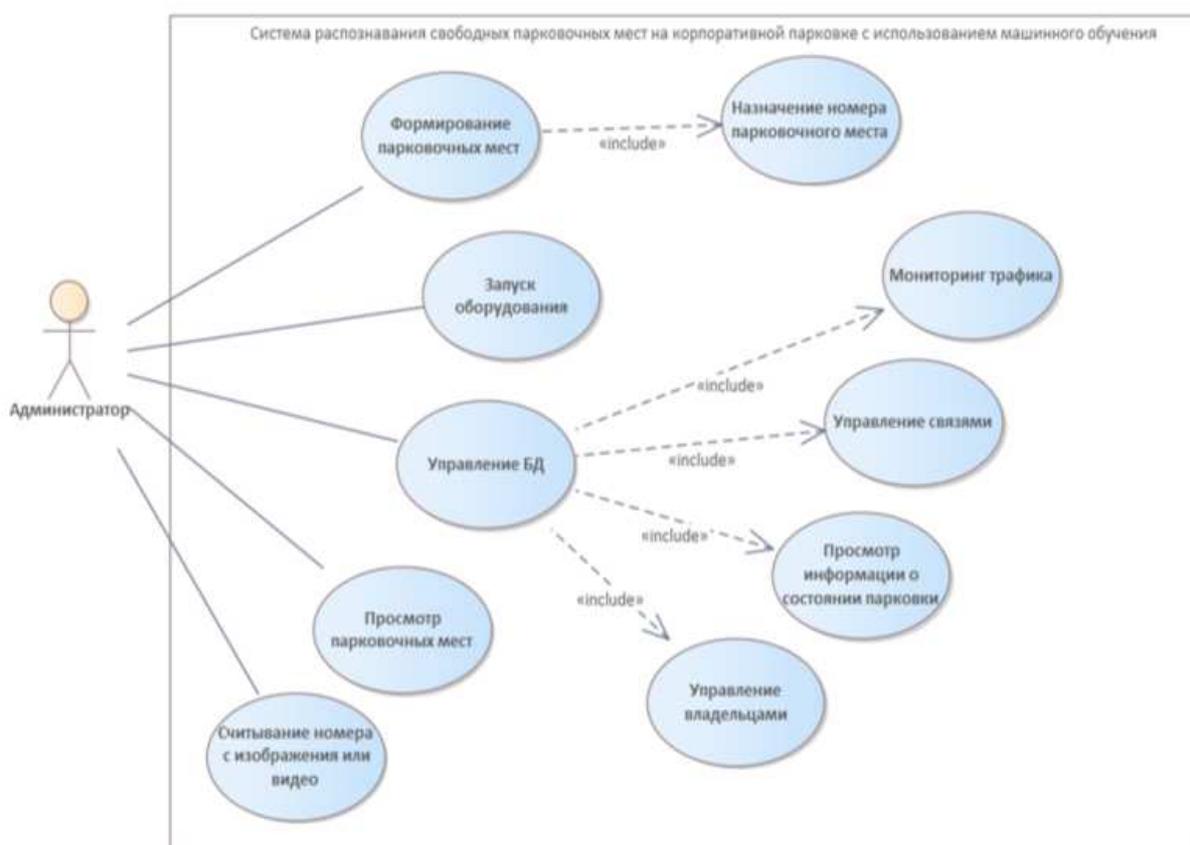


Рисунок 2. – Диаграмма вариантов использования

В функции администратора входит: формирование парковочных мест и закрепление за ним номера; запуск оборудования; считывание номера с изображения или видео; управление базой данных для мониторинга трафика, просмотра информации о состоянии парковки и управления данными о владельцах.

Система распознавания свободных парковочных места корпоративной парковке с использованием машинного обучения представляет собой комплексное решение, начиная с обнаружения и распознавания номерных знаков и заканчивая отслеживанием и оптимизацией использования парковочного пространства.

Для реализации отдельных функций приложения выбрана методология, сочетающая в себе как программные, так и аппаратные компоненты. Программа разработана с использованием языков программирования Python и библиотеки OpenCV для обработки изображений, с возможностью подключения к базам данных, хранящимся на сервере.

Следует отметить, что первый этап реализации системы обработки данных включает в себя обязательную установку двух камер видеонаблюдения: одной на въезде и другой внутри парковочного пространства. Камера на въезде предназначена для анализа входящих изображений транспортных средств с целью обнаружения и распознавания номерных знаков. После успешного обнаружения номерного знака система определяет тип транспортного средства (легковое авто или грузовик). В случае грузовика система фиксирует только время въезда, в то время как для легковых автомобилей выполняется дальнейший анализ.

Дальнейшие действия системы уже зависят от статуса транспортного средства и действия, которое оно совершает: въезд или выезд. Информация о статусе проверяется на основе данных, уже хранящихся в базе. Если транспортное средство покидает парковку, система регистрирует время его выезда. В случае въезда, система переключается на вторую камеру для дополнительного отслеживания положения автомобиля на парковке. Внутреннюю камеру система использует для анализа того, как водитель паркуется, включая угол и расположение автомобиля. Это позволяет системе не только отслеживать, какое место занял автомобиль, но и оценивать правильность парковки. Распознавание угла и расположения автомобиля позволяет оптимизировать использование каждого парковочного места, максимально эффективно распределяя доступное пространство и обеспечивая комфорт для всех пользователей парковкой.

Кроме основного функционала, система включает в себя тестовый режим, который предоставляет возможность создания дополнительных парковочных мест. Это особенно полезно для адаптации и корректировки парковочного пространства в соответствии с актуальными потребностями и особенностями эксплуатации парковки. Тестовый режим обеспечивает гибкость и возможность быстрой реакции на изменения в паттернах использования парковочного пространства. Тестовый режим системы дополнительно обеспечивает гибкость, позволяя адаптировать ее функциональность под конкретные ситуации и особенности эксплуатации парковки, включая создание дополнительных парковочных мест.

Далее отметим некоторые особенности разработанного программного средства.

Для распознавания номерных знаков применен алгоритм EasyOCR, который позволяет распознавать текст на изображениях. Для улучшения контраста (удаления шума) предусмотрена возможность предварительной обработки изображений. Для повышения точности распознавания номерных знаков использованы обучающие данные, состоящие из 10 000 изображений различных номерных знаков, дополненных данными о времени записи и GPS-координатах.

При отслеживании времени заезда и выезда: каждый раз, когда номер автомобиля фиксируется камерой, в систему записывается время и дата. При выезде номер также считывается, и время выезда фиксируется, что позволяет автоматически рассчитывать суммарное время стоянки. Использование временных меток: времени заезда и выезда с точностью до секунд позволяет осуществлять мониторинг парковочного пространства в реальном времени.

Предусмотрена интеграция с базой данных: вся информация поступает в базу данных, хранящуюся на сервере, что позволяет в реальном времени проверить, зарегистрирован ли автомобиль в системе, идентифицировать владельца и получить о нем информацию, сверить, припарковался ли владелец транспортного средства на своё парковочное место или занял чужое.

В результате проведенного тестирования разработанной системы точность распознавания номерных знаков в условиях различного освещения и погодных условий в весенне-летне-осенний период составила 96%.

Таким образом, разработанная программа имеет все вспомогательные средства для управления корпоративной парковкой. В ней реализованы функции по типу захвата автомобиля, а также распознавание его номерного знака, отрисовка маршрута транспорта на территории парковки, проверка на «корректность» парковки, по типу распознавания выезда автомобиля за разделительную черту парковочного места. Присутствует возможность идентификации владельца автомобиля по номеру автомобиля, возможно и отслеживать время заезда/выезда автотранспортного средства на территорию корпоративной

парковки. Добавлена уникальная пропускная система автотранспорта – электронные ключи. Если на корпоративной парковке используется система проезда/выезда автомобиля по электронному ключу – программа может отслеживать, проехал автовладелец по своему ключу или нет, благодаря данной функции возможно предотвратить несанкционированный доступ и кражи автомобилей.

**Вывод:** Разработанное программное обеспечение может быть внедрено в систему управления корпоративной парковкой. Его внедрение в систему безопасности организации, предприятия позволит администратору в любой момент времени получить сведения о состоянии парковки, получить информацию об автомобилях и их владельцах, которые в данный момент находятся на территории парковочной зоны, а также историю въезда/выезда конкретного транспортного средства. Неудачное расположение камер не станет серьезной проблемой для идентификации автотранспортного средства и его владельца. Программное обеспечение универсально, просто в использовании, имеет интуитивно понятный интерфейс, легко встраивается в уже имеющуюся систему управления парковкой. Это универсальный и эффективный инструмент контроля за свободными местами и предотвращением неправильной парковки сотрудниками организации или предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев, А.Ю. Технологии видеонаблюдения и их применение в городских условиях. / А.Ю. Гусев, П.Е. Иванов // Журнал «Управление городом: теория и практика». Институт муниципального развития и социальных технологий», г. Белгород. – 2021. – №3(41). – С.34-45.
2. Смирнова, Н.В. Интеллектуальные системы распознавания: от OCR до ИИ. / Н.В. Смирнова // Научный журнал «Инженерные технологии». Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж. – 2022.– №8(4). – С.112-120.

УДК 004.85; УДК 004.6

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ПАРКОВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А. И. СЫЧ, М. А. ШМУРАДКО, В. А. БУРАЧЁНОК  
(Представлено: канд. тех. наук, доц. И. Б. БУРАЧЁНОК)

В статье рассматриваются ключевые аспекты разработки базы данных для системы управления корпоративной парковкой, функционирующей посредством видеонаблюдения и машинного обучения. Демонстрируется подключение. Указаны особенности построения запросов к базе данных для обеспечения эффективного функционирования системы.

**Ключевые слова:** умная парковка, база данных, парковочное место, управление данными, машинное обучение, нейронные сети, видеонаблюдение.

**Введение.** Одной из проблем современного города является организации парковочных мест для все увеличивающегося транспортного потока автотранспортных средств в городских районах. Недостаток свободных мест, неэффективное использование имеющихся площадей для парковки автомобилей привело к изменению подходов к организации парковочного пространства, в том числе и на корпоративных парковках. Безусловно парковки с использованием видеонаблюдения или так называемые умные парковки значительно упрощают контроль за свободными местами, за счет учета движения транспорта и предотвращения неправильной парковки. Однако организация автоматизированного контроля за въездом, выездом автотранспортных средств, занятыми местами на парковке, за владельцами, имеющими доступ в парковочную зону, требует создания базы данных, которая обеспечит надежное хранение информации о доступных парковочных местах, автомобиле и его владельце, истории посещения парковки.

**Цель работы** анализ особенностей реализации базы данных системы управления корпоративной парковкой с использованием машинного обучения.

База данных системы управления корпоративной парковкой с использованием машинного обучения имеет схему представленную на рисунке 1.

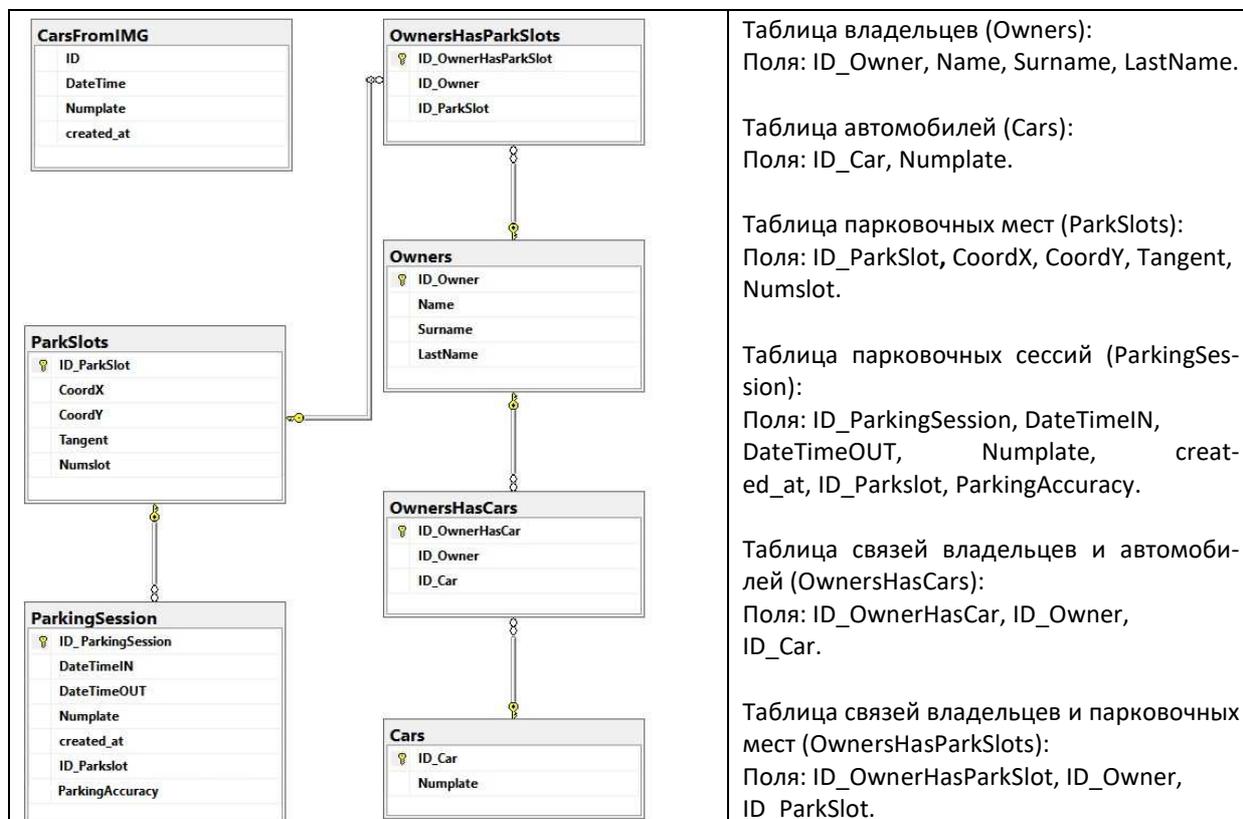


Рисунок 1. – Схема реляционной базы данных системы управления корпоративной парковкой

В таблице `Owners` хранятся данные о владельцах. В таблице `Cars` хранятся данные об автомобилях. Таблица `ParkSlots` предназначена для хранения актуальной информации о состоянии парковочных мест (занято/свободно). В таблице `ParkingSession` хранится информации о действиях на парковке, включая время начала и окончания сессий и статус платежа. Таблицы `OwnersHasCars` и `OwnersHasParkslots` связующими соответственно между владельцами и их автомобилями и владельцами их парковочными местами.

Подключение к базе данных и функции работы с данными владельцев автомобилей реализованы на языке Python с использованием библиотеки **pyodbc** для взаимодействия с базой данных и **tkinter** для создания графического интерфейса пользователя.

Для начала работы с базой данных необходимо установить соединение. В листинге 1 приведен код для подключения к серверу и базе данных. Использование библиотеки **pyodbc** позволяет установить безопасное и стабильное соединение с SQL Server. Важно, чтобы параметры подключения, такие как имя сервера, имя базы данных, учетные данные пользователя, были корректно настроены, что обеспечивает доступ к необходимым данным.

Листинг 1 – Подключение к базе данных

```
1. server = 'XL23'
2. database = 'ParkSpotter'
3. conn = pyodbc.connect('DRIVER={SQLServer};
4. SERVER='+server+';DATABASE='+database+';Trusted_Connection=yes;')
5. cursor = conn.cursor()
```

Функция `fetch_owners` отвечает за отображение списка владельцев автомобилей в указанном элементе интерфейса (`owners_listbox`). Она выполняет SQL-запрос для получения всех записей из таблицы `Owners` и отображает их в списке. Функция сначала очищает список `owners_listbox`, затем выполняет запрос для получения всех записей из таблицы `Owners`, и, наконец, добавляет полученные данные в список. В случае возникновения ошибки она выводит сообщение об ошибке. Пример в листинге 2 демонстрирует реализацию этой функции. Важно отметить, что корректная обработка ошибок позволяет избежать сбоев в работе приложения и предоставляет пользователю понятную информацию о возможных проблемах.

Листинг 2 – Реализация функции отображения владельцев

```
1. def fetch_owners(owners_listbox):
2. owners_listbox.delete(0, tk.END)
3. sql_query = 'SELECT * FROM Owners'
4. cursor.execute(sql_query)
5. records = cursor.fetchall()
6. for row in records:
7. owners_listbox.insert(tk.END, str(row[1]+" "+row[2]+" "+row[3]))
```

Функция `add_owners` позволяет добавлять новых владельцев в базу данных. Она принимает данные из виджета, в котором введено имя владельца, разбивает их на составляющие и вставляет новую запись в таблицу `Owners`. Функция получает данные о владельце, выполняет SQL-запрос для добавления новой записи в таблицу, и затем обновляет список владельцев. В случае ошибки выводится сообщение об ошибке. Реализация представлена в листинге 3. Эта функция является примером важной операции создания данных, которая должна быть безопасной и надежной, чтобы предотвратить потерю или повреждение данных.

Листинг 3 – Реализация функции добавления владельцев

```
1. def add_owners(owners_listbox, selected_owner_display):
2. owner_name = selected_owner_display.get()
3. first_name, surname, last_name = owner_name.split()
4. sql_query = "INSERT INTO Owners ([Name], Surname, LastName)
5. VALUES (?, ?, ?)"
6. cursor.execute(sql_query, (first_name, surname, last_name))
7. conn.commit()
8. fetch_owners(owners_listbox)
```

Функция, отвечающая за обновление данных владельцев, включает в себя получение идентификатора владельца, извлечение обновленных данных из соответствующих полей ввода и выполнение SQL-запроса для обновления записи в таблице Owners. Обновление данных является критически важной функцией для поддержания актуальности информации в базе данных. Кроме того, интерфейс должен позволять пользователю легко изменять существующие записи, обеспечивая интуитивно понятный и удобный процесс.

Функция `delete_owners` удаления записи о владельце из базы данных также реализована с использованием **pyodbc**. Эта функция получает данные о владельце, выполняет SQL-запрос для удаления соответствующей записи в таблице, и затем обновляет список владельцев. В случае ошибки выводится сообщение об ошибке. Пример в листинге 4 демонстрирует, как можно эффективно управлять удалением данных в базе данных **ParkSpotter**. Удаление данных является не менее важной операцией, так как оно позволяет поддерживать базу данных в актуальном состоянии, избавляясь от ненужных или устаревших записей.

#### Листинг 4 – Реализация функции удаления владельцев

```
1. def delete_owners(owners_listbox, selected_owner_display):
2. owner_name = selected_owner_display.get()
3. first_name, surname, last_name = owner_name.split()
4. sql_query =
5. "DELETE FROM Owners
6. WHERE [Name] = ? AND Surname = ? AND LastName = ?"
7. cursor.execute(sql_query, (first_name, surname, last_name))
8. conn.commit()
9. fetch_owners(owners_listbox)
```

Перечисленные выше функции обеспечивают основные операции CRUD (создание, чтение, обновление, удаление) для таблицы владельцев в базе данных **ParkSpotter**, позволяя пользователям приложения эффективно управлять данными. Реализация данных функций должна быть оптимизирована для быстрого выполнения запросов и минимизации нагрузки на сервер базы данных.

Для создания новой сессии парковки используется функции приведенная в листинге 5.

#### Листинг 5 – Создания новой сессии парковки

```
1. def create_parking_session(user_id, spot_id):
2. sql_query = """
3. INSERT INTO parking_sessions (user_id, spot_id, start_time,
4. payment_status)
5. VALUES (?, ?, GETDATE(), 'pending')"""
6. cursor.execute(sql_query, (user_id, spot_id))
7. conn.commit()
```

А для завершения сессии парковки и обновления статуса парковочного места используется функция, представленная в листинге 6.

#### Листинг 6 - Завершение сессии парковки и обновления статуса парковочного места

```
1. def end_parking_session(session_id, spot_id):
2. update_session_query = """
3. UPDATE parking_sessions
4. SET end_time = GETDATE(), payment_status = 'completed'
5. WHERE session_id = ?
6. cursor.execute(update_session_query, (session_id,))
7. update_spot_query = """
8. UPDATE parking_spots
9. SET status = 'available', last_updated = GETDATE()
10. WHERE spot_id = ?
11. cursor.execute(update_spot_query, (spot_id,))
12. conn.commit()
```

Разработанное программное обеспечение позволяет добавлять новые данные о свободных местах напрямую через алгоритмы видеонаблюдения, которые анализируют потоки автомобилей и автоматически обновляют статус парковочных мест непосредственно в базе данных. При этом важным становится реализация триггеров, которые будут автоматически запускать обновление состояния мест в зависимости

от событий в таблице записей событий входа и выхода автомобилей на парковку. Пример триггера приведен в листинге 7.

Листинг 7 – Обработка событий входа и выхода автомобилей на парковку

```
1. CREATE TRIGGER CheckPlateInOut
2. ON ALLTIME
3. AFTER INSERT
4. AS
5. BEGIN
6. DECLARE @Numplate varchar(15);
7. DECLARE @Occurrences int;
8. SELECT @Numplate = Numplate
9. FROM inserted;
11. SELECT @Occurrences = COUNT(*)
12. FROM ALLTIME
13. WHERE Numplate = @Numplate;
14. IF(@Occurrences % 2 = 0)
15. BEGIN
16. INSERT INTO [OUT] ([DateTime], Numplate)
18. VALUES (GETDATE(), @Numplate);
19. END
20. ELSE
21. BEGIN
22. INSERT INTO [IN] ([DateTime], Numplate)
23. VALUES (GETDATE(), @Numplate); -- Replace 0 with the appropriate
park 24. slot ID
25. END
26. END;
```

Таким образом, интеграция различных технологий и продуманное проектирование обеспечили надежную и эффективную систему, способную справляться с большими объемами данных и предоставлять пользователям необходимые инструменты для управления парковкой. Использование нейросетей в системе требует постоянного обновления и анализа данных, что подразумевает наличие эффективных алгоритмов извлечения и обработки информации. Реализованные запросы к базе данных оптимизированы и позволяют получить быстрый доступ с минимальными задержками при выборе тех или иных данных. База данных протестирована и готова к эксплуатации.

**Заключение.** Разработка базы данных для системы управления корпоративной парковкой с использованием камер видеонаблюдения выполнена с учетом всех необходимых требований по обеспечению безопасности хранимых данных. Построенные запросы обеспечивают автоматизацию эффективного управления данными и оптимизируют процессы, связанные с контролем за свободными парковочными местами и предотвращением неправильной парковки сотрудниками корпорации. Система исключает несанкционированный заезд на территорию парковки посторонних автомобилей или пропуск автомобилей по чужому электронному пропуску.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Документация PYODBC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pypi.org/project/pyodbc/> – Дата доступа: 01.05.2024.
2. Официальный сайт Microsoft SQL Server. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/> – Дата доступа: 01.05.2024.
3. Свиридов, А. В. Проектирование баз данных: учебное пособие. / А. В. Свиридов. – Минск: БГТУ, 2020. – 150 с.
4. Кудрявцев, А. А. Системы управления базами данных: подходы и технологии. / А. А. Кудрявцев. – Москва: Инфра-М, 2019. – 180 с.

УДК 004.62

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС  
ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ.  
ФИЗИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ**

**А. В. ТОНКИХ**

*(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ, И. С. РУСЕЦКИЙ)*

*Работа посвящена созданию физического модуля для автоматизации мониторинга посещаемости студентов с использованием программно-аппаратного комплекса на базе микроконтроллерной платы ESP32. Основная цель — оптимизация учета посещаемости и улучшение взаимодействия между студентами и преподавателями.*

**Введение.** Современные образовательные учреждения сталкиваются с необходимостью автоматизации процессов учета посещаемости студентов. Традиционные методы, такие как бумажные журналы, становятся неэффективными и трудоемкими. В связи с этим разработка автоматизированной системы мониторинга посещаемости с использованием микроконтроллеров представляет собой актуальную задачу.

**Теоретическая часть.** HTTP (Hypertext Transfer Protocol) — это основной протокол прикладного уровня, обеспечивающий взаимодействие клиентских и серверных компонентов в распределенных системах.

REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) — это стиль проектирования программных интерфейсов, основанный на использовании стандартных HTTP-запросов для взаимодействия между клиентом и сервером.

Основными HTTP-методами, используемыми в REST API, являются:

- GET, запрос на получение данных с сервера (например, запрос списка студентов или журналов посещаемости);
- POST, отправка данных на сервер (например, регистрация нового посещения);
- PUT, обновление данных на сервере;
- DELETE, удаление данных.

ESP32 DEVKIT V1 – это микроконтроллерная плата, основанная на чипе ESP32 от Espressif Systems. Он обладает широкими возможностями для разработки IoT-проектов и имеет встроенный модуль Wi-Fi и Bluetooth, что делает его универсальным инструментом для создания различных систем [1].

Модуль RFID-RC522 – электронное устройство для распознавания и считывания RFID-меток, поддерживает интерфейсы SPI, UART и I2C, базируется на радиочастотной идентификации на частоте 13,56 МГц [2].

Модуль часов реального времени MH-Real-Time Clock Modules-2 – электронное устройство, используемое для отслеживания и поддержания точного времени в микроконтроллерных системах, позволяет вести учет с отметками текущих даты и времени даже при отключении питания благодаря встроенной батарее.

Модуль MicroSD Card Adapter – устройство хранения данных, используемое для чтения и записи информации на MicroSD-карты.

Аккумуляторы ICR18650 – это литий-ионные аккумуляторы, широко используемые в различных электронных устройствах.

HW-391 2S 20A защитная плата аккумулятора 18650 BMS – это защитная плата для литий-ионных аккумуляторов типа 18650, предназначенная для работы с батареями, состоящими из двух последовательно соединённых ячеек (2S).

Скрытый прямоугольный выключатель KCD1 2pin предназначен для управления электрическими цепями в различных устройствах и аппаратах.

**Практическая часть.** В данной практической части работы будет представлен процесс реализации физического модуля для автоматизации мониторинга посещаемости студентов с использованием микроконтроллерной платы ESP32. Важнейшим аспектом данного проекта является создание схемы соединения между различными компонентами, такими как модуль RFID-RC522, модуль часов реального времени MH-Real-Time Clock Modules-2, модуль MicroSD Card Adapter, а также элементы защиты для батарейного питания – HW-391 2S 20A защитная плата аккумулятора 18650 BMS, и выключатель KCD1 2pin. Эти компоненты обеспечивают надежное функционирование системы и позволяют эффективно фиксировать данные о посещаемости. Теперь рассмотрим подробнее каждый из модулей и их функции.

В данной работе ESP32 считывает информацию с модуля радиочастотной идентификации (RFID), который предназначен для распознавания и чтения уникальных меток. А также он взаимодействует

с модулем часов реального времени, обеспечивая точную временную метку для событий, связанных с учётом посещений. Кроме того, ESP32 управляет модулем microSD Card Adapter, который используется для записи, хранения, доступа к данным о посещениях занятий. ESP32 обеспечивает взаимодействие этих модулей, обеспечивая точное отслеживание времени и даты и хранение информации о посещениях, а также обеспечивает взаимодействие между устройством и сервером в целом.

Модуль RFID-RC522 осуществляет считывание уникальных меток, что является ключевым элементом в системе контроля посещения занятий и идентификации личности.

Модуль часов реального времени используется для контроля даты и времени на устройстве, а также для отметки их при считывании меток в случае отсутствия интернет-соединения.

Модуль microSD Card Adapter используется для записи и хранения информации, а также позволяет управлять данными на карте памяти, что является ключевой задачей данной работы.

Аккумуляторы используются для питания microSD Card Adapter, ESP32 и связанные с ней модули.

Плата BMS HW-391 обеспечивает:

- защиту от перезаряда: отключает зарядку при достижении напряжения 4.25 В на ячейку;
- защиту от перезаряда: отключает разрядку при снижении напряжения до 2.50 В на ячейку;
- защиту от короткого замыкания и перегрузки по току: отключает батарею при токе выше 30 А;
- максимальный ток разряда: до 20 А, что подходит для высокотокковых приложений;
- балансировку ячеек: обеспечивает равномерный заряд, продлевая срок службы батареи;
- плата компактна и подходит для применения в портативных устройствах и системах хранения энергии, обеспечивая безопасность и долговечность аккумуляторов.

Скрытый прямоугольный выключатель KCD1 2pin предназначен для управления электрическими цепями в различных устройствах и аппаратах. Он отличается компактным размером и простотой установки, благодаря чему идеально подходит для использования в бытовой электронике, инструментах и других приборах, где требуется надежное и компактное решение для включения и выключения цепей.

После описания функций каждого модуля, важно понять, как все эти компоненты соединены между собой для обеспечения корректной работы системы. Схема соединений представляет собой основополагающий элемент, который позволяет визуализировать взаимодействие между модулями и микроконтроллерной платой.

Микроконтроллерная плата ESP32 DEVKIT V1 (обозначена как ESP32 DEVKIT V1). К данной плате подключены сразу 3 модуля – это часы реального времени MH-Real-Time Clock Modules-2, модуль радиочастотной идентификации RFID-RC522 и microSD Card Adapter:

- D15 подключён к CLK (MH-Real-Time Clock Modules-2);
- D4 подключён к DAT (MH-Real-Time Clock Modules-2);
- D2 подключён к RST (MH-Real-Time Clock Modules-2);
- D21 подключён к RST (RFID-RC522);
- D12 подключён к MISO (RFID-RC522);
- D13 подключён к MOSI (RFID-RC522);
- D14 подключён к SCK (RFID-RC522);
- D5 подключён к SDA (RFID-RC522);
- D26 подключён к CS (microSD Card Adapter);
- D18 подключён к SCK (microSD Card Adapter);
- D23 подключён к MOSI (microSD Card Adapter);
- D19 подключён к MISO (microSD Card Adapter).
- модуль microSD Card Adapter запитывается от VIN;
- модуль часов реального времени MH-Real-Time Clock Modules запитывается от 3V3;
- модуль радиочастотной идентификации RFID-RC522 запитывается от 3V3.

Переключатель (обозначен как S1):

- используется для включения/выключения питания системы;
- подключен к распределительной плате.

Аккумуляторы (обозначены как Bat1, Bat2): питание аккумуляторов подключается к распределительной плате, которая, в свою очередь, питает остальные присоединённые к ней модули.

Распределительная плата: вся система заземления подключена к отрицательному полюсу источника питания на распределительной плате.

После анализа схемы соединений становится очевидным, как каждый модуль взаимодействует с микроконтроллерной платой ESP32 для выполнения поставленных задач. Понимание схемы соединений служит основой для дальнейшего описания алгоритма работы устройства.

Разработанный алгоритм предусматривает инициализацию всех модулей при включении устройства, подключение к точке доступа для коммуникации с мобильным приложением, а также обработку

http-запросов для корректного ввода информации в базу данных, а также правильное отображение на экране мобильного устройства. Рассмотрим более подробно каждый этап работы устройства:

- инициализация: запуск всех модулей, то есть сначала инициализируются часы реального времени Real-Time Clock Modules-2, затем RFID-RC522, а затем MicroSD Card Adapter;
- проверка интернет-соединения: интернет-соединение необходимо для обеспечения связи с мобильным приложением, а также для работы с сервером и базой данных;
- считывание меток: при наличии интернет-соединения после считывания меток ESP32 посылает http-запрос на сервер для записи данной метки в базу данных, где она будет обрабатываться, а затем отображаться на экране мобильного устройства;
- отсутствие интернет-соединения: в случае отсутствия доступа в интернет необходимо считать метку, однако теперь считанные метки будут записываться на MicroSD Card Adapter с помощью часов реального, которые запишут дату и время;
- поиск интернет-соединения: даже при отсутствии интернет-соединения данное устройство постоянно будет его искать, в случае, если оно снова появится, то устройство снова начнёт посылать http-запросы на сервер.

Данный алгоритм работы устройства обеспечивает взаимодействие микроконтроллерной платы ESP32 DEVKIT V1 с остальными модулями для обеспечения различного рода функций в зависимости от того есть ли интернет-соединение или оно отсутствует.

После рассмотрения алгоритма работы устройства важно обратить внимание на реализацию, которая осуществляется с помощью программного кода. Код является основой для функционирования системы и выполняет все необходимые операции, описанные в алгоритме. Он отвечает за взаимодействие между микроконтроллерной платой и подключенными модулями, обеспечивая выполнение задач по считыванию данных, их обработке и отправке на сервер.

При включении программно-аппаратного комплекса для автоматизации мониторинга посещаемости студентов, происходит последовательная инициализация всех компонентов системы. Сначала загружаются необходимые библиотеки для работы с физическими модулями. Библиотеки для работы с модулями представлены на рисунке 1.

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <ErriezDS1302.h>
#include <MFRC522.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
```

Рисунок 1. – Библиотеки для работы с модулями

Далее модуль RFID-RC522 инициализируется через установку соответствующих пинов и вызов функции PCD\_Init(). Это позволяет устройству считывать уникальные идентификаторы RFID-меток студентов. Затем происходит настройка часов реального времени RTC DS1302. В коде проверяется, запущен ли модуль. При необходимости устанавливаются дата и время, чтобы обеспечить корректное фиксирование посещаемости в случае отсутствия интернет-соединения. Следующий этап включает инициализацию модуля MicroSD Card Adapter, код проверяет доступность карты, а затем открывает файл для записи информации, что позволяет хранить данные в удобном формате для последующего анализа. Важным элементом системы является модуль Wi-Fi, который обеспечивает соединение с интернетом. После инициализации Wi-Fi происходит попытка подключения к заданной сети. В случае успешного подключения UID студентов отправляется на сервер для обработки. Инициализации модулей на примере модуля RFID-RC522 представлен на рисунке 2.

```
// Инициализация RFID
SPI.begin(); // Инициализация SPI
rfid.PCD_Init(RFID_SS_PIN, RFID_RST_PIN); // Инициализация MFRC522
Serial.println("RFID инициализирован.");
```

Рисунок 2. – Инициализации модуля RFID-RC522

Инициализация модуля Wi-Fi представлена на рисунке 3.

```
// Инициализация Wi-Fi
WiFi.begin("your_SSID", "your_PASSWORD"); // Подключение к Wi-Fi
Serial.println("Подключение к Wi-Fi...");
}
```

Рисунок 3. – Инициализация модуля Wi-Fi

**Заключение.** Разработка физического модуля для мониторинга посещаемости студентов представляет собой значимый вклад в автоматизацию образовательного процесса. Использование современных сенсорных технологий позволяет эффективно и точно учитывать посещаемость, что способствует повышению дисциплины студентов и упрощает работу преподавателей и администрации учебных заведений. Интеграция физического модуля с программной частью комплекса обеспечивает надежное взаимодействие и бесперебойную работу всей системы. Практическая реализация данного решения может значительно улучшить качество учета посещаемости и создать предпосылки для дальнейших исследований в области автоматизированного мониторинга. Результаты исследования подчеркивают высокий уровень проработанности и эффективности предложенных решений.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Mischianti, R. DOIT ESP32 DEV KIT v1: high resolution pinout and specs [Электронный ресурс] // Electronic, 3D printing and embedded programming. – Режим доступа: <https://mischianti.org/doit-esp32-dev-kit-v1-high-resolution-pinout-and-specs/>. – Дата доступа: 07.04.2024.
2. Документация по применению RFID технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org>. – Дата доступа: 07.04.2024.
3. RTC: Обзор микросхемы часов DS3231 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/736482/>. – Дата доступа: 03.05.2024.

УДК 004.62

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС  
ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ: СЕРВЕРНАЯ ЧАСТЬ****А. В. ТОНКИХ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ, И. С. РУСЕЦКИЙ)*

*Работа посвящена разработке системы автоматизации мониторинга посещаемости студентов с использованием программно-аппаратного комплекса на базе микроконтроллерной платы ESP32 и использованием HTTP-запросов. Целью работы является повышение эффективности учета посещаемости и упрощение взаимодействия между студентами и преподавателями.*

**Введение.** Современные технологии автоматизации и цифровизации активно внедряются в различные сферы, включая образование. Одной из актуальных задач является мониторинг посещаемости занятий, что позволяет повысить эффективность учебного процесса и обеспечить прозрачность учета студентов. Традиционные методы, такие как бумажные журналы или устные переключки, не всегда удобны и требуют больших временных затрат. В этой связи возникает необходимость в разработке систем, которые автоматизируют процесс регистрации и контроля посещаемости.

**Теоретическая часть.** HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – это основной протокол прикладного уровня, обеспечивающий взаимодействие клиентских и серверных компонентов в распределенных системах.

REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) — это стиль проектирования программных интерфейсов, основанный на использовании стандартных HTTP-запросов для взаимодействия между клиентом и сервером.

Основными HTTP-методами, используемыми в REST API, являются:

- GET, запрос на получение данных с сервера (например, запрос списка студентов или журналов посещаемости);
- POST, отправка данных на сервер (например, регистрация нового посещения);
- PUT, обновление данных на сервере;
- DELETE, удаление данных.

PHP (Hypertext Preprocessor) является мощным и гибким инструментом для реализации серверной логики в веб-приложениях и взаимодействия с базами данных.

Основными функциями PHP-скриптов в системе являются:

- обработка POST-запросов;
- обработка GET-запросов;
- интеграция с базой данных;
- безопасность и валидация данных.

База данных — совокупность данных, хранимых в соответствии со схемой данных, манипулирование которыми выполняют в соответствии с правилами средств моделирования данных.

В классификацию по модели данных обычно включают:

- иерархические;
- объектные или объектно-ориентированные;
- объектно-реляционные;
- реляционные;
- сетевые;
- функциональные.

SQL (Structured Query Language) – язык структурированных запросов, декларативный язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных. Декларативный язык означает, что пользователи формулируют, что они хотят получить (например, извлечение данных), а не как именно это следует реализовать.

Операторы SQL делятся на:

- операторы определения данных (Data Definition Language, DDL): CREATE, ALTER, DROP;
- операторы манипуляции данными (Data Manipulation Language, DML): SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE;
- операторы определения доступа к данным (Data Control Language, DCL): GRANT, REVOKE, DENY;
- операторы управления транзакциями (Transaction Control Language, TCL): COMMIT, ROLLBACK, SAVEPOINT.

Flutter – это фреймворк с открытым исходным кодом для создания мобильных, веб- и настольных приложений с использованием одного кода на языке программирования Dart. Он был разработан Google и позволяет разработчикам создавать высококачественные приложения для iOS, Android, Windows, macOS и Linux [1].

Firebase Cloud Storage – это масштабируемое облачное решение для хранения файлов, предоставляемое Google разработчикам приложений [2].

**Практическая часть.** В данной практической части рассматривается архитектура и реализация серверной части программно-аппаратного комплекса, предназначенного для мониторинга посещаемости занятий. Основной задачей серверной компоненты является организация надежного и эффективного взаимодействия между клиентским приложением, физическим устройством на базе микроконтроллерной платы ESP32 DEVKIT V1, Firebase Cloud Storage и реляционной базой данных, что обеспечивает целостность и доступность данных.

В данном разделе будет детально рассмотрена последовательность выполнения операций и взаимодействие ключевых компонентов системы. При активации программно-аппаратного комплекса осуществляется инициализация всех аппаратных модулей, составляющих систему. Наиболее критическим этапом является проверка наличия интернет-соединения, так как результат данной проверки определяет последующие действия системы и сценарии её функционирования. Интернет-соединение необходимо для взаимодействия с сервером, передачи данных и синхронизации информации, обеспечивая выполнение основной задачи комплекса — мониторинга посещаемости.

При наличии интернет-соединения программно-аппаратный комплекс переходит к активному режиму взаимодействия с сервером и базой данных. На этом этапе происходит следующее:

сбор и отправка данных на сервер: устройство, используя RFID-модуль, считывает уникальные идентификаторы меток. Считанные данные передаются на микроконтроллерную плату ESP32, которая формирует HTTP-запросы (POST-запросы) для отправки на сервер. Каждый запрос содержит ключевую информацию, такую как UID карты, который формируется в виде строки. UID включается в строку запроса и передается через HTTP POST-запрос на сервер. URL указывается отдельно в какой-либо переменной, в данной работе использовалась переменная с именем `serverName (sn)`. Затем устройство отправляет UID через POST-запрос и получает ответ от сервера. Пример формирования URL и отправки POST-запроса представлен на рисунке 1.

```
String url = sn + "?uid=" + uid;|
HTTPClient http;
http.begin(url);
int httpResponseCode = http.POST(uid);
```

Рисунок 1. – Формирование URL и отправка POST-запроса

Пример обработки ответа сервера представлен на рисунке 2.

```
if (httpResponseCode > 0) {
 String response = http.getString();
 Serial.print("HTTP Response code: ");
 Serial.println(httpResponseCode);
} else {

 Serial.print("Error code: ");
 Serial.println(httpResponseCode);
```

Рисунок 2. – Формирование URL и отправка POST-запроса

Таким образом, описанная последовательность операций демонстрирует принцип функционирования микроконтроллерной платы при наличии активного интернет-соединения.

Однако для полного функционала программно-аппаратного комплекса необходимо предусмотреть возможность удалённого управления устройством. Далее мы рассмотрим разработку программы внешнего управления устройством, позволяющей пользователю не только контролировать его работу, но и вносить изменения в его параметры и настройки через интерфейс удалённого доступа.

При запуске приложения отображается стартовый экран с приветствием и возможностью входа или регистрации. В случае выбора регистрации пользователю предлагается выбрать роль (студент или преподаватель), после чего открывается форма ввода данных для регистрации. Здесь создается Map на языке программирования Dart [3], содержащий все необходимые данные, которые будут отправлены на сервер, а затем он преобразуется в JSON-формат. Создание данных для отправки запроса представлено на рисунке 3.

```
final data = {
 'firstName': _firstNameController.text,
 'lastName': _lastNameController.text,
 'middleName': _middleNameController.text,
 'faculty': _selectedFaculty,
 'group': _groupController.text,
 'subg': _selectedsubg,
 'cardUid': _cardUidController.text,
 'email': _emailController.text,
 'password': _confirmPasswordController.text,
 'userType': _selectedUserType ?? '',
};
final jsonData = json.encode(data);
print('Отправляемые данные: $jsonData');
```

Рисунок 3. – Создание данных для отправки запроса

По нажатию на кнопку отправляется HTTP-запрос на сервер для сохранения введённых данных в базе данных. Пример отправки запроса на сервер представлен на рисунке 4.

```
try {
 final response = await http.post(
 Uri.parse('http://vh140.by2080.ihb.by/login.php'),
 headers: <String, String>{'Content-Type': 'application/json'},
 body: jsonData,
);
 print('Ответ от сервера: ${response.body}');
```

Рисунок 4. – Создание данных для отправки запроса

Этот механизм обеспечивает надежное взаимодействие между клиентом и сервером, позволяя пользователям легко управлять своими данными. Последующие запросы к серверу будут однотипными и могут включать получение информации, например, пользователи смогут просматривать данные о посещаемости, успеваемости, а также просматривать другую информацию, связанную с их аккаунтом. Эти запросы будут структурированы и стандартизированы, что облегчает обработку на сервере.

В приложении предусмотрено четкое разделение функционала в зависимости от роли пользователя — студента или преподавателя. Это разделение обеспечивает удобство и безопасность работы с данными, а также оптимизирует взаимодействие пользователей с интерфейсом.

Студенты имеют доступ к информации о своей успеваемости, представленной в виде графика, основанного на ежедневном посещении учебного заведения. Это позволяет им отслеживать свои достижения и посещаемость. Также в приложении присутствуют базовые наборы функций, такие как редактирование профиля и настроек внутри приложения. Студенты могут отправлять запросы на получение дополнительных данных, таких как расписание занятий и информации о дополнительных мероприятиях для каждой группы на любом факультете.

Преподаватели могут управлять посещаемостью с помощью приложения и устройства. После того как студент использует устройство метки для регистрации посещаемости, соответствующие данные записываются в базу данных. При этом метка, связанная с конкретным пользователем, записывается

вместе с персональными данными. Это связывание осуществляется на этапе регистрации, когда студент указывает свою метку.

Программно-аппаратный комплекс служит для фиксации посещаемости студентов в реальном времени. Когда студент фиксирует свою метку, информация о его посещаемости автоматически записывается в базу данных. При этом каждая метка связана с конкретным пользователем, что позволяет создать уникальную связь между данными о посещаемости и учетной записью студента. При регистрации в приложении студент вводит свои персональные данные и указывает свою метку. Эта информация сохраняется в базе данных, а затем используется для сопоставления меток с пользователями. Когда пользователь осуществляет вход в приложение, данные о посещаемости, полученные с устройства метки, становятся доступными ему в виде отчетов о посещаемости.

**Заключение.** Следует отметить, что использование данного метода контроля позволяет проводить учет студентов без необходимости вручную прокручивать списки или учитывать подписи. Отметка о посещении фиксируется автоматически при проходе через определенные точки, оснащенные RFID-считывателями. Полученные данные записываются на SD-карту, что позволяет хранить информацию о посещаемости на долгосрочной основе и проводить анализ студенческой активности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Документация Flutter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.flutter.dev>. – Дата доступа: 29.04.2024.
2. Документация Firebase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://firebase.google.com/docs?hl=ru>. – Дата доступа: 15.05.2024.
3. Документация Dart SDK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dart.dev/get-dart>. – Дата доступа: 20.05.2024.

УДК 004.06; УДК 343.98.06

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ АРТЕФАКТЫ ЦИФРОВОГО СЛЕДА В КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЕ

**Ф. П. ЦЫБУЛЬСКИЙ**

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

*Рассмотрены способы выявления цифрового следа в компьютерной системе на внешних и внутренних носителях памяти. Исследованы информационные артефакты и утилиты, автоматизирующие процесс выявления, фиксации и анализа цифрового следа. Выявлены наиболее ценные информационные артефакты позволяющие восстановить деятельность пользователя и (или) программного обеспечения в компьютерной системе.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, цифровой след, компьютерная система, кибербезопасность, киберпреступления, форензика, информационный артефакт.

**Введение.** С каждым годом число планируемых или совершенных неправомерных действий с помощью средств информационно-компьютерных технологий увеличивается. В 2024 году подтвержденных хакерских атак в крупных IT-компаниях было зафиксировано на 30% больше, чем за предыдущий [1]. Правоохранительным органам приходится расследовать преступления в области цифровых технологий постфактум, при этом возникают трудности в процессах фиксации и установлении доказательной базы. Поэтому процесс ведения следствия противозаконной деятельности совершенной или планируемой с применением электронно-цифровых устройств предполагает вовлечение не только специалистов в области права, но и в области технических наук, в том числе кибербезопасности. Только квалифицированный специалист в сфере информационной безопасности может провести процесс изъятия и исследования носителей цифровой информации на предмет наличия ценных для следствия цифровых следов (ЦС).

Таким образом, процесс эволюции и усложнение компьютерных систем (КС), повлекли за собой необходимость в исследовании существующих способов выявления цифрового следа в КС, методов их фиксации и анализа, а также разработку новых, что несомненно является **актуальной задачей**.

**Основная цель** представленной работы – исследование ценных информационных артефактов, которые позволяют восстановить деятельность пользователя и (или) программного обеспечения (ПО) в компьютерной системе, а также способы фиксации и анализа цифровых следов.

Компонентами, представляющими интерес в указанной предметной области, являются внешние носители информации, такие как Solid-State Drive (SSD) и Hard Disk Drive (HDD). Особую важность для анализа представляют слепки внутренней энергозависимой памяти, такой как Random Access Memory (RAM). Криминалистически значимыми ЦС могут считаться документы, записи систем, почтовые отправления и так далее. Для структуризации ЦС была выбрана классификация А.Н. Колычевой [2], в которой выделяют 7 групп цифровых следов.

Первая группа – *файлы системного и прикладного программного обеспечения*. Данная группа включает в себя информацию об установленном на носителе системного и прикладного ПО. Например, как показано на рисунке 1, для КС под управлением Windows 10 можно получить перечень индексируемых программ с помощью графического пользовательского интерфейса или стандартной утилиты "Windows Management Instrumentation Command" (wmic).

```
C:\Users\username>wmic product get name,version
Name
Python 3.12.5 Standard Library (64-bit)
Python 3.12.5 Executables (64-bit)
Python 3.12.5 Tcl/Tk Support (64-bit)
CA AllFusion Process Modeler r7
Python 3.12.5 Core Interpreter (64-bit)
```

Рисунок 1. – Демонстрация работы утилиты "wmic"

Вторая группа – *файлы конфигурации программных приложений и операционных систем (ОС)*. Если рассматривать ОС Windows, то она имеет иерархическую базу данных параметров – реестр. Наиболее информативным для выявления ЦС является набор пользовательских и системных настроек, представленных в следующих разделах реестра:

1 "HKEY\_CURRENT\_USER" (HKCU) [3] – ветвь реестра, содержащая конфигурации конкретной учетной записи пользователя. Получение доступа к ней позволяет построить портрет пользователя по следующим подразделам: "HKCU\SOFTWARE" – список индексируемого для конкретного пользователя ПО, "HKCU\AppDataEvents" – ключи индексируемых ОС реакций на определенные системные и прикладные события. Ветви хранятся локально в файле ntuser.dat по пути "C:\Users\[user\_name]".

2 "HKEY\_LOCAL\_MACHINE" (HKLM) [3] – конфигурации системы, устройств и драйверов, используемых всеми пользователями системы. "HKLM\CurrentControlSet\Control\TimeZoneInformation" – данные о временных поясах системы, которые могут быть полезны для установления времени обработки критических исключений. "HKLM\System\CurrentControlSet\Services" – сведения о подключенных сервисах.

Среди сервисов особую криминалистически важную информацию могут предоставить следующие сервисы: Background Activity Moderator (BAM) – сервис, контролирующий активность фоновых программ, хранящий список записей SID с исполняемыми файлами в реестре по адресу "HKLM\SYSTEM\ControlSet00x\Services\bam" и EventLog – ключи службы ведения журналов-событий, записанные по пути реестра "HKLM\SYSTEM\ControlSet00x\Services\EventLog".

Конфигурации драйверов – безусловно важные ЦС, представляющие собой раздел "HKLM\SYSTEM\DriverDatabase". Компонент ShimCache (AppCompatCache) обеспечивает обратную совместимость старых приложений и добавляет исполняемые файлы, индексируемые системой в ShimCache. AppCompatCache записывает название исполняемого файла, путь к файлу и дату последнего изменения файла. Ключи конфигурации AppCompatCache и пути к журналу хранятся в предоставленном реестром разделе: "HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\SessionManager\AppDataCompatCache".

Служба автозапуска не хранит все наборы ключей в одном месте, они представлены в нескольких ветвях реестра. Каждая такая ветвь содержит приписку "run", например: "HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run" или "HKEY\_LOCAL\_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\RunOnce". Прикладное ПО может создавать свои ветки реестра динамически, изменяя и дополняя ключи. Приведенный перечень директорий, представляющих интерес для специалиста по кибербезопасности не полный, рассмотренные ветви отображены на рисунке 2.

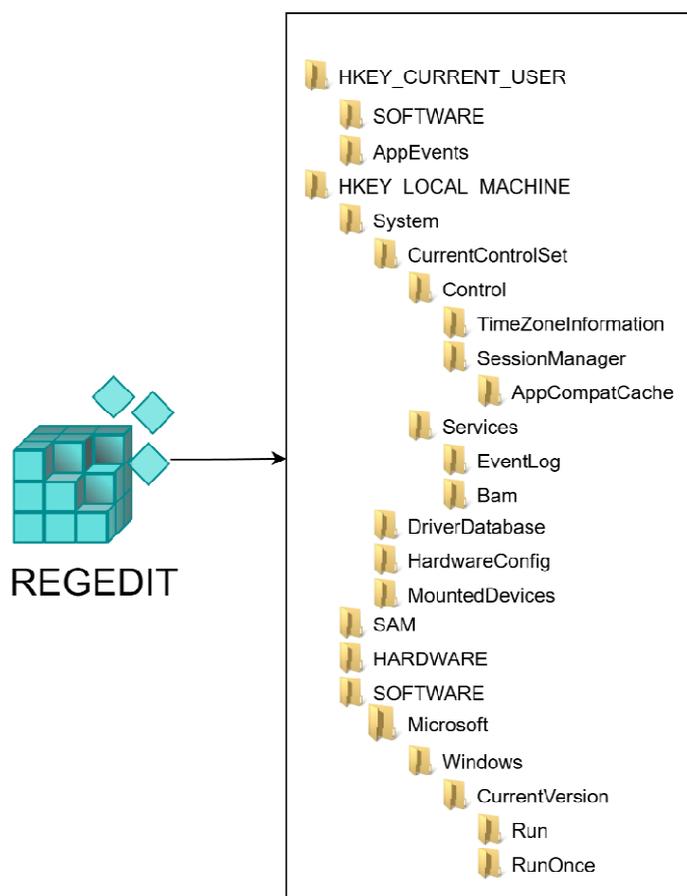


Рисунок 2 – Анализируемые директории реестра

С целью анализа автоматического анализа базы данных ключей разработаны приложения, базирующиеся на этой задаче. Для примера возьмем FastIR Collector [4], который делает выборку разделов реестра на ЦС и сохраняет результат в .json или .csv формат. Обращаться к коллекции значений также возможно через консольный пакет Regedit. Экспортирование значений в текстовый формат (рисунок 3) происходит через команду, она выглядит так: Regedit /e.

```
[HKEY_LOCAL_MACHINE\BCD00000000]

[HKEY_LOCAL_MACHINE\BCD00000000\Description]
"KeyName"="BCD00000000"
"System"=dword:00000001
"TreatAsSystem"=dword:00000001
"GuidCache"=hex:92,52,21,07,05,c1,d9,01,0b,27,00,00,6b,6d,8f,da,b4,e6,29,25,ac,\
00,00,00
```

**Рисунок 3. – Демонстрация работы команды  
Regedit /E /A [targetFile]**

Третья группа – файлы-журналы, создаваемые программным обеспечением в процессе работы. Для примера возьмем ОС Windows. Стандартными путями, по которым располагаются файлы-журналы программного обеспечения считаются "C:\ProgramData" и "C:\Users\[user\_name]\AppData", однако не редки исключения. Примером файла-журнала являются отчеты программы Windows Defender, они хранятся по адресу "C:\ProgramData\Microsoft\Windows Defender\Support" и имеют расширение .log. Защитник записывает информацию о проверенных процессах, фиксирует ошибки анализа и причину остановки. Отчет проверки процессов MPlog%Date%.log (рисунок 4) содержит в себе название исполняемого процесса, его Pid и путь к проверяемому файлу, а также время начала и конца проверки.

```
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: Discord.exe, Pid: 15236, TotalTime: 57076, Count: 8628, MaxTime: 31,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: steam.exe, Pid: 12840, TotalTime: 50522, Count: 7113, MaxTime: 578,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: opera.exe, Pid: 15792, TotalTime: 23889, Count: 4581, MaxTime: 296,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: steamwebhelper.exe, Pid: 14928, TotalTime: 17805, Count: 3332, MaxTime: 15,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: opera.exe, Pid: 15972, TotalTime: 13325, Count: 2186, MaxTime: 125,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: ArmouryCrate.UserSessionHelper.exe, Pid: 6632, TotalTime: 12559, Count: 1938,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: ArmouryCrate.UserSessionHelper.exe, Pid: 23256, TotalTime: 9318, Count: 1263,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: explorer.exe, Pid: 20328, TotalTime: 8531, Count: 120, MaxTime: 3703,
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: cs2.exe, Pid: 20952, TotalTime: 7302, Count: 1067, MaxTime: 250, MaxTimeFile:
2024-07-02T02:40:49.560Z ProcessImageName: Agent.exe, Pid: 18780, TotalTime: 6451, Count: 1208, MaxTime: 31, MaxTimeFile
```

**Рисунок 4. – Содержимое MPlog%Date%.log**

ЦС, генерируемое функционалом фиксирования событий файловой и ОС, называют журналом событий. По умолчанию они содержатся по адресу "%SystemRoot%\System32\winevt\Logs" и имеют расширение .evtx. Журналы строго разделяются по назначению и сфере ответственности. Например, файл "Microsoft-Windows-GroupPolicy%4Operational.evtx" хранит записи о сеансах групповой политики, о изменениях и модификации таковой. Функционал работы с журналами событий допускается расширять при использовании утилиты "System Monitor" (Sysmon). А управление записями возможно осуществлять через терминал, прибегая к утилите "Weventutil". Во многих ОС существует система фиксации изменений на съемном носителе. Для примера, ОС Windows 10 управляет журналами Update Sequence Number (USN) – внутренними системными списками файлов New Technology File System (NTFS). USN хранит информацию об изменениях данных на конкретном носителе с данной файловой системой. Новая информация записывается в конец потока журнала. Для каждого тома создается изолированный USN-журнал. Управление журналами USN осуществляется через консольную утилиту File System Utility (fsutil), как показано на рисунке 5, а функционал подробного анализа артефакта предоставляется сторонним ПО "NTFS USN Journal Parser" [5].

Сервис Windows Prefetch собирает информацию с помощью перехвата исполняемого файла и библиотек, с предварительно выделенным пространством на накопителе. При запуске исполняемого файла по адресу "%SystemRoot%\Prefetch" создается файл с расширением Prefetcher (.pf). Он содержит список ресурсов, на которые ссылается исполняемый файл, включая файлы и каталоги. Анализ и чтение отчета Prefetch может быть осуществлен с помощью сторонних программ, таких как "WinPrefetchViewer" [6].

```
C:\Users\username>fsutil usn
---- Поддерживаемые команды USN ----

createJournal Создает журнал USN
deleteJournal Удаляет журнал USN
enableRangeTracking Включает отслеживание диапазона записи для тома
enumData Перечисляет данные USN
queryJournal Запрашивает данные USN для тома
readJournal Читает записи USN из журнала USN
readData Читает данные USN для файла
```

Рисунок 5. – Функционал утилиты "fsutil usn"

При обработке критических ошибок в ОС Windows создаются слепки памяти, содержащие таблицы запущенных процессов, их Pid, адреса памяти и другую информацию. Наиболее интересны 3 вида создаваемых слепков: Minidump (до 256 КБ) хранится по адресу "%SystemRoot%\Minidump", kernel crash dump и Completely memory dump по пути "%SystemRoot%". Эти слепки содержат полную информацию о протекающих процессах и состоянии ядра КС. ПО Windows Debugger (WinDBG) позволяет анализировать дампы памяти.

Стоит отметить имеющиеся автоматизированные инструменты по поиску ЦС на носителях. Например, Kroll Artifact Parser and Extractor (KAPE) [7] широко применяется в форензике [3]. KAPE исследует носитель на предмет наличия артефактов, экономя время на этапах расследования. Belkasoft X Forensic [8] – аналог, который помимо функционала поиска, имеет удобные инструменты анализа ЦС.

Четвертая группа – *источники информации, образующиеся в ходе деятельности пользователя, в том числе их резервные копии и удаленные файлы*. Помимо самих файлов, метаданные фотографий, документов и файлов – ценная информация для специалиста в кибербезопасности. К метаданным относятся информация о технических характеристиках файлов, о любой манипуляции с ним, а также периферийных описательных данных. Получить основные параметры файлов возможно с помощью графического интерфейса Windows, а более подробный анализ осуществляется с помощью предлагаемого программного обеспечения с открытым исходным кодом FOCA [9].

С целью работы с зашифрованными контейнерами информации можно предложить для применения следующие утилиты: Encryption Analyzer [10] – представляет инструменты по поиску зашифрованных документов на съемном носителе и подробную информацию, включая методы защиты и шифрования, а также ПО John the Rippe [11], позволяющий экспортировать файлы из защищенного архива .rar и .zip форматов.

Файловая система NTFS, как и многие другие, не зануляют сектора удаляемого контента на носителе, только теряет точку входа к нему из таблицы доступа тома. Недавно удаленную информацию можно восстановить с некоторым шансом. Такие программы как "RecuperaBit" считывают двоичную информацию с носителя без привязки к таблице томов и по сигнатурам известных форматов файлов восстанавливает утраченную информацию.

Пятая группа – *файлы, обеспечивающие аутентификацию и конфиденциальность пользователей*. Зачастую пароли от учетных записей, криптоконтейнеров или зашифрованных файлов служат ключевыми по значимости артефактами для следователя, так как открывают путь к тому, что хотят скрыть от посторонних глаз. Такая информация тщательно скрывается и может быть обнаружена в процессе поиска других групп данных. Основными точками интереса служат менеджеры паролей, такие как "KeePass" и базы данных систем. В ОС Windows 10 существует компонент Security Account Manager (SAM) – база данных Windows, содержащая учетные записи пользователей, включая имена и хешированные пароли. Получить доступ к SAM возможно через реестр по пути "HKEY\_LOCAL\_MACHINE\SAM" или по пути файловой системы "C:\Windows\System32\config\SAM".

Шестая группа – *информация, находящаяся в оперативной памяти или файле подкачки устройства*. Работа с внутренней энергозависимой памятью сопровождается трудностями. К ней не всегда удается получить прямой доступ в том же состоянии, как и в начале процесса изъятия. Для работы с Random Access Memory (RAM) необходимо предварительно создать слепок состояния [12]. Особенность RAM в том, что информацию она хранит не цельно, а по фрагментам. ПО Belkasoft live Ram Capturer [13] позволяет снимать слепки RAM памяти, при этом обходя защиты антидампинговых систем. Набор утилит Volatility [14] анализирует созданные ранее дампы памяти на предмет цифровых следов.

Седьмая группа – *информация, полученная с помощью соответствующих радиоэлектронных или специальных технических средств*. Выбор технического средства зависит от поставленной перед специалистом задачи. Для перехвата сетевого трафика используются роутеры-анализаторы с установленным

ПО, таким как WireShark [15] или System for Internet-Level (SiLK) [16]. Задача слежения за пользователем решается с помощью устройства "KeyGrabber". Для разворачивания и анализа поведения вредоносного ПО используются различные комплексы технических средств, создающие изолированную отслеживаемую программную среду. Для каждого случая может быть необходимо наличие уникального инструментария специалиста цифровой криминалистики.

**Вывод:** В представленной статье приведен далеко не полный перечень способов фиксации ЦС, однако любая активность в цифровом пространстве оставляет следы и приведенные в статье способы выявления цифровых следов в компьютерной системе позволяют специалистам информационной безопасности и юриспруденции эффективно решать проблему сбора данных (фиксации ЦС), их анализа и создавать более гибкие методики ведения криминалистического следствия. Приведенные в статье информационные артефакты и утилиты позволяют автоматизировать процесс выявления, фиксации и анализа цифрового следа, а также решать вопросы защиты информационных ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Эксперты по кибербезопасности отмечают рост скорости взлома крупных компаний (kommersant.ru) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/66918907tg>. – Дата доступа: 18.08.2024.
2. Колычева, А.Н. Фиксация доказательственной информации, хранящейся на ресурсах сети Интернет: автореф. канд. юрид. наук: 12.00.12 / А.Н. Колычева. – Москва, 2019. – С. 25.
3. Muhibullah, M. Windows Forensics Analyst Field Guide. Packt publishing, 2023. – 318 с.
4. Soft-Fastir Collector – Author Sébastien Larinier | Форум информационной безопасности – Codeby.net [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://codeby.net/threads/fastir-collector-author-sebastien-larinier.67056/>. – Дата доступа: 18.09.2024.
5. NTFS USN Journal – E5h Forensic Solution Viewer. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e5hforensics.com/index.php/downloads/software/ntfs-journal-viewer/>. – Дата доступа: 16.09.2024.
6. WinPrefetchView – Nir Sofer. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.nirsoft.net/utills/win\\_prefetch\\_view.html](https://www.nirsoft.net/utills/win_prefetch_view.html). – Дата доступа: 16.09.2024.
7. Kroll Artifact Parser and Extractor – Cyber Risk. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kroll.com/en/services/cyber-risk/incident-response-litigation-support/kroll-artifact-parser-extractor-kape> – Дата доступа: 16.09.2024.
8. Belkasoft X Forensic – Belkasoft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belkasoft.com>. – Дата доступа: 16.09.2024.
9. FOCA – Informatica64. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://foca.softonic.ru> – Дата доступа: 16.09.2024.
10. Encryption Analyzer – Passware. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.passware.com/encryption-analyzer/> – Дата доступа: 17.09.2024.
11. John the Rippe – Openwall. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openwall.com/john/> Дата доступа: 17.09.2024.
12. Пантюхин, И.С. Снижение объема обрабатываемой информации в энергозависимой памяти при исследовании компьютерных инцидентов. / И.С. Пантюхин, Н.И. Белов, В.А. Катаева // Вопросы кибербезопасности, 2018. – №2(26), С.70-76.
13. Belkasoft live Ram Capturer – Belkasoft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belkasoft.com>. – Дата доступа: 16.09.2024.
14. Volatility – The Volatility Foundation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://volatilityfoundation.org>. – Дата доступа: 16.09.2024.
15. WireShark – Endace. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wireshark.org>. – Дата доступа: 16.09.2024.
16. SiLK – CERT NetSA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tools.netsa.cert.org/silk/>. – Дата доступа: 16.09.2024.

УДК 004.06; УДК 343.98.06

**МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЦИФРОВОГО СЛЕДА  
ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЙ****Ф. П. ЦЫБУЛЬСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. И. Б. БУРАЧЁНОК)*

*Осуществлен анализ основных классификаций цифрового следа. Рассмотрены методы обнаружения цифрового следа, рекомендуемые для использования правоохранительными органами в расследовании киберпреступлений и предотвращении противозаконной деятельности с использованием цифровых устройств.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, кибербезопасность, киберпреступления, электронно-цифровой след, цифровая тень, цифровой отпечаток, виртуальный след, цифровой след, трасология, цифровая ДНК.

**Введение.** Быстрый рост уровня технологий, внедрение цифровых устройств во все сферы жизнедеятельности человека, переход от индустриальной и постиндустриальной экономики к так называемой цифровой экономике или экономике, базирующейся на сетевом использовании информационно-коммуникационных технологий [1] открыла новые возможности для преступной деятельности в области информационных технологий. Согласно статистике, только по Витебской области за январь-июнь 2024 года зарегистрировано 985 киберпреступлений. Совершение противоправных деяний в области с использованием сети интернет, средств мобильной связи и компьютерной техники с аналогичным периодом прошлого года выросло на 15%. В общей сложности ущерб жителям области от таких преступлений за указанный период составил 1,8 миллиона белорусских рублей [2]. Для сотрудников правоохранительных органов расследования противозаконной деятельности с использованием цифровых устройств является трудоёмкой работой. Специфика деяния и уникальность каждого процесса установления источников доказательной информации не позволяет создать единую практику ведения следствия. Одним из основополагающих инструментов, находящихся на службе у современного специалиста, является изучение цифрового следа интересующего человека. Таким образом, анализ сетевых ресурсов с использованием методов выявления цифрового следа и разработка практических, научно обоснованных рекомендаций и инновационных методик для использования правоохранительными органами в расследовании и предотвращении противозаконной деятельности с использованием цифровых устройств являются **актуальными**.

**Основной целью** представленной работы является изучение понятия цифрового следа, его классификаций с учётом мнений специалистов в области кибербезопасности и юриспруденции, а также исследование практической применимости методов выявления цифрового следа при расследовании киберпреступлений.

Первоначально рассмотрим само понятие цифрового следа. Электронно-цифровой след, цифровая тень, цифровой отпечаток, виртуальный след, электронный след или цифровой след (англ. digital footprint) – совокупность отслеживаемых цифровых данных, генерируемых в результате взаимодействия человека с техническими устройствами и другими элементами информационной инфраструктуры [3]. Под информационной инфраструктурой понимают комплекс технических средств, программного обеспечения и коммуникационных сетей, предназначенных для получения, хранения и обработки информации [4]. Данными, интерпретируемыми как цифровой след, могут являться любые отслеживаемые цифровые сведения о человеке, такие как, например, статистика изменения геолокации, количество звонков за день или хранимые сведения об учётной записи и пр.

Следует отметить, что согласно проведенного анализа известных источников из описания понятия цифрового следа, возникает проблема единой классификации из-за большого разброса по содержанию и типу объёма данных для представления. В результате проведенных исследований известных подходов по дифференциации цифрового следа на виды, можно указать известные пять: классификация А.Г. Себякина, классификация А.А. Жижелевой, классификация Е.М. Черешнева, классификация А.Н. Колычевой и классификация с точки зрения трасологии.

Исследователь А.Г. Себякин [5] предлагает спецификацию цифровых следов на основе фактора опосредованности воздействия пользователя на элементы компьютерной системы, разделяя его на две группы: опосредованную и непосредственную.

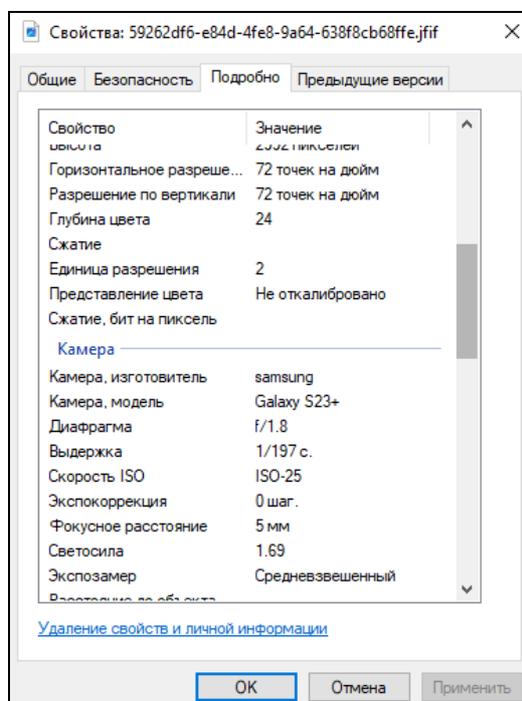
К *непосредственной группе следов* А.Г. Себякин относит компьютерные данные, образованные или скопированные в результате непосредственного воздействия пользователя (причины) на компьютерную систему. К такому виду причислены данные, генерируемые пользователем путем устройств ввода: созданные файлы, почтовые отправления, фотографии, фонограммы, история поисковых запросов

интернет-браузера и прочая информация, создаваемая при взаимодействии пользователя с программным обеспечением.

К *опосредованной группе* стоит относить следы, которые создаются без наличия прямой связи с причиной (целью) воздействия субъекта (пользователя) на систему, но инициированные этим воздействием, обусловленные особенностями программного обеспечения. Опосредованными следами могут служить таблицы размещения файлов, метаданные пользовательских файлов, записи служебных баз данных и записи реестра.

Опосредованные и непосредственные цифровые следы бывают локальными, то есть храниться на носителе пользователя, так и удалёнными, хранящимися на сетевых каналах, доступ к которым осуществляется с помощью средств коммуникации.

Типичным примером непосредственной группы следа является изображение, созданное пользователем. Изображение генерируется непосредственно в результате воздействия пользователя как причины. Современные фоторедакторы совместно с изображением сохраняют различные метаданные: место съемки, дату съемки, значение выдержки и т.п. Примеры непосредственных следов в виде метаданных изображения показаны на рисунке 1. Эти данные являются опосредованными, так как пользователь только косвенно инициирует создание таковых. Получить основные сведения о файле можно стандартными средствами просмотра свойств Windows.



**Рисунок 1. – Пример непосредственных следов в виде метаданных фотографии**

Классификация А.А. Жижелевой [6], представляет собой разбиение цифровых следов на активные и пассивные.

*Активными видами следов* являются все цифровые данные, сгенерированные в результате полной сознательной деятельности пользователя в компьютерной системе. К ним можно отнести создаваемые напрямую пользователем с помощью устройств ввода файлы, текстовые сообщения, фотографии, видео и другие виды цифровой информации.

К *пассивным видам* исследователь причисляет совокупность данных, созданных или измененных непреднамеренно для пользователя самой компьютерной системой. Процессы, совершаемые без прямого участия пользователя: сохраняемые журналы событий, история посещённых сайтов, cookie-файлы и т.п.

Представителями пассивного вида являются журналы событий Windows, которые хранят записи о событиях в Windows. Пример, журнала событий Windows представлен на рисунке 2. Dpkg.log прекрасно подойдет для примера пассивного вида данных для систем, подобных Linux. Dpkg.log содержит записи журнала об установленных пакетах (см. рисунок 3).

Эксперт в области кибербезопасности Е.М. Черешнев придерживается схожим с А.А. Жижелевой подходом. Однако, помимо выделения активных и пассивных видов данных, Е.М. Черешнев разбивает

их на 15 типов, отражающих содержание и то, насколько сознательно для пользователя система генерирует информацию. В книге [7] Е.М. Черешнева выделяются следующие типы цифрового следа:

– *автоматически генерируемые данные о местонахождении* – информация о географическом местонахождении устройства, с которого пользователь или система цифрового устройства осуществляет вход в сеть;

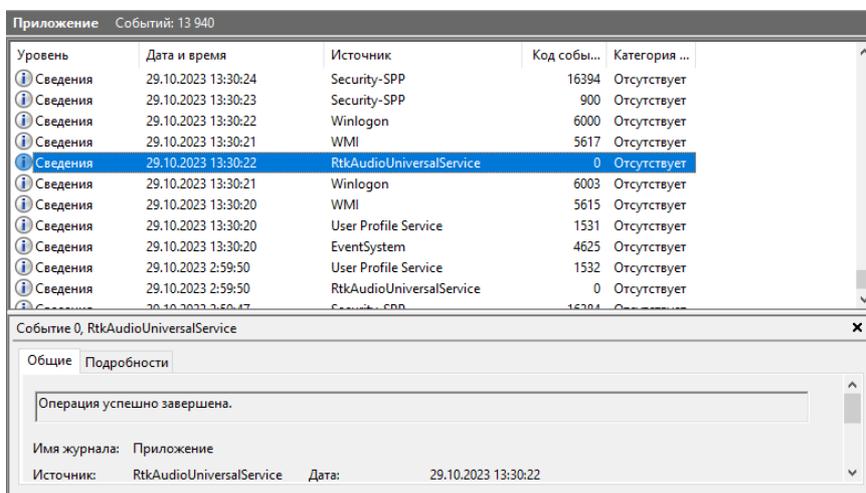


Рисунок 2. – Журнал событий Windows

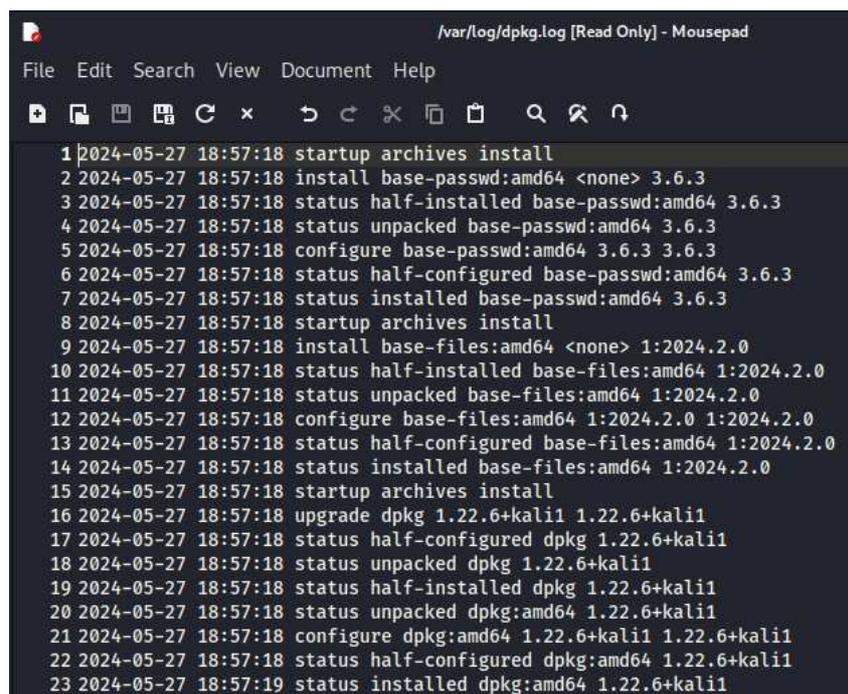


Рисунок 3. – Записи журнала Dpkg.log

– *сервисные данные* – данные, которые необходимы конкретному сервису для осуществления услуг;

– *добровольно публичные контролируемые данные* – данные, которые пользователь оставляет добровольно и осознанно. При этом пользователь имеет над этими данными полный контроль как производитель;

– *добровольно публичные, но неконтролируемые данные* – данные, которые пользователь оставляет добровольно и осознанно. При этом пользователь не имеет контроля над этими данными;

– *биометрические данные* – данные, генерируемые цифровыми техническими устройствами на основе биометрических показателей активности и уникальных идентификаторов пользователя;

- *атрибутированные данные* – данные, связанные с конкретным пользователем, однако, опубликованные не им, а его окружением;
- *поведенческие данные* – данные, генерируемые программным обеспечением, содержащие аспекты поведения пользователя, такие как скорость печати, время и место курсора на экране в конкретный момент;
- *психологические данные* – данные, генерируемые программным обеспечением в результате психологического профилирования пользователя на базе первичных данных;
- *медицинские данные* – отслеживаемые показатели конкретного человека, снятые с помощью цифровых медицинских устройств;
- *расшифрованная ДНК* – данные, полученные и опубликованные в информационной инфраструктуре, содержащие анализ детально расшифрованной ДНК человека;
- *секретно собираемые данные* – данные, сохраняемые или генерируемые программным обеспечением без прямого участия и согласия пользователя, которые пользователь оставляет неосознанно;
- *данные, основанные на выводах* – результаты математического анализа и интерпретации первичных данных с целью извлечения значимых закономерностей;
- *данные рода* – данные, генерируемые программным обеспечением в результате анализа информации, полученной по обратной связи с цифровыми следами членов семьи конкретного пользователя;
- *служебные данные* – данные пользователя, генерируемые программным обеспечением на базе файлов, записей или документации, связанных с профессиональной и служебной деятельностью пользователя;
- *полученные или доступные знания* – данные, генерируемые программным обеспечением в результате анализа первичных данных, содержащие информацию о знаниях, которые пользователь получил или в теории мог бы.

Более подробная классификация данных позволяет эффективно выделять полезные электронно-цифровые следы, делая их более заметными. Е.М. Черешнев утверждает, что все эти типы данных так или иначе собираются программным обеспечением в режиме реального времени. Полный цифровой след, состоящий из вышеперечисленных типов данных и выводов, которые можно на них построить, исследователь называет цифровой ДНК, или digital DNA (dDNA).

dDNA – структурированная база данных, содержащая записи всей информации об объекте за конкретный промежуток времени, состоящий из 3 частей: фактическая (past & present), легенда описания и разметка базы ячеек (legend), и прогнозы вероятных действий в будущем (future) [7]. Имея доступ к цифровой ДНК, можно узнать увлечения, повседневные взаимодействия с цифровой инфраструктурой, а также определить факт связи цифровой улики с пользователем.

Стоит обратить внимание на классификацию исследователя А.Н. Колычевой. Она, в свою очередь, предлагает спецификацию цифровых следов как возникающих данных в процессе подготовки, совершения и сокрытия преступного деяния, хранящихся и образующихся в компьютерных системах и интернет-пространстве и дифференцирует явление цифровой тени по виду информации на 7 следующих групп [10]

- файлы системно и прикладного программного обеспечения;
- файлы конфигурации программных приложений и операционных систем;
- файлы-журналы программного обеспечения и технических средств;
- файлы - источники информации, образующиеся в ходе деятельности пользователя, в том числе их резервные копии и удаленные файлы, подлежащие восстановлению;
- файлы, обеспечивающие аутентификацию и конфиденциальность пользователей;
- информация, находящаяся в оперативной памяти или файле подкачки устройства;
- информация, полученная с помощью соответствующих радиоэлектронных или специальных технических средств.

По месту нахождения цифровых следов А.Н. Колычева выделяет 3 группы:

- находящиеся на электронных устройствах потерпевшего;
- находящиеся на электронных устройствах лиц, подготавливающих, совершающих либо совершивших преступление;
- находящиеся на материальных носителях, размещенных в технических устройствах операторов электросвязи.

По источнику информации исследователь подчеркивает еще 3 группы данных:

- следы на материальных носителях;
- следы, находящиеся в оперативной памяти электронных устройств получения, фиксации, обработки и передачи цифровых данных;
- следы в сетевых каналах передачи данных между устройствами.

С точки зрения общей трасологии, электронно-цифровой след единогласно нельзя причислить ни к материальным, ни к идеальным видам следов. С точки зрения В.А. Мещарикова [9] цифровая тень является материальным видом следов, так как информация существует реально на цифровом носителе, а их обнаружение возможно только с применением программного-технического устройств. Другие специалисты (В.Б. Вехов [11], А.Н. Колычева [10]) уточняют это мнение, считая такой вид данных невидимым материальным следом, который человек может воспринять органами чувств в результате преобразования цифровыми устройствами и устройствами вывода компьютерной информации. С другой стороны, материальным следом считается след, который имеет относимость рассматриваемого объекта к материальному миру, а цифровая тень к материальному миру напрямую не относится, человек не способен воспринять информацию непосредственно. Также есть мнения о том, что цифровой след находится между материальными и идеальными следами, при этом заимствуя свойства двух видов.

Анализ и поиск цифровых следов активно используется в криминалистических процессах в комплексе судебной компьютерно-технической экспертизы (далее КТЭ) [12].

Методы обнаружения цифрового следа включают в себя:

– анализ слепков памяти (memory dumping) [13] – воспроизведение и анализ состояния слепка оперативной памяти, снятого ранее.

– анализ общедоступных интернет-ресурсов [14] – анализ социальной среды интернет-пространства в качестве ориентирующей информации.

– анализ файловой системы [15] – анализ файловой системы на предмет наличия следов преступной деятельности.

Также используются методы и алгоритмы информационной интерпретации.

Явление цифрового следа нашло свое применение в OSINT (англ. Open Source Intelligence), которая базируется на анализе открытых источников информации. Более точное определение OSINT сформулировано М.О. Янгаевой и Н.О. Павленко [8]. Также создаются аппаратно-программные комплексы, способные отслеживать открытые источники информации: АПК «Демон Лапласа» [16], Find Face [17] и другие. Эти программные комплексы способны эффективно выявлять, производить мониторинг и анализировать информацию, полученную из мессенджеров, камер наблюдений и прочих цифровых ресурсов. Такого рода меры позволяют прогнозировать противоправные действия и оказывать поддержку в аргументации судебного процесса по деяниям, связанным не только с сферой компьютерных сетей, но и других разделах криминалистики.

**Вывод:** В связи с быстрым ростом компьютеризации и сравнительно недавним возникновением понятия цифрового следа, заметно отставание правоохранительных органов в области цифровых технологий. Однако любая активность в цифровом пространстве оставляет следы. Эти следы можно найти, интерпретировать и представить суду в определенной процессуальной форме. И несмотря на отсутствие общего подхода к расследованию и недостаточно конкретной спецификацией цифрового следа как технического и юридического объекта, можно сказать, что цифровая криминалистика на сегодня уже активно формируется в современных реалиях киберпространства. Таким образом, научное изучение явления цифрового следа остается актуальным в обеспечении безопасности в сфере информационных технологий. Эффективное решение проблемы сбора данных и их анализа позволят создать более гибкие методики ведения криминалистического следствия и защиты информационных ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Головенчик, Г.Г. Цифровая экономика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс / Г.Г. Головенчик. – Минск : БГУ, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-566-847-4.
2. Александр Гарус: Схемы кибермошенников и как не попасться на их уловки. Правоохранители Витебской области дали советы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/comments/view/shemy-kibermloshennikov-i-kak-ne-popastsja-na-ih-ulovki-pravoohraniteli-vitebskoj-oblasti-dali-sovety-9299>. – Дата доступа: 14.08.2024.
3. Нестеров, С.А. Понятие цифрового следа и анализ цифрового следа в образовании / С.А. Нестеров, Е.М. Смолина // SAEC. 2023. №3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-tsifrovogo-sleda-i-analiz-tsifrovogo-sleda-v-obrazovanii>. – Дата доступа: 18.08.2024.
4. Перечень терминов и их определений (приложение 2), утвержденный Указом Президента Республики Беларусь от 14 февраля 2023 г. № 40 «О кибербезопасности».
5. Себякин, А. Г. Тактика использования знаний в области компьютерной техники в целях получения криминалистически значимой информации: дис. канд. юрид. наук : 12.00.12. / А. Г. Себякин. – М., 2021. – 271 с.

6. Жижилева, А.А. О некоторых теоретических аспектах использования в криминалистике понятий цифровые, электронные, виртуальные следы // Вопросы российской юстиции. 2019. №3. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-teoreticheskikh-aspektah-ispolzovaniya-v-kriminalistike-ponyatiy-tsifrovyye-elektronnye-virtualnye-sledy>. – Дата доступа: 18.08.2024.
7. Черешнев, Е.М. Форма жизни №4: Как остаться человеком в эпоху расцвета искусственного интеллекта. // Е.М. Черешнев. – М.: ООО «Альпина Паблишер», 2022. – 420 с.
8. Янгаева, М.О. OSINT. Получение криминалистически значимой информации из сети Интернет. / М.О. Янгаева, Н.О. Павленко // Алтайский юридический вестник. 2022. № 2 (38). С. 131-135.
9. Мещеряков, В.А. Основы методики расследования преступлений в сфере компьютерной информации: дис. д-ра юрид. наук. / В.А. Мещеряков. – Воронеж, 2001. – 387 с.
10. Колычева, А.Н. Фиксация доказательственной информации, хранящейся на ресурсах сети Интернет: автореф. канд. юрид. наук: 12.00.12 / А.Н. Колычева. – Москва, 2019. – С. 25.
11. Вехов, В.Б. Электронные следы в системе криминалистики. / В.Б. Вехов, Б.П. Смагоринский, С.А. Ковалев. // Судебная экспертиза. – №2. С. 17.
12. Проведение компьютерно-технической экспертизы в Минске (досудебная экспертиза) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedkon.by/services/dosudebnaya-ekspertiza/kompyuternotekhnicheskaya-ekspertiza/>. – Дата доступа: 14.08.2024.
13. Островская, С. Криминалистика оперативной памяти на практике. [Электронный ресурс] : / С. Островская, О. Скулкин. – М. : ДМК-Пресс, 2022. – 256 с.
14. Болвачев, М.А. Социальная сеть как объект криминалистического исследования // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. / М.А. Болвачев, 2020. №4. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-set-kak-obekt-kriminalisticheskogo-issledovaniya>. – Дата доступа: 20.08.2024.
15. Ливак, Е.Н. Особенности криминалистического анализа файловой системы NTFS. [Электронный ресурс]. / Е.Н. Ливак, О.Р. Мысливец. – Режим доступа: <https://elib.grsu.by/katalog/553951pdf.pdf?d=true>. – Дата доступа: 20.08.24
16. Программа «Демон Лапласа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://protestonline.ru>. – Дата доступа: 14.08.2024.
17. Распознавание лиц и силуэтов людей, автомобилей и номерных знаков. Платформа мультиобъектной видеоаналитики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ntechlab.ru>. – Дата доступа: 14.08.2024.

УДК 504.064+614.31

## АНАЛИЗ ПОРИСТОСТИ ГРУНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

*А. В. ЧИКАЛКО**(Представлено: Е. С. БОРОВКОВА)*

*Данная статья представляет результаты экспериментальных измерений пористости образцов различных видов почв, взятых на территории г. Браслав. Полученные результаты можно использовать в ходе вычислений и моделирования распространения радионуклидов в почвах.*

**Введение.** В последние десятилетия исследования миграции радионуклидов в грунте приобрели особую актуальность в контексте оценки радиационного воздействия на окружающую среду. Радионуклиды, такие как стронций-90 и цезий-137, обладают высокой мобильностью в почвенной среде и могут представлять опасность для экосистем и человеческого здоровья. Важным аспектом таких исследований является анализ пористости грунта, поскольку точные значения пористости необходимы для последующих вычислений и моделирования распространения радиоактивных веществ. Получение достоверных значений пористости грунта позволит более четко определять пути миграции радионуклидов и их воздействие на окружающую среду, а также разрабатывать более эффективные стратегии мониторинга и управления радиационным загрязнением.

В ходе исследования были получены данные о пористости некоторых почв.

**Теоретическая часть.** Пористость грунта – это величина, характеризующая отношение объема пор к объему грунта, и может быть выражена в процентах или долях единицы. Коэффициент пористости – это отношение объема пор грунта к объему его скелета. Общая пористость учитывает объем пор, включая поровое пространство, заполненное "связанной жидкостью". В то же время, эффективная пористость учитывает только поры, через которые могут двигаться жидкость или газы.

Понимание значения пористости грунта необходимо для определения путей миграции радионуклидов. Это позволяет прогнозировать, насколько быстро и в каком направлении радиоактивные вещества могут передвигаться в почвенной среде.

Пористость грунта требуется для одной из основных математических моделей, применяемых для изучения перемещения радионуклидов в почвенной среде - уравнении диффузии. Это уравнение описывает процесс распространения радионуклидов в почве под воздействием градиента их концентрации.

Общий вид уравнения диффузии можно записать следующим образом [1]:

$$R = \sqrt{4 \cdot D \cdot t}, \quad (1)$$

где  $R$  – глубина распространения (м),  $t$  – время (с),  $D$  - коэффициент диффузии ( $\text{м}^2/\text{с}$ ).

Это уравнение позволяет предсказывать глубину распространения в почвенной среде в зависимости от времени, что является важной информацией для разработки стратегий мониторинга и контроля за радиационной обстановкой в окружающей среде.

Коэффициент диффузии же вычисляется по формуле [2]:

$$D = \left(\frac{q}{A \cdot \lambda}\right)^2 \cdot \frac{1}{\lambda}, \quad (2)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии ( $\text{м}^2/\text{с}$ ),  $q$  – плотность потока выбранного радионуклида с поверхности грунта ( $\frac{\text{Бк}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ),  $A$  – удельная активность радионуклида (Бк),  $\eta$  – пористость грунта (отн. ед.),  $\lambda$  – постоянная распада ( $\text{с}^{-1}$ ).

**Методы исследования.** Для проведения исследования были взяты пробы мха, чернозема, глиняной, песчаной и илистых почв с земельного участка в д. Струсто. Для измерений была взята пластиковая бутылка, у которой удалили горлышко и проделали отверстия в дне (рис. 1).

Получившийся сосуд имел 16 см высоты и с помощью него были произведены следующие операции:

- в сосуд засыпался образец так, чтобы он занимал 10 см высоты;
- в сосуд заливался объем воды 200 миллилитров;
- фиксировалось время, прошедшее с момента заливки воды до того, как она полностью вытечет из отверстий в дне бутылки;
- результаты, полученные в ходе эксперимента, заносились в таблицу (таблица 1).



(слева направо) 1 - мох; 2 - песчаная почва; 3 - илистая почва;  
4 - чернозем; 5 - глинистая почва

Рисунок 1. – Исследуемые образцы почв

Таблица 1. – Результаты эксперимента

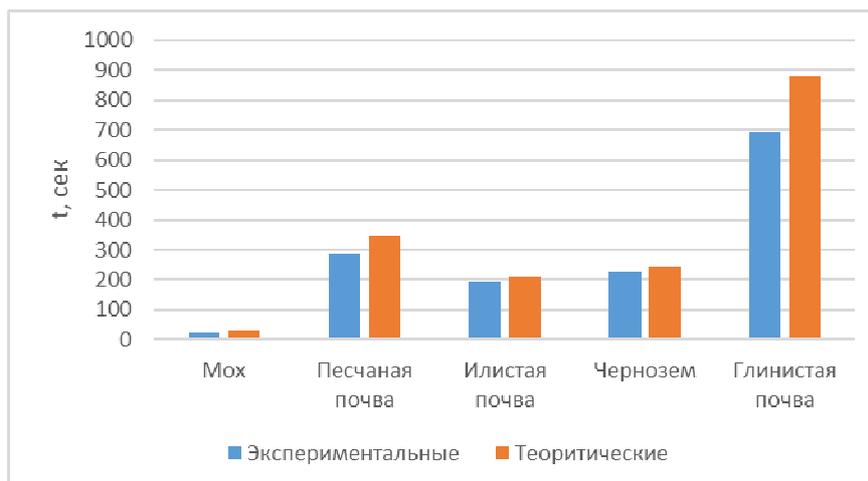
Название образца	Время
Мох	23 с
Песчаная почва	4 мин 46 с
Илистая почва	3 мин 12 с
Чернозем	3 мин 49 с
Глинистая почва	11 мин 31 с

Полученные данные были предоставлены в виде диаграммы. Они дают нам информацию о скорости прохождения воды через образцы почв. Сравнив значения со значениями пористости грунта, приведенными в таблице (таблица 2) [3].

Таблица 2. – Теоретические значения о пористости различных типов грунта

Название грунта	Пористость грунта, % (мин. и макс. – минимальное и максимальное значения соответственно, ср. – среднее значение)
Гравий и галька	мин. – 19, макс. – 55, ср. – 22-38
Песок	мин. – 20, макс. – 81, ср. – 26-48
Супесь	40-45
Суглинок 45-50	45-50
Глина	мин. – 22, макс. – 91, ср. – 32-60
Лессовидный	мин. – 34, макс. – 64, ср. – 35-50
Илистый	мин. – 35, макс. – 90, ср. – 38-70

Мы получили сравнительные данные теоретических и экспериментальных скоростей прохождения воды через образцы почв. Данные представлены в виде диаграммы (рис. 2).



**Рисунок 2. – Диаграмма скорости прохождения воды через образцы почв**

**Заключение.** В процессе исследования были установлены значения пористости грунта, которые могут служить константами для математических и компьютерных моделей распространения радионуклидов в почвах. Однако, следует воспользоваться возможностью увеличить выборку, повторив эксперимент с образцами того же типа, но из других районов и областей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет-источник: <https://studfile.net/preview/9367060/page:3>
2. Интернет-источник: <https://www.researchgate.net/publication/306355789>
3. Интернет-источник: <https://gruntovozov.ru>
4. Войцицкий И. В., Активность Sr-90 и Cs-137 в почвах Курганской области/ Молодой ученый Международный научный журнал № 2 (292).2020, С. 344-346.
5. Архангельский В.И., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: практикум/Учебное пособие М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009, 352 с.
6. Игнатов П.А., Верчеба А.А. Радиогеоэкология и проблемы радиационной безопасности: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений Волгоград: Издательский Дом "Ин-Фолио", 2010, 256 с.

УДК 504.064+614.31

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВЕ****А. В. ЧИКАЛКО***(Представлено: Е. С. БОРОВКОВА)*

*Данная статья представляет результаты разработки программы для наглядного изображения глубины распространения радионуклидов в различных типах почвы. В ходе работы получена программа для моделирования миграции радионуклидов в почвенных слоях.*

**Введение.** Радиационное загрязнение — серьезная экологическая проблема, возникающая из-за ядерных испытаний, аварий на АЭС и неправильного обращения с радиоактивными отходами. Одним из известных примеров является Чернобыльская катастрофа 1986 года, которая затронула Беларусь, получившую около 70% радиоактивных осадков.

Основные радионуклиды, такие как цезий-137 и стронций-90, представляют опасность для здоровья человека и экосистемы. Цезий-137 имеет полураспад около 30 лет и накапливается в почве и растительности, что угрожает сельскому хозяйству. Стронций-90 может накапливаться в костной ткани, повышая риск онкологических заболеваний. Долгосрочные последствия радиационного загрязнения включают мутации ДНК и ухудшение здоровья населения, а также негативное влияние на экосистемы и биоразнообразие. Для борьбы с этой проблемой необходим мониторинг уровней радиации и разработка стратегий очистки загрязненных территорий, а также информирование населения о рисках.

Компьютерное моделирование играет ключевую роль в оценке загрязненности радиоактивными изотопами, предоставляя мощные инструменты для анализа и прогнозирования распространения радиации в окружающей среде. С помощью математических моделей ученые могут симулировать различные сценарии загрязнения, учитывая такие факторы, как метеорологические условия, география местности и свойства радиоактивных изотопов. Это позволяет не только выявлять зоны с высоким уровнем загрязнения, но и оценивать потенциальные риски для здоровья населения и экосистем.

В ходе работы было принято решение создать программу для моделирования миграции радионуклидов в почвенных слоях. Результатом стало приложение, позволяющее визуализировать процесс распространения цезия-137, стронция-90 и радона-222 в почве.

**Теоретическая часть.** Радиация представляет собой процесс излучения энергии в форме волн или частиц от радиоактивных источников. Она делится на ионизирующую, которая способна ионизировать атомы и молекулы, и неионизирующую, не обладающую этой способностью. Радионуклиды — это атомы с нестабильным ядром, которые в ходе радиоактивного распада выделяют радиацию, например, цезий-137, стронций-90 и другие.

Радионуклиды могут попадать в почву из различных источников, и это происходит несколькими путями. Радиоактивные частицы могут осаждаться на землю с атмосферными осадками, такими как дождь или снег. Это случается, когда радионуклиды, находящиеся в атмосфере, конденсируются и выпадают на поверхность. Примеры таких осадков включают радиоактивные частицы, выброшенные в результате ядерных испытаний или аварий на атомных электростанциях. Кроме того, промышленные предприятия, использующие радиоактивные материалы, могут выбрасывать их в атмосферу, что приводит к загрязнению окружающей среды. Аварии на атомных электростанциях или других объектах, связанных с ядерной энергетикой, также могут приводить к значительным выбросам радионуклидов. Некоторые сельскохозяйственные практики могут включать использование радиоактивных удобрений или пестицидов, что может привести к накоплению радионуклидов в почве. Кроме того, строительные материалы, содержащие радионуклиды (например, гранит), также могут способствовать их попаданию в почву.

**Методы исследования.** Одной из основных математических моделей, применяемых для изучения перемещения радионуклидов в почвенной среде, является уравнение диффузии. Это уравнение описывает процесс распространения радионуклидов в почве под воздействием градиента их концентрации.

Общий вид уравнения диффузии можно записать следующим образом [2]:

$$R = \sqrt{4 \cdot D \cdot t}, \quad (1)$$

где  $R$  – глубина распространения (м),  $t$  – время (с),  $D$  – коэффициент диффузии ( $m^2/c$ ).

Это уравнение позволяет предсказывать глубину распространения в почвенной среде в зависимости от времени, что является важной информацией для разработки стратегий мониторинга и контроля за радиационной обстановкой в окружающей среде.

Коэффициент диффузии же вычисляется по формуле [3]:

$$D = \left(\frac{q}{\rho_A A}\right)^2 \cdot \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии ( $\text{м}^2/\text{с}$ ),  $q$  – плотность потока выбранного радионуклида с поверхности грунта ( $\frac{\text{Бк}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ),  $A$  – удельная активность радионуклида (Бк),  $\rho$  – пористость грунта (отн. ед.),  $\lambda$  – постоянная распада ( $\text{с}^{-1}$ ).

Удельная активность радионуклида высчитывается по следующей формуле:

$$A = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} \cdot \frac{m}{\mu} \cdot N_A \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \quad (3)$$

где  $T_{1/2}$  – период полураспада ( $\text{с}$ ),  $m$  – масса радионуклида ( $\text{г}$ ),  $\mu$  – молекулярная масса ( $\text{г/моль}$ ),  $N_A$  – постоянная Авогадро ( $\text{моль}^{-1}$ ),  $t$  – время распространения ( $\text{с}$ ).

Учитывая, что при выборе радионуклида и почвы, у нас появляются значения половины из указанных переменных, нам остается только узнать массу образца и время распространения. Эти данные считаются начальными и набираются вручную для вычисления требуемого результата.



Рисунок 1. – Рабочий интерфейс программы для расчета глубины миграции радионуклидов

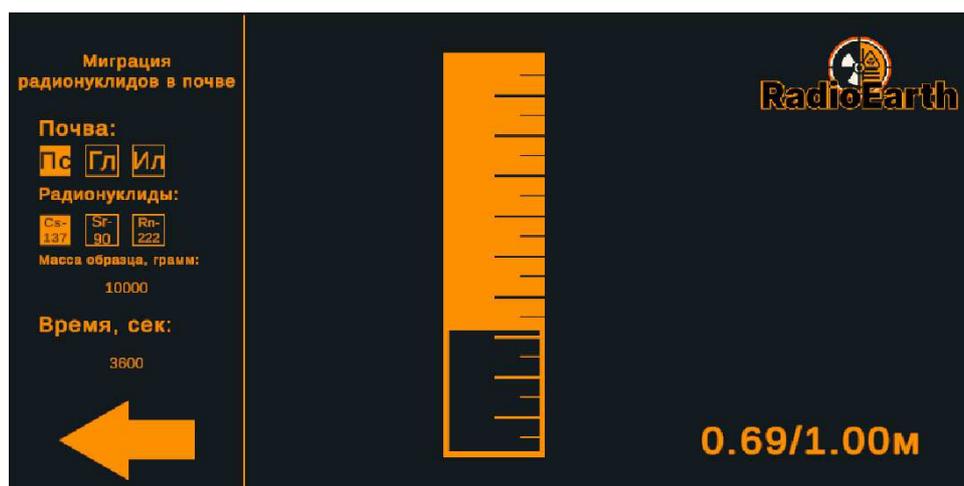


Рисунок 2. – Пример работы программы для расчета глубины миграции радионуклидов

Тип почвы выбирается нажатием на кнопки под соответствующей надписью, где Пс – песчаная, Гл – глиняная и Ил – илистая почвы. Тип радионуклида выбирается нажатием на кнопку под сектором «Радионуклиды». После этого в соответствующие позиции вручную набираются начальные данные – масса и время миграции.

Шкала глубины автоматически масштабируется с посчитанными данными и подстраивается под них, делая визуализацию более комфортной для понимания и заключения выводов о величине загрязнения.

**Заключение.** В ходе работы мы создали программу, включающую визуализацию данных, что позволяет оценить распределение радионуклидов во времени и пространстве. В будущих работах программу можно расширить, добавив вывод графиков миграции радионуклидов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет-источник: <https://chernobyl.mchs.gov.by/kontrol-radioaktivnogo-zagryazneniya/>
2. Интернет-источник: <https://studfile.net/preview/9367060/page:3>
3. Интернет-источник: <https://gruntovozov.ru>
4. Архангельский В.И., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: практикум/Учебное пособие М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009, 352 с.
5. Игнатов П.А., Верчеба А.А. Радиогеоэкология и проблемы радиационной безопасности: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений Волгоград: Издательский Дом "Ин-Фолио", 2010, 256 с.
6. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: учеб. Для вузов М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010, 384 с.
7. Кутьков В.А., Поленов Б.В., Черкашин В.А. Радиационная безопасность и радиационный контроль. Учебное пособие. Том 2. 2 экземпляра Обнинск: НОУ "ЦИПК", 2008, 244 с.
8. Маврицев В.В. Радиозкология и радиационная безопасность: пособие для студентов вузов Минск: ТетраСистемс, 2010, 208 с.
9. Маргулис У.Я., Брегадзе Ю.И., Нурлыбаев К.Н. Радиационная безопасность. Принципы и средства ее обеспечения М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2010, 320 с.

УДК 004.514

**КОНЦЕПЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ  
ДЛЯ ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «LITTLE ESTATE»****Е. И. ЮРЧИШКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)*

*Описаны особенности игрового жанра симулятор фермы. Приводятся функциональная структура разработанного приложения. Описывается принятая концепция построения графического интерфейса пользователя. Представлены результаты разработки игрового приложения «Little estate» жанра симулятор фермы на игровом движке Unity.*

**Введение.** Видеоигра (компьютерная игра), в широком смысле – любая игра, для функционирования которой необходима электронно-вычислительная машина [1].

Игры рассматриваются в основном как возможность проведения досуга, но при этом их роль не настолько однозначна. Многообразие жанров позволяет расширить возможности использования видеоигр. Игры-симуляторы ферм помогают развить стратегическое мышление игрока во время менеджмента ресурсов. Симуляция различных ситуаций из реальной жизни помогает безопасно пережить события, не выходя из дома.

Например, в 2008 году в массовой многопользовательской ролевой онлайн-игре «World of Warcraft» при стечении игровых обстоятельств возникла виртуальная эпидемия. Это происшествие не было запланировано разработчиками: «порченная кровь» – негативный эффект, отнимающий у персонажей очки здоровья, распространился между всеми персонажами и поломал игровой процесс. Ситуация привлекла интерес эпидемиологов, которые сопоставляли поведение игроков в онлайн-игре с поведением людей во время реальных эпидемий, рассматривая происшествие как полезную модель [2]. Таким образом, игры-симуляторы могут приносить определенную пользу в научной деятельности и для развития навыков игрока.

Разработка игр все чаще происходит с использованием игровых движков, которые позволяют стандартизировать процесс разработки некоторых компонентов. Например, написание физики, работа с игровыми сценами и их компонентами. Для небольшого проекта с использованием 2D или простой 3D графики целесообразно использовать игровой движок Unity. Unity, на данный момент, одна из самых популярных сред разработки интерактивного 2D- и 3D-контента [5].

Unity предоставляет на выбор несколько лицензий, одна из которых является бесплатной для некоммерческих проектов. Unity – игровой движок, в котором логика игры и значительная часть анимации интерфейса создается посредством добавления скриптов на языке C#. Для их написания наиболее удобным инструментом является JetBrains Rider – кроссплатформенная интегрированная среда разработки программного обеспечения для платформы .NET, а также хорошо совместимая с Unity. Количество интеллектуальных механизмов для рефакторинга кода позволяют писать безошибочный код на языке программирования C# гораздо быстрее.

**Постановка задачи и проектирование игрового приложения.**

Функциональное назначение разрабатываемой игры состоит в развитии у игрока стратегического мышления благодаря менеджменту ресурсов при развитии фермы, а также тренировке художественного видения, так как игра представляет из себя инструмент для творчества.

К основным функциям игрового приложения относятся: лаконичный и функциональный пользовательский интерфейс в меню, на главной сцене с фермой, а также в других локациях; отображение ресурсов игрока (валюты); отображение характеристики игрового персонажа (выносливости); система покупки предметов для развития или декора фермы; пользовательские настройки; менеджер музыки и звуков; менеджер окон и страниц.

Важным условием положительного мнения пользователя об игровом продукте является максимальная оптимизация. Использование пулов является обязательным условием для этого. Повторяющиеся игровые объекты, используемые постоянно и в неограниченном количестве, будут негативно влиять на производительность. При многократном создании и удалении объекта тратится большое количество памяти. Пулы помогают решить эту проблему. Заранее создается достаточное количество объектов на сцене в отведенном месте. В первом кадре они, пока не будут использованы, находятся в состоянии отключенной видимости и не подключены к физике. В коде можно взять требуемое количество объектов из пула и вернуть их, когда необходимость исчезнет, а затем снова использовать в нужной ситуации. Таким способом, объекты не пересоздаются, а значит затраты памяти максимально снижены.

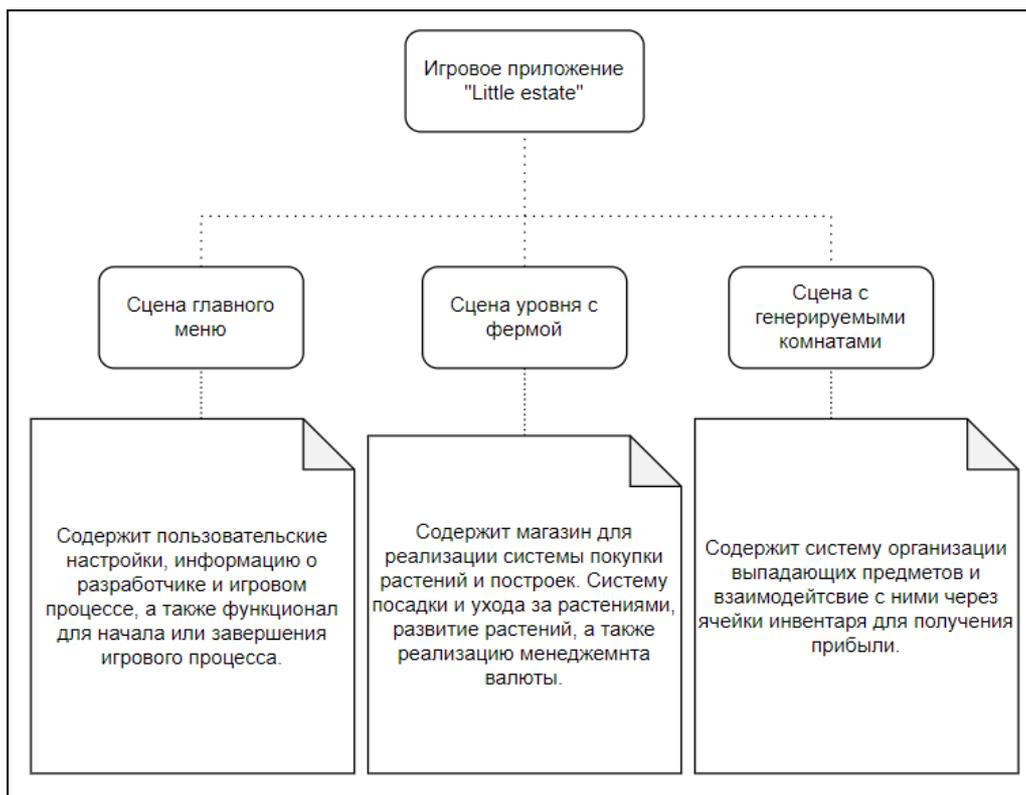


Рисунок 1. – Функциональная структура игрового приложения

«Little estate» – это симулятор фермы, который подразумевает уход за посаженными растениями, их рост, развитие, а также получение прибыли с выращенных экземпляров.

Растение в данной игре представляет из себя абстрактное понятие, в которое входят такие типы как деревья, а также плодовые растения, представленные в качестве ассортимента игрового магазина в разработанном приложении. Сам абстрактный класс Plant не может находиться на объекте спроектированной игровой сцены Unity как компонент, потому как абстрактные классы в Unity не обладают такой функциональностью. Таким образом, были созданы два класса-наследника: плодовое растение и дерево. Методы жизненного цикла объекта были ими унаследованы и позволили реализовать общую логику без дублирования кода. Эти скрипты поместились на игровой объект растения, который используется пулом для размещения на сцене в момент запуска игры.

Растение обладает фазами роста. Фаза роста также является абстрактным понятием, обладающим общими характеристиками. Это абстрактный класс типа ScriptableObject, от которого наследуются конкретные конфигурационные файлы роста и выросшего растения. Следует отметить, что скриптовые объекты являются удобными контейнерами для хранения конфигураций, к которым будет обращаться множество объектов в Unity-играх.

Информация в скрипт растения поступает как раз в назначенную переменную для PlantConfig, и позволяет при «посадке» растения сразу определить нужное отображения для растения, его тип, установить начальную фазу роста и обрабатывать эти данные.

Растение на каждую стадию роста обладает определенным внешним видом. Прогрессия фаз происходит при динамической смене времени суток в игре, а также при соблюдении условий ухода за растением. Чтобы новый спрайт растения при замене не «провалился» в текстуру поверхности земли, в методе роста присутствует блок кода, отвечающий за расчёт точки соприкосновения растения с полом. Для этого из объекта по вектору  $\text{Vector3.down}(0; -1; 0;)$ , бросается специальный луч Raycast, который находит верхнюю границу коллайдера земли, и на найденную координату поверхности устанавливает объект таким образом, чтобы самая нижняя точка растения соприкасалась с ней. При смене размера спрайта у растения также должны изменяться границы коллайдера, чтобы столкновение с объектом работали корректно.

Стадии растения реализуют паттерн Состояние. Состояние – шаблон проектирования, который позволяет объекту изменять свое поведение в зависимости от внутреннего состояния [4]. Этот шаблон позволяет объекту изменять свое поведение при изменении внутреннего состояния, создавая впечатление, что объект изменяет свой класс. Это достигается путем инкапсуляции состояний в отдельные классы

и делегирования действий объектам этих классов. Базовый класс состояния в данном проекте: GrowthStage. Это абстрактный базовый класс, который определяет интерфейс для всех конкретных состояний.

Таким образом, растение является универсальным объектом, динамически изменяющим свои параметры. Такой подход позволяет избежать создания огромного количества заранее заготовленных экземпляров и сохранить ресурсы памяти. В пул объектов достаточно поместить один общий объект для растения, который при получении конфигурационного файла будет автоматически перенастраиваться нужным образом.



Рисунок 2. – Пример фаз роста растений

Одним из интерактивных объектов на сцене является магазин, при взаимодействии с которым открывается окно с товарами, разделенными на несколько категорий. Каждый доступный товар представлен в карточке, содержащей название, описание, цену и отображение предмета.

Доступное количество валюты у игрока отображается в левом верхнем углу экрана. Если цена товара не превышает доступное количество валюты игрока, то совершается покупка. Для покупки товара пользователь должен нажать левой клавишей мыши по кнопке «Shop» в выбранном товаре.

После успешной покупки у игрока списывается сумма за товар, окно магазина закрывается, а на сцене появляется купленный объект. Управление от передвижения персонажа передается к системе размещения объекта, то есть происходит переназначение клавиш.

Размещаемый объект можно установить только в свободном месте на сцене. Возможность размещения отображается подсветкой зеленого цвета. Если объект разместить в выбранном месте запрещается, то отображение объекта становится красным. Если игрок хочет отменить покупку, то нужно нажать клавишу «ESC», после чего отображение предмета пропадает, происходит начисление валюты в полном размере, а управление переходит обратно к персонажу. Для размещения объекта следует нажать левую клавишу мыши.

Одним из основных товаров в магазине являются растения. Каждое растение имеет несколько фаз роста, а также систему «жажды». После посадки игрок может взаимодействовать игровым персонажем с объектом «дом», после чего запустится анимация смены внутриигровых суток, а каждое посаженное растение перейдет к следующей стадии роста. Также с началом каждого нового дня все растения требуют полива. Цвет растения с активной системой жажды изменяется с обычного на коричневый.

При взаимодействии со взрослым предварительно политым растением, открывается интерактивное меню с опциями для продажи растения или получения с него урожая в виде саженцев.

Для переключения между пунктами меню также происходит переназначение клавиш: чтобы выбирать между пунктами меню, игроку нужно нажимать клавиши «W» и «S». Выбранный пункт подсвечивается зеленым. Для подтверждения действия пользователь нажимает «E». Пример меню взаимодействия с растением представлен на рисунке ниже.

Если игрок нажмет на клавишу «Q», то произойдет взаимодействие с предметом в активной ячейке инвентаря. Если предмет является ростком растения, то появится возможность разместить растение на участке, аналогичная с покупкой.



Рисунок 3. – Окно внутриигрового магазина



Рисунок 4. – Меню взаимодействия с растением

**Заключение.** При разработке концепции графического интерфейса пользователя, а также при его проектировании на всех сценах игры, были соблюдены все требования. Анализ аналогичных программных продуктов на рынке позволил принять обоснованные решения относительно концепции и направления игры, избежать непопулярных и неэффективных решений в конкурирующих играх.

Программный продукт успешно прошел все этапы тестирования без выявленных дефектов. Игра «Little estate» показала себя, как готовый к эксплуатации программный продукт, стабильный в использовании и с интуитивно понятным интерфейсом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Подвальный, М. А. Видеоигра [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/videoigra-915272> – Дата доступа: 14.05.2024.
2. Olivetti, J. The Game Archaeologist: World of Warcraft's Corrupted Blood pandemic [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://massivelyop.com/2018/03/17/the-game-archaeologist-world-of-warcrafts-corrupted-blood-pandemic/> – Дата доступа: 14.05.2024;
3. Максимов, Д. Движок Unity [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skysmart.ru/articles/programming/dvizhok-unity>. Дата доступа: 10.04.2024 – 14.04.2024;
4. Попов, Е. Состояние (State) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/patterns/3.6.php>. Дата доступа: 10.05.2024.

УДК 004.514

**ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ СИМУЛЯТОР ФЕРМЫ «LITTLE ESTATE»****Е. И. ЮРЧИШКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. М. ЧЕРТКОВ)*

*Рассмотрены жанры игровых приложений. Определены задачи разработки компьютерной игры на Unity. Приведена упрощенная диаграмма классов игрового приложения «Little estate» жанра симулятор фермы. Представлены варианты взаимодействий с игроком.*

**Введение.** Компьютерная игровая индустрия – это крупный рынок, постоянно развивающийся и разрастающийся, и является перспективным вектором развития, потому как каждый год появляются тысячи новых игр на различных платформах для распространения и продажи цифрового контента.

Игры, не только компьютерные, используются для развития различных навыков: воображения, творческого потенциала, реакции, логики, стратегического мышления. [1]. Под любой запрос существуют множество жанров и комбинируемых поджанров игр, сочетающих в себе различные механики для удержания внимания пользователя

Разработка игр на сегодняшний день в основном сопровождается использованием специального базового программного обеспечения, позволяющего использовать универсальные решения для создания игр, так называемые игровые движки. Такая основа позволяет использовать готовые структуры для создания сцен, использования игровой камеры, симуляции физики для игровых объектов. Игровые движки помогают оптимизировать процесс разработки, использовать стандартизированный и проверенный подход и позволяют разрабатывать большие проекты даже одному разработчику.

На сегодняшний день игры жанра симулятор фермы снова начинают набирать популярность среди аудитории различных игровых площадок, например, Steam, VK Play, Good Old Games (GOG). Именно поэтому, переосмысление данного жанра и внесение новых механик позволит вовлечь заинтересованную аудиторию игроков. В современном производстве игр рамки каких-либо жанров всегда несколько размыты. Не всегда продукт полностью подходит под определенную категорию — очень часто он содержит в себе характерные черты нескольких из них [2].

Игровой проект «Little estate» – это игра жанра симулятор фермы, позволяющая игроку обустроить собственные земельные участки и развивать их на свое усмотрение, развлекая игровой процесс посещением генерируемых комнат и побеждая враждебных существ для добычи новых ресурсов или валюты.

Для реализации задачи по проектированию игрового приложения «Little estate» использовался движок Unity, версии 2021.3.23f1. С его помощью удастся создавать проекты под iOS, Linux и Windows, а также для разнообразных консолей (примеры – PlayStation, Xbox). Приложение имеет несколько тарифов – каждый предлагает отдельную функциональность. Для выпуска игр можно использовать предложение Personal, которое предназначается для частных лиц и небольших компаний.

Unity использует C# как основной язык для написания скриптов, что позволяет разрабатывать игры с высокой производительностью и гибкостью. C# тесно интегрирован в архитектуру Unity, что упрощает доступ к различным функциям движка. Также C# является языком объектно-ориентированного программирования, это особенно важно в разработке игр, где проекты могут становиться очень сложными.

**Постановка задачи и проектирование игрового приложения.**

Функциональное назначение разрабатываемой игры состоит в развитии у игрока стратегического мышления благодаря распределению и вложению собственных ресурсов в развитие фермы. Игра жанра симулятор фермы способствует тренировке творческого мышления и видения, потому как данный проект представляет собой инструмент для творчества.

К основным функциям игрового приложения относятся:

- 1 Распределение ресурсов экономическим путем для дальнейшего развития.
- 2 Механика добычи уникальных ресурсов в случайно генерируемых улицах города.
- 3 Система инвентаря, различные взаимодействия игрового персонажа под управлением пользователя с предметами окружения.
- 4 Диалоговая система.
- 5 Менеджер звуков.

Основой любой компьютерной игры является проекция игрока, выполняющая определенные команды. В проекте «Little estate» управление персонажем происходит от третьего лица. Для передвижения по поверхности спроектированных сцен был разработан скрипт контроллера движения персонажа. Пер-

сонаж игрока представляет из себя игровой объект с различными компонентами: Character Controller, Sprite Renderer и скриптами для реализации логики персонажа. Character Controller – это компонент в Unity, который предоставляет высокоуровневую систему управления персонажем, специально разработанную для обработки ввода игрока и физического движения персонажа в игровом мире. Он часто используется для создания персонажей в играх, особенно с видом от первого и третьего лица. В отличие от компонентов Rigidbody, Character Controller не использует физику Unity для перемещения. Вместо этого он управляется программно, что дает больше контроля над движением персонажа и позволяет избежать некоторых сложностей, связанных с физическим взаимодействием объектов.

Для анимации двумерного, но изометрического объекта используются спрайты, имитирующие отображение трехмерного объекта. Анимация для двумерных объектов в Unity может быть или на основе движения по так называемым «костям», то есть скелетной, или покадровой.

В проекте «Little estate» используется покадровая анимация для движения, атаки или других действий игрового персонажа. Чтобы управлять анимацией из кода, используется компонент Animator.

Во время передвижения по сцене игровой персонаж может находить предметы, входя в коллизию с которыми, он может начать взаимодействовать с ними, или помещать в свой инвентарь. Интерактивные предметы могут содержать в себе различную функциональность за счет реализации интерфейса Interactable.



Рисунок 1. – Пример анимации персонажа

Разработка интерфейса в играх включает в себя пользовательское главное меню, а также интерфейс во время игрового процесса для отображения присутствующих механик, таких как характеристики персонажа, ресурсы игрока, инвентарь и тому подобное.

Инвентарь представляет из себя систему ячеек, в которых отображается некоторый предмет или их, так называемая, «пачка», то есть совокупность одинаковых игровых объектов. В одну ячейку инвентаря может поместиться ограниченное количество объектов, что должно отображаться цифрой, чтобы игрок мог контролировать степень занятости его «сумки».

Для перемещения предметов из инвентаря игрока в другой инвентарь игроку потребуется выбрать нужную ячейку, чтобы с ней производить действия. Выбранная ячейка должна выделяться некоторым образом, чтобы давать игроку представление о том, с какой именно ячейкой он в данный момент взаимодействует. В одну ячейку можно помещать только элементы одного типа.

Система диалога в игре также сопровождается определенным видом пользовательского интерфейса, при котором возникает затемняющее окно, ограничивающее взаимодействие игрока с миром. Оно не позволяет взаимодействие с другими элементами интерфейса, которые в данный момент должны быть недоступны. Кроме того, при проектировании такой системы стоит ввести ограничение на управление, при этом переназначив ответственность клавиш, чтобы использовать их для новых специфичных функций диалога.

Так как проект подразумевает наличие боевой системы, то для индикации прогресса требуется наличие определенных элементов интерфейса.

Направляющие подсказки – это элементы интерфейса, которые помогают пользователям быстрее распознавать те или иные доступные взаимодействия [3].



Рисунок 2. – Инвентарь игрового персонажа

Во время сражения у игрока отнимаются очки его основной характеристики. Для отслеживания оставшегося количества на экране должен располагаться индикатор прогресса.

Враги в играх тоже обычно имеют какую-либо прочность брони или характеристику здоровья, и при успешной атаке игрока теряют ее. Удары должны сопровождаться или анимацией попадания, или падением уровня шкал здоровья врагов, или «вылетающими» цифрами отображения урона. Также это относится к уничтожаемым ради выпадения ресурса предметам. Благодаря этому игрок может отследить успешность своих действий и, в случае чего, изменить местоположение персонажа, чтобы он начал успешное взаимодействие.

В проекте на сцене с генерируемыми комнатами появляются враждебные существа, являющиеся основополагающим компонентом боевой системы игры. Класс `Enemy` представляет из себя абстрактный наследуемый класс, в котором собрана общая логика для такого понятия как враг. Он содержит в себе реализацию системы здоровья врага, а также реализацию интерфейса `IDamagable`, отвечающего за наносимый урон объекту. Наследником класса врага и непосредственно существующим на сцене типом враждебного существа является летучая мышь. Скрипт `BatEnemy` описывает поведение летучей мыши-врага в игре. Летучая мышь патрулирует территорию, ищет игрока, преследует его и атакует. Скрипт управляет состояниями врага и его взаимодействием с окружающим миром, используя реализацию паттерна машина состояний.



Рисунок 3. – Боевая система

Реализация паттерна `State Machine` в классе `BatEnemy` управляет поведением летучей мыши в различных состояниях (патрулирование, преследование и атака). Этот подход упрощает управление слож-

ной логикой, разделяя поведение на четко определенные состояния. В классе `VatEnemy` определены следующие поля и состояния в типе перечислений: `Patrol`, `Chase`, `Attack`.

Звуковые файлы в играх используются в двух ситуациях: в качестве фонового саундтрека, или же как аудио эффект. Для удобного управления музыкой и звуковыми эффектами был написан класс-менеджер. Класс включает методы для воспроизведения звуков и музыки, а также для включения и отключения этих аудио компонентов в зависимости от настроек пользователя.

Для иллюстрации представления упрощенной внутренней структуры программы в виде компонентов и связей между ними была построена диаграмма классов.

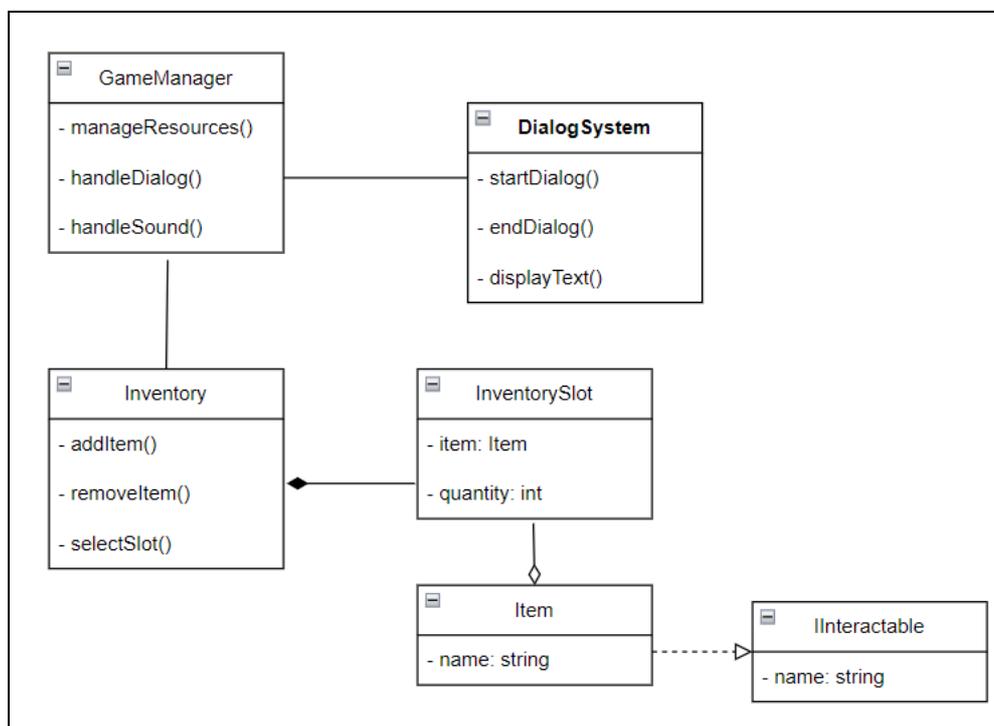


Рисунок 4. – Упрощенная диаграмма классов проекта

Класс `GameManager` управляет инвентарем и системой диалогов, потому между ними существует связь типа ассоциация. `Inventory` содержит множество `InventorySlot`, и их существование напрямую зависит от инвентаря. Это иллюстрируется стрелкой типа «композиция». `InventorySlot` содержит `Item`, и этот объект может существовать отдельно от слота. Такая связь называется агрегацией, и на диаграмме отображена стрелкой с незакрашенным ромбом на конце. Класс `Item` реализует интерфейс `IInteractable` для взаимодействия с игровым миром.

В Unity используются различные методы для сохранения информации, и один из таких – объекты типа `ScriptableObject`. `ScriptableObject` – это класс, который позволяет хранить большое количество передаваемой информации независимо от образцов скрипта [4].

Объекты данного класса представляют собой специальные хранилища данных, в которых задаются контейнеры для их хранения, и из инспектора разработчик может их заполнить. Большой плюс такого использования ресурсов в том, что объект создается всего один раз, и после этого все классы и их экземпляры обращаются к нему при надобности. Этот подход позволяет выигрывать в количестве данных, которые будут занимать память. Многие классы проекта, включая звуковой менеджер, используют конфигурационные объекты.

**Заключение.** В ходе проектирования была разработана диаграмма классов, иллюстрирующая взаимодействия разработанных компонентов в игровом проекте. При разработке концепции графического интерфейса пользователя, а также при его проектировании на всех сценах игры, были соблюдены все требования. Анализ аналогичных программных продуктов на рынке позволил принять обоснованные решения относительно концепции и направления игры, избежать непопулярных и неэффективных решений в конкурирующих играх.

Программный продукт успешно прошел все этапы тестирования без выявленных дефектов. Игра «Little estate» показала себя, как готовый к эксплуатации программный продукт, стабильный в использовании и с интуитивно понятным интерфейсом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Подвальный, М. А. Видеоигра [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/videoigra-915272> – Дата доступа: 14.05.2024.
2. Забубенин, В. Самые популярные жанры игр на ПК: очевидный топ-10 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ichip.ru/gejming/igr/samye-populyarnye-zhanry-igr-na-pk-top-10-kategorij-853792> – Дата доступа: 14.05.2022.
3. 12 эффективных способов предотвращения ошибок в интерфейсах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.uprock.ru/articles/12-effektivnyh-sposobov-predotvrashcheniya-oshibok-v-interfeysah> – Дата доступа: 14.05.2024;
4. Скриптуемый объект (ScriptableObject) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/class-ScriptableObject.html>. Дата обращения: 02.05.2024.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 623.34

### КОРРЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В БЕНЗИНОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

**Н. БЕЛАНОВИЧ, Е. ЛИННИК**  
(Представлено: **В. В. КОСТРИЦКИЙ**)

*В статье подробно описан механизм процессов  $\lambda$ -регулирования и  $\lambda$ -адаптации стехиометрического состава топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя автомобиля. Определены различные состояния бензинового двигателя исходя из значений  $\lambda$ -регулирования и  $\lambda$ -адаптации.*

Для эффективной работы трёхкомпонентного каталитического нейтрализатора должен выдерживаться с высокой степенью точности состав топливовоздушной смеси с коэффициентом избытка  $\lambda = 1$ . Поэтому для контроля состава смеси используется сигнал с датчика концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонда). Этот сигнал получил название обратной связи системы управления. Другими словами, контроль за качеством состава топливовоздушной смеси осуществляется по содержанию кислорода в отработавших газах  $K_{O_2}$ . Такое состояние системы можно назвать замкнутым [1].

Это состояние системы активируется при осуществлении ряда условий:

- датчик кислорода прогрет до необходимой температуры;
- температура охлаждающей жидкости больше определенного значения;
- с момента запуска ДВС проработал определенный период времени, зависящий от температуры охлаждающей жидкости в момент пуска.

Пока  $\lambda$ -зонд не прогрелся и не вступил в работу, внутри ЭБУ есть делитель, который на сигнальной линии датчика устанавливает напряжение 0,45 В. Даже без  $\lambda$ -зонда будет такое напряжение, которое обозначает, что состав смеси стехиометрический ( $\lambda=1$ ) и длительность впрыска не нужно изменять.

По мере прогрева напряжение на  $\lambda$ -зонде растет и начинает превышать 0,45 В. С 0,6 В ЭБУ считает, что  $\lambda$ -зонд прогрелся и можно начинать  $\lambda$ -регулирование.  $\lambda$ -регулирование – это такой процесс, при котором происходит принудительное изменение расчетной длительности впрыска.

$\lambda$ -зонд сообщает, что смесь стехиометрическая переключением из верхнего уровня напряжения в нижней уровень напряжения или наоборот. Более детально этот процесс изображен на рисунке 1.

ЭБУ получая высокое напряжение с  $\lambda$ -зонда определяет, что смесь богатая и пошагово уменьшает длительность впрыска, тем самым обедняя смесь. Смесь обедняется до момента падения сигнального напряжения с  $\lambda$ -зонда. При чем в моментах снижения или увеличения напряжения смесь находится в стехиометрии. Если ЭБУ удастся (за счет изменения длительности впрыска) переключать напряжение на  $\lambda$ -зонде так, что система будет находится 50% в состоянии бедной смеси и 50% в состоянии богатой, то в среднем получится стехиометрический состав смеси. Первое изменение впрыска достаточно существенное (см. рисунок 3.4) т.к. ЭБУ понимает, что необходимо изменять длительность в противоположную сторону: или увеличивать при низком напряжении и бедной смеси, или уменьшать при высоком напряжении и богатой смеси. Затем регулирование происходит пошагово, при чем системой управления подбирается такой шаг чтобы, во-первых, регулирование не затягивалась (при очень мелких шагах), а во-вторых, чтоб не нужно было возвращаться из-за большого шага. Отсюда возникает такой параметр, как *коррекция  $\lambda$ -регулирования*.

Коррекция  $\lambda$ -регулирования – это параметр, который указывает на степень отклонения смеси от стехиометрического состава.

$$ST = \frac{\lambda_{дт}}{\lambda_{ст}} \quad (1)$$

где,  $ST$  –  $\lambda$ -регулирование, %;  $\lambda_{ст}$  – коэффициент стехиометрического состава смеси;  $\lambda_{дт}$  – коэффициент действительного текущего состава смеси.

В литературе довольно часто можно встретить обозначения коррекции  $\lambda$ -регулирования буквами  $ST$ , т.к. в английской литературе называется short term, то есть краткосрочная по времени.

По требованиям стандарта OBD ЭБУ жестко контролирует форму сигнала  $\lambda$ -зонда. Этому контролю подвергается верхний уровень напряжения, должен быть не ниже 0,8 В и нижний уровень напряжения, который должен быть ниже 0,2 В. Кроме того смесь должна примерно находится 50% в богатом состоянии и 50% в бедном состоянии.

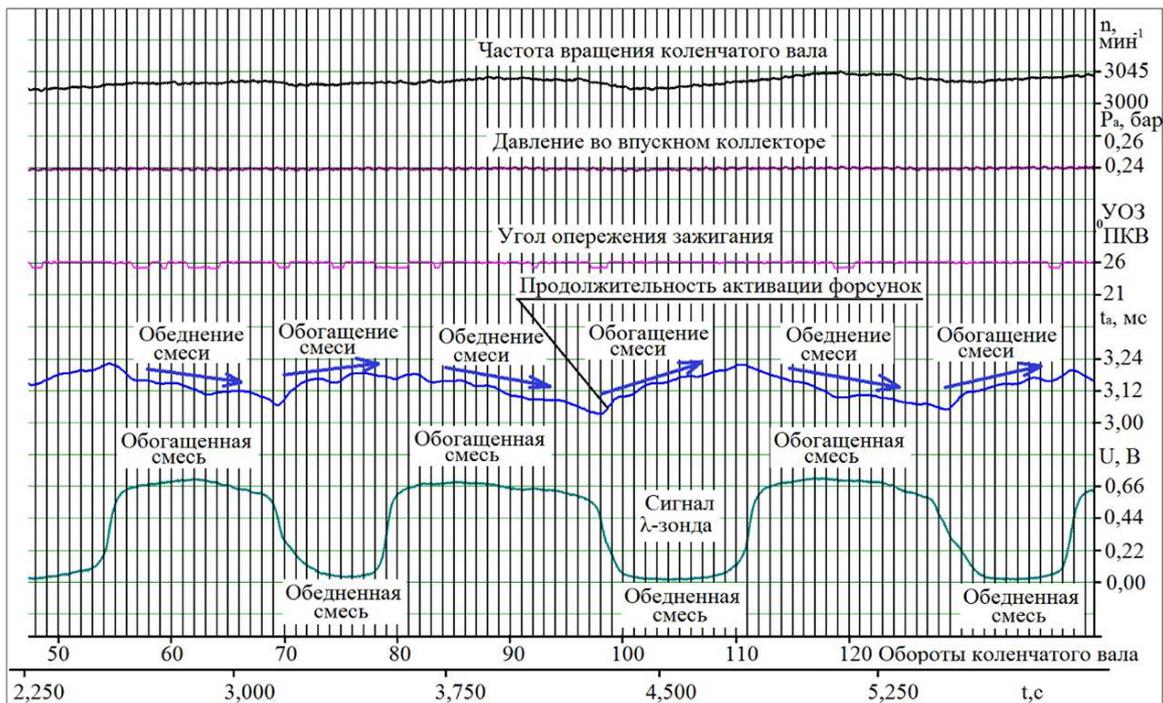


Рисунок 1. – λ-регулирование

Считается не за один период, а количество периодов за 10 секунд (примерно 3 периода за 10 секунд). Частота переключения связана со временем движения выхлопного газа до λ-зонда, принятием решения коррекции и реализации этой коррекции. Соответственно с ростом оборотов чистота переключения увеличивается, потому что выхлопные газы быстрее доходят до кислородного датчика и соответственно быстрее происходит коррекция [2].

Параллельно λ-регулированию протекает ещё один процесс – λ-адаптации. λ-адаптация рассчитывается на основе λ-регулирования и изменяется относительно медленно. λ-адаптация подвергается коррекции в случае, если λ-регулированию выходит за допустимый диапазон (рисунок 2).

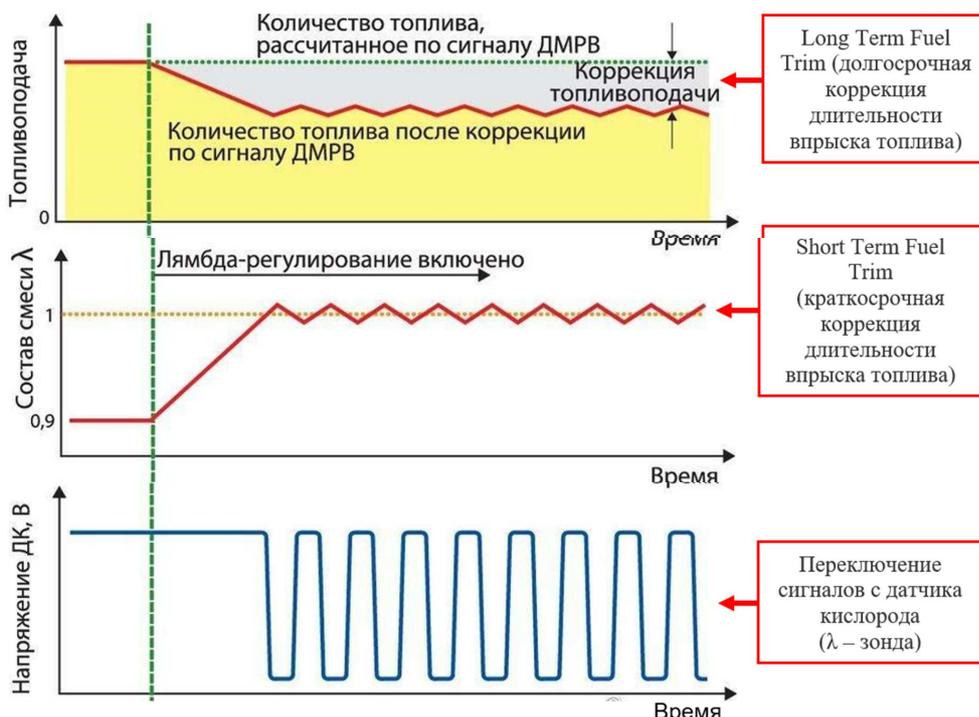


Рисунок 2. – λ-адаптация при бедной смеси

Целью  $\lambda$ -адаптации является компенсация влияния на состав топливоздушную смеси разброса характеристик ЭСУД, допусков при изготовлении ДВС, а также в результате отклонений параметров ДВС и элементов ЭСУД, возникающих при эксплуатации. Коррекция  $\lambda$ -адаптации – результат адаптации ЭСУД к фактическому состоянию ДВС.

$$LT = \frac{\lambda_{дв}}{\lambda_{ст}}; \quad (2)$$

где,  $LT$  –  $\lambda$ -адаптация, %;  $\lambda_{ст}$  – коэффициент стехиометрического состава смеси;  $\lambda_{дв}$  – коэффициент действительного адаптированного состава смеси.

Коррекция  $\lambda$ -адаптации обозначается буквами LT, т.к. в английской литературе называется long term, то есть долгосрочная по времени.

$\lambda$ -регулирование и  $\lambda$ -адаптация зависят от концентрации кислорода в отработавших газах:

$$\begin{cases} ST = f(K_{O_2}); \\ LT = f(K_{O_2}); \end{cases} \quad (3)$$

где,  $K_{O_2}$  – содержание кислорода в отработавших газах, %.

$\lambda$ -регулирование обнуляется при каждом выключении зажигания.  $\lambda$ -адаптация хранится в памяти ЭБУ до отключения электропитания. Полученные значения коррекций  $\lambda$ -адаптации учитываются при расчете длительности управляющих форсунками импульсов и при работе ЭСУД в режиме разомкнутого цикла.

Описанные механизмы  $\lambda$ -регулирования и  $\lambda$ -адаптации справедливы для узкополосного датчика концентрации кислорода. Широкополосный  $\lambda$ -зонд позволяет без лишних шагов сразу системе определить насколько смесь бедная или богатая. Можно сказать, одним шагом коррекции устраняется рассогласования. При этом механизмы коррекции остаются такими же.

Таким образом, расчетная длительность впрыска будет отличаться от действительной длительности впрыска. Действительная длительность впрыска будет зависеть от содержания кислорода в отработавших газах:

$$t_{впд} = f(N, M, t^0, U_{вс}, K_{O_2}) \quad (4)$$

где,  $t_{впд}$  – действительное время впрыска, мс.

Если коррекция  $\lambda$ -адаптации  $LT=0$ , то система работает по расчетной длительности впрыска. При этом коррекция  $\lambda$ -регулирования изменяется от -5% до +5% обеспечивая переключение  $\lambda$ -зонда, а переключение это и есть удержание на стехиометрическом составе смеси ( $\lambda=1$ ).

Если значение коррекции  $\lambda$ -регулирования превышает +5%, то текущее отклонение состав смеси соответствует бедной топливоздушной смеси бедная ( $\lambda>1$ ). Если значение коррекции  $\lambda$ -регулирования ниже -5%, то это означает, что в настоящий момент топливоздушная смесь богатая ( $\lambda<1$ ). Данная корректировка должна находиться в заданном диапазоне от -25% (для богатой смеси) до +25% (для бедной смеси).

Коррекция  $\lambda$ -адаптации изменяется в случае, если коррекция  $\lambda$ -регулирования выходит за допустимый диапазон тем самым изменяя расчетную длительность впрыска. Длительность впрыска будет уменьшена, если коррекция  $\lambda$ -адаптации со знаком «-» (смесь богатая), и увеличена, если коррекция  $\lambda$ -адаптации со знаком «+» (смесь бедная).

По значениям параметров обратной связи LT и ST можно судить о том в каком состоянии находится топливоздушная смесь:

1. Исправное состояние. Коррекция  $\lambda$ -адаптации  $LT=0$ , то система работает по расчетной значени-ем таких параметров как длительность впрыска, угол опережения зажигания и угол открытия дроссельной заслонки. При этом коррекция  $\lambda$ -регулирования изменяется от -5% до +5% обеспечивая переключение  $\lambda$ -зонда, а переключение это и есть удержание на стехиометрическом составе смеси ( $\lambda=1$ ).

2. Бедная смесь. В этом случаи значение коррекции  $\lambda$ -регулирования превышает +5%, то текущее отклонение состав смеси соответствует бедной топливоздушной смеси бедная ( $\lambda>1$ ), которая не требует адаптации. При этом если ST превышает допустимый предел т.е. имеет значение выше +25%, то происходит коррекция по параметру  $\lambda$ -адаптации.  $\lambda$ -адаптации так же имеет предел +25%. Превышение этого предела указывает на то, что система не способна скорректировать топливоздушную смесь до стехиометрического состава. В этом случаи OBD зафиксирует ошибку P0171 «слишком бедная топливная смесь»

3. Богатая смесь. Если значение коррекции  $\lambda$ -регулирования ниже -5%, то это означает, что в настоящий момент топливовоздушная смесь богатая ( $\lambda < 1$ ), которая не требует адаптации. При этом если ST превышает допустимый предел т.е. имеет значение ниже -25%, то происходит коррекция по параметру  $\lambda$ -адаптации.  $\lambda$ -адаптации в этом случае имеет предел -25%. Превышение этого предела указывает на то, что система не способна скорректировать топливовоздушную смесь до стехиометрического состава. В этом случае OBD фиксирует ошибку P0172 «слишком богатая топливная смесь».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Е. А. Анализ методов и средств диагностирования автомобильного транспорта // Матер. межд. научн. конф. «Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем». - Челябинск: ЮУрГУ, 2019. – с. 121-124.
2. Баженов, Ю.В. Поддержание надежности электронных систем управления двигателем в эксплуатации / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2016. – № 2. – с. 4-7.

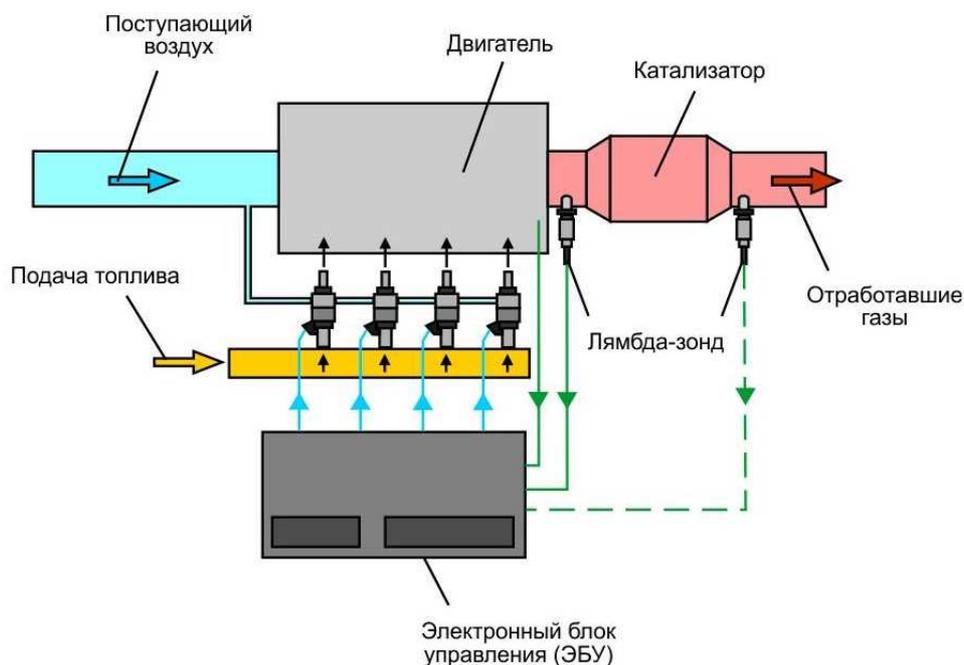
УДК 623.34

## ДАТЧИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА: УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

**Н. БЕЛАНОВИЧ, Е. ЛИННИК**  
(Представлено: В. В. КОСТРИЦКИЙ)

В статье рассмотрены датчики концентрации кислорода, которые устанавливаются в автомобилях с бензиновым двигателем для контроля состава смеси в выпускном коллекторе до каталитического нейтрализатора. Описаны конструкции и разъяснён принцип работы узкополосных циркониевых и титановых датчиков концентрации кислорода, а также широкополосных датчиков концентрации кислорода.

С целью контроля за коэффициентом  $\lambda$  при работе ДВС автомобиля в его выхлопной системе устанавливается специальный датчик, который называется  $\lambda$ -зонд (или кислородный датчик) (рисунок 1).



**Рисунок 1. – Схема установки  $\lambda$ -зонда  
в выхлопной системе автомобиля**

В современных автомобилях устанавливается несколько таких  $\lambda$ -зондов: один перед каталитическим нейтрализатором, а второй за ним. Второй  $\lambda$ -зонд, установленный за каталитическим нейтрализатором, контролирует эффективность его работы. Второй зонд также участвует в точной подстройке состава топливоздушной смеси, компенсируя погрешность первого зонда, которую необходимо учитывать по мере его старения [1].

Первый же  $\lambda$ -зонд перед каталитическим нейтрализатором, является основным. Именно по сигналу от этого датчика электронный блок отслеживает количество кислорода в выхлопных газах и производит коррекцию топливоздушной смеси, приближая её к идеальному стехиометрическому значению.

На автомобилях, предшествующих экологическим классам ЕВРО 5 (примерно до 2005 года), устанавливались  $\lambda$ -датчики релейного (прыжкового) типа. Такие датчики также имеют название узкополосные, так как позволяют лишь в узком диапазоне (показывают, что смесь либо «богата», либо «бедная», но не насколько именно) определять значение коэффициента  $\lambda$ .

Данные узкополосные  $\lambda$ -зонды релейного (прыжкового) типа, в зависимости от основы их активного рабочего элемента, бывают двух типов: циркониевые и титановые.

Циркониевый  $\lambda$ -зонд действует по принципу гальванического элемента. Рабочий элемент в виде керамики из диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) выступает в роли твёрдого электролита (ячейка Нернста). Кера-

мический наконечник с диоксидом циркония с обеих сторон покрыт защитными экранами из токопроводящих пористых платиновых электродов. Свойства твёрдого электролита рабочего элемента, пропускающего ионы кислорода, начинают проявляться лишь при его нагреве до температуры выше 350С. В связи с этим, пока  $\lambda$ -зонд не прогрет до температур активации его работы, он не работает и  $\lambda$ -регулирование длительности впрыска топлива не производится. В этот момент длительность впрыска контролируется по специальным программным картам, заложенным в памяти ЭБУ ДВС. По этим же программным картам начинает корректироваться впрыск и в случае выхода из строя  $\lambda$ -зонда (если его неисправность выявлена ЭБУ). С целью быстрого прогрева  $\lambda$ -зонда в его корпус встраивается нагревательный элемент с керамическим изолятором.

Отработавшие газы из ДВС поступают к наружной части наконечника через специальные прорези в защитном кожухе. Атмосферный воздух попадает внутрь датчика через отверстие в его корпусе или пористую водонепроницаемую уплотнительную крышку (манжету) проводов. За счёт передвижения ионов кислорода по электролиту между наружным и внутренним платиновыми электродами возникает разница потенциалов и генерируется напряжение (потенциал Нернста).

Напряжение, образующееся на электродах  $\lambda$ -зонда, обратно пропорционально количеству кислорода в отработавших газах. В зависимости от наличия или отсутствия кислорода в отработавших газах узкополосные циркониевые  $\lambda$ -зонды генерируют либо низкий (до 0,05 В), либо высокий (до 0,95 В) потенциал.

В других режимах узкополосный циркониевый  $\lambda$ -зонд работать не может. Именно поэтому он и получил название релейный датчик скачкового типа – сигнал напряжения с него в момент переключения режима скачет с низкого (0,05 В) на высокий (до 0,95 В) и при обратном переключении наоборот с высокого (до 0,95 В) на низкий (0,05 В). Таким образом, циркониевый узкополосный  $\lambda$ -зонд не может точно определить количество кислорода в отработавших газах. Он показывает либо, что топливовоздушная смесь «богатая», либо что «бедная», но на сколько именно определить не может.

Другой разновидностью узкополосного  $\lambda$ -зонда релейного (прыжкового) типа является кислородный датчик на основе диоксида титана. Основное отличие титанового  $\lambda$ -зонда от циркониевого заключается в том, что рабочий элемент датчика выполнен на основе пленок из диоксида титана ( $TiO_2$ ), нанесенных на изолирующую подложку.

В электрическую схему блока управления титановый  $\lambda$ -зонд включается как переменное сопротивление резистивного делителя. Принцип действия датчика прост и основан на свойстве диоксида титана при высоких температурах (от 200 °С, оптимальный режим – около 700 °С) изменять свое электрическое сопротивление в зависимости от парциального давления кислорода (то есть, от концентрации этого газа). Причем это изменение происходит скачкообразно: при обогащении топливной смеси (снижении концентрации кислорода) сопротивление составляет 1–10 кОм; при обеднении топливной смеси (повышении концентрации кислорода) сопротивление скачкообразно повышается на два порядка – до 1–10 МОм.

Датчик подключается к ЭБУ двигателя через измерительный мост, где выполняет функции одного из четырех резисторов. Сопротивления резисторов подобраны таким образом, что при  $\lambda = 1$  мост находится в балансе и сигнал на его выходе соответствует некоторой величине, которая условно принята за "ноль".

При уменьшении концентрации кислорода сопротивление датчика резко падает и на выходе моста появляется напряжение 4–5 В. При увеличении концентрации кислорода сопротивление датчика резко возрастает и на выходе моста появляется напряжение около 0,2–0,4 В. Данные выходные напряжения поступают на ЭБУ, который вносит коррективы в работу системы впрыска топлива [2].

Узкополосные  $\lambda$ -датчики релейного (прыжкового) типа в связи с узким диапазоном их работы не могут обеспечить необходимой точности и скорости коррекции топливовоздушной смеси, чтобы отработавшие газы ДВС автомобиля полностью соответствовали требованиям экологических классов ЕВРО 5 и выше.

В связи с этим на смену узкополосных  $\lambda$ -зондов пришли более совершенные широкополосные  $\lambda$ -зонды. Внешний вид широкополосного  $\lambda$ -зонда практически не отличается от узкополосного, за исключением лишь количества проводов.

Основное отличие широкополосного датчика от узкополосного находится внутри его конструкции (рисунок 2).

Измерительная ячейка (ячейка Нернста) широкополосного зонда такая же, как и у релейного узкополосного, изготовлена из диоксида циркония. Она генерирует напряжение, сравнивая состав отработавших газов в измерительной камере с эталонным воздухом. Помимо измерительной ячейки у широкополосного зонда имеется ячейка накачки. При протекании через нее электрического тока происходит перенос кислорода между измерительной камерой и отработавшим газом.

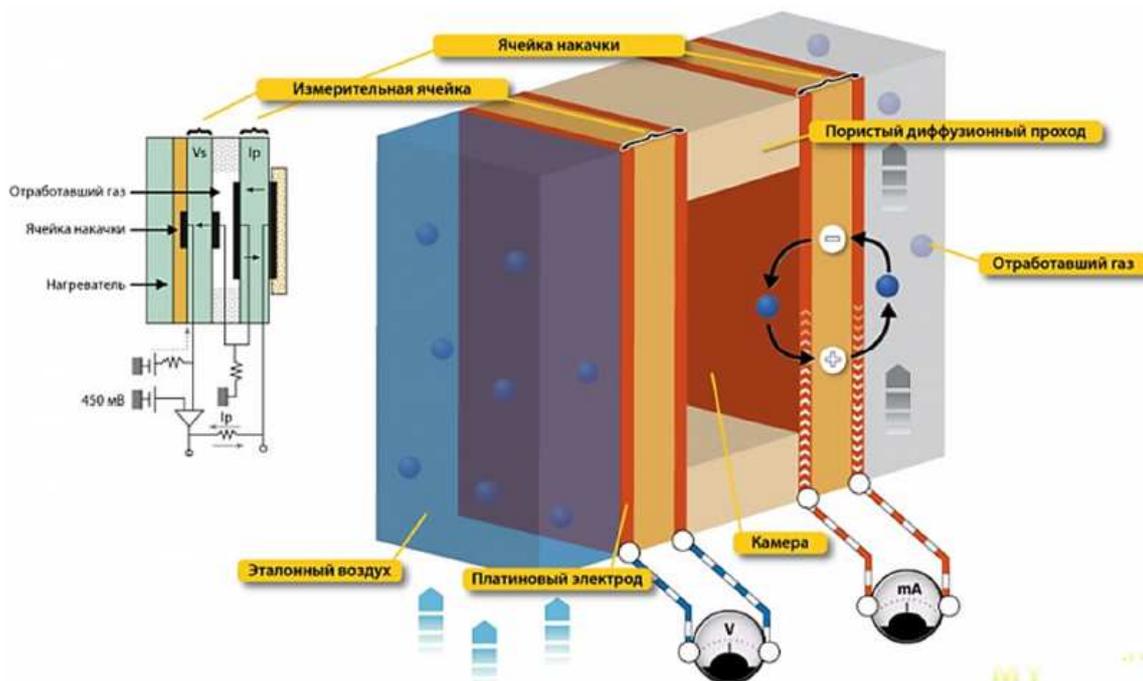


Рисунок 2. – Упрощённая схема внутренней конструкции широкополосного  $\lambda$ -зонда

В зависимости от направления и силы тока, управление которым происходит на основании сигнала измерительной ячейки, меняется направление и интенсивность переноса (перекачки) кислорода или в отработавшие газы из измерительной камеры, или же наоборот из отработавших газов в измерительную камеру. Целевая функция управления – получить в измерительной камере такую концентрацию кислорода, которая соответствует стехиометрической смеси. Сигнал измерительной ячейки при этом должен быть равен 0,45 В. Таким образом, зная направление и силу тока ячейки накачки, можно достаточно точно определить степень обеднения или обогащения смеси [3].

Таким образом, в автомобилях с бензиновым двигателем для контроля состава смеси в выпускном коллекторе до каталитического нейтрализатора устанавливаются датчики концентрации кислорода разных видов. Наибольшее распространение получили узкополосные циркониевые датчики и широкополосные.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Е. А., Макаров А. М. Экспертная система как основа развития автономного диагностирования автомобильных двигателей // Контроль. Диагностика. -2009. №1.-С. 43-47.
2. Искусство корректности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.zr.ru/content/articles/14251iskusstvo\\_korrektnosti/ysclid=17vu1322qe232262557](https://www.zr.ru/content/articles/14251iskusstvo_korrektnosti/ysclid=17vu1322qe232262557) (дата обращения: 02.03.2024).
3. Техническая эксплуатация. Диагностирование и ремонт двигателей внутреннего сгорания / А.В. Александров, С.В. Алексахин, И.А. Долгов, В.А. Тармин, М.Г. Шатров. – М.: РИОР, 2020. – 448 с.

УДК 621.91.01/02

## МЕТОДИКА УРАВНИВАНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

В. В. ГОЛОВНЕВА

(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н. Н. ПОПОК)

*Рассмотрена концепция повышения производительности обработки на станках с ЧПУ на основе уравнивания стойкости разных типов режущих инструментов и одновременной их замены в инструментальном магазине станка. Приведена методика и формулы для расчета уравнивания стойкости режущих инструментов.*

Один из путей повышения производительности обработки поверхностей деталей на станках с ЧПУ является оптимизация времени смены инструментов при выработке их ресурса [1, 2].

Предлагается производить замену разных типов режущих инструментов (РИ) в инструментальных магазинах станков с ЧПУ на основе уравнивания их стойкости [3]. При этом уравнивания стойкости осуществляется путем задания времени работы станка до его остановки (одно-, двух-, трехсменная работа) и определение скорости резания каждым инструментом с учетом коэффициента уравнивания при заданном или стандартом, или справочником, или каталогом значения его стойкости.

Основное время обработки конструктивных элементов и поверхностей деталей в сопоставлении со стойкостью режущего инструмента регулируется количеством однотипных режущих инструментов в инструментальном магазине станка и количеством изготавливаемых деталей в партии.

Методика уравнивания стойкости режущих инструментов включает следующие основные этапы:

1. Выбор в магазине станка лимитирующего РИ ( $lim$ ).
2. Определение значения лимитирующей скорости резания  $v_{lim}$ .
3. Определение коэффициента уравнивания стойкости  $K_{уравн.i}$  для каждого  $i$ -го типа РИ, используемого в переходе, операции с учетом марки инструментального материала:

$$K_{уравн.i} = \frac{v_i}{v_{lim}},$$

где  $v_i$  – значение скорости резания для  $i$ -го типа режущего инструмента или марки инструментального материала;

$v_{lim}$  – скорость резания для лимитирующего РИ $_{lim}$  или инструментального материала.

При расчете  $K_{уравн.i}$  в зависимости от обрабатываемых конструктивных элементов (КЭ) и поверхностей (П) детали возможны следующие варианты:

- 1)  $v_{lim} = v_{min} \rightarrow T_{lim} = T_{min}$  и  $v_i$  возрастает значительно, а  $T_i$  уменьшается до  $T_i = T_{lim}$ ;
- 2)  $v_{lim} < v_{min}$  и  $T_{lim}$  увеличивается, при этом  $v_i$  увеличивается значительно и  $T_i = T_{lim} = T_{max}$ ;
- 3)  $v_{lim}$  увеличивается до  $v_{lim} = v_{max}$  и  $T_{lim}$  уменьшается, при этом  $v_i = v_{max}$  и  $T_i = T_{lim} = T_{min}$ ;
4. Определение  $K_{уравн.i}$  для каждого заданного значения стойкости  $T$ .
5. Расчет и построение графических зависимостей  $K_{уравн.i}$  для каждого типа РИ (перехода или марки материала).
6. Расчет основного времени работы РИ на каждом переходе и сопоставление его со стойкостью РИ:

$$\tau_o = \frac{L_i}{S_{mi}},$$

где  $L_i$  – длина обработки  $i$ -тым инструментом;

$S_{mi}$  – минутная подача  $i$ -го инструмента.

В свою очередь:

$$S_{mi} = S_{oi} \cdot n_i = S_{oi} = \frac{1000v_i}{\pi D_i}$$

где  $v_i$  – значение скорости  $i$ -го инструмента, м/мин;

$D_i$  – диаметр  $i$ -го инструмента или  $i$ -ой детали, мм.

Определение производительности:

$$Pr = \frac{T}{\tau_o},$$

где  $\tau_o$  – основное время, мин;

$T$  – стойкость РИ.

7. Расчет и построение графических зависимостей  $T_i$  от  $v_i$  или  $v_i$  от  $T_i$  для каждого типа РИ, перехода или марки инструментального материала.

8. Расчет уравниваемой скорости резания для каждого типа РИ (марки инструментального материала):

$$v_{урав.} = v_i \cdot K_{уравни. i}.$$

9. Определение коэффициента уравнивания для инструментального магазина станка  $K_{уравни. и. м.}$  исходя из одновременной замены РИ и комплекта обработанных поверхностей  $N_n$ , конструктивных элементов  $N_{к.э.}$  и деталей  $N_d$  ( $\tau_{шт.к.}$  – штучно-калькуляционное время). Определение загрузки инструментального магазина:  $N_3 = \sum PИ$ .

10. Определение надежности разных типов РИ (марки инструментальных материалов) с учетом их стойкости (долговечности) и ремонтпригодности (времени замены в инструментальном магазине станка  $\tau_3$ ) и вне станка  $\tau_d$  (диагностики и дефектации).

11. Разработка технологического регламента одновременной замены, дефектации и настройки режущих инструментов.

Если уравниваемая скорость (стойкость) отдельных РИ получается значительно меньше других, то рассчитывается дополнительное количество однотипных РИ, устанавливаемых в инструментальном магазине станка или определяется количество деталей в партии, обеспечивающих «догрузку» РИ, имеющих наибольшую стойкость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барина Д.А. Оптимизация времени смены инструментов при токарной обработке на станках с ЧПУ // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2017. №4 (16). С. 23-27. – Режим доступа: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/663c1cbc85d24234bd10c5086dea1412.pdf>. – Дата доступа 30.09.2024.
2. Барина Д.А., Калмыков В.В. Оптимизация времени смены инструментов при изготовлении деталей на фрезерных станках с ЧПУ // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2018. №СВ2 (20). С. 24-29. – Режим доступа: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/b80d6bd8392dff4d1bfb638637ef890b.pdf>. – Дата доступа: 30.09.2024.
3. Попок Н.Н., Гвоздь Г.И. Уравнивание стойкости режущих инструментов при обработке на станках с ЧПУ // Тез. Докл. 38-ая Международная научно-техническая конференция «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки», «Технология – оборудование – инструмент – качество» // редкол.: В. К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Бизнесофсет, 2024. – с. 57-58.

УДК 621.91.002

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ.  
ИНТЕГРАЦИЯ CAD/CAM СИСТЕМ****В. В. ГОЛОВНЕВА***(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н. Н. ПОПОК)*

*Данная статья посвящена проектированию процессов обработки материалов с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Рассмотрены ключевые аспекты проектирования, в частности интеграции CAD/CAM систем, что позволяет автоматизировать ряд этапов, от проектирования до изготовления. Рассмотрены тренды и инновации в области ЧПУ-технологий, перспективы их применения в различных отраслях, а также влияние на конкурентоспособность производства.*

Механическая обработка с числовым программным управлением (ЧПУ) – это современный, эффективный и автоматизированный субтрактивный производственный процесс, который позволяет производителям изготавливать повторяемые детали стабильного качества из широкого спектра материалов, включая пластмассы, металлы и композиты. Сегодня детали, обработанные на станках с ЧПУ, можно найти в самых разных отраслях промышленности, от аэрокосмической до автомобильной и медицинской. [1,2]

Проектирование обработки с числовым программным управлением (ЧПУ) является важным этапом в использовании современных станков и технологий в производстве.

Основные этапы проектирования включают [3]:

1. Анализ требований: определение целей обработки, характеристик деталей и требований к качеству.
2. Выбор оборудования: подбор подходящего станка с ЧПУ в зависимости от типа обрабатываемых материалов и выполняемых операций.
3. Разработка технологии обработки: определение последовательности операций, параметров резания, инструментов и оснастки.
4. Моделирование деталей: создание 3D-моделей деталей в CAD-системах, что позволит точно представить конечный продукт.
5. Создание управляющей программы: использование CAM-программ для генерации управляющих кодов (G-кодов), которые будут использоваться станком ЧПУ.
6. Тестирование и оптимизация: проведение тестовых запусков, корректировка программ и параметров обработки для достижения нужного качества.
7. Документация: подготовка всей необходимой документации и инструкций для эксплуатации и обслуживания. Проектирование обработки с ЧПУ позволяет существенно повысить эффективность производства, снизить время обработки и улучшить качество продукции за счет автоматизации и точности процессов.

Интеграция CAD (Computer-Aided Design) и CAM (Computer-Aided Manufacturing) систем в процесс проектирования и обработки деталей с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ) является ключевым аспектом современных технологий в производстве.

Основные этапы интеграции:

1. Создание 3D-модели: сначала проектировщик создает 3D-модель детали в CAD-системе. Здесь необходимо учитывать все геометрические и размерные характеристики, а также функциональные требования.
2. Передача данных между CAD и CAM: готовая 3D-модель передается в CAM-систему. Многие современные CAD-системы имеют прямую интеграцию с CAM-программами, что упрощает этот процесс.
3. Оптимизация технологии обработки: в CAM-системе выбираются режимы обработки, инструменты, создается маршрут обработки, учитываются различные факторы, такие как тип материала, тип станка и т.д.
4. Генерация управляющих программ: на основе выбранных параметров и маршрутов обработки CAM-система генерирует G-коды, которые являются управляющими командами для ЧПУ станков.
5. Симуляция обработки: крупные CAM-системы позволяют проводить симуляцию процесса обработки, что помогает выявить возможные проблемы на этапе проектирования.
6. Передача программы на станок: сгенерированные управляющие программы загружаются на ЧПУ станок для выполнения обработки детали.
7. Обратная связь и доработка: в случае необходимости обратная связь по результатам обработки (например, выявленные дефекты) может быть использована для доработки CAD/CAM модели.

Преимущества интеграции CAD/CAM систем:

1. Автоматизация процессов: сокращение времени на проектирование и подготовку производства благодаря автоматизации создания управляющих программ.
2. Точность и качество: совершенно точное соответствие управляющей программы модели детали повышает качество и точность обработки.
3. Сокращение времени на производственный цикл: быстрая и эффективная передача информации между CAD и CAM позволяет ускорить весь производственный процесс.
4. Улучшенная визуализация: возможность визуализации процесса обработки помогает обнаружить и устранить потенциальные проблемы заранее.
5. Гибкость: легкая адаптация к изменениям в дизайне и быстрое внесение правок в процесс обработки.
6. Снижение затрат: оптимизация ресурсов и уменьшение количества бракованной продукции приводит к снижению производственных затрат.

Интеграция CAD/CAM систем в процесс проектирования и обработки на ЧПУ станках существенно повышает эффективность производства. Это позволяет не только улучшать качество продукции, но и быстро адаптироваться к изменениям в требованиях клиентов, что является важным конкурентным преимуществом на современном рынке.

Тренды и инновации:

1. Интеграция с IoT (Интернет вещей): устройства и машины с ЧПУ все чаще подключаются к сети, что позволяет собирать данные о процессе производства в реальном времени. Это дает возможность оптимизировать производственные процессы и предсказывать неисправности.
2. Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение: ИИ позволяет улучшить алгоритмы управления и оптимизации процессов, что приводит к более высокой точности и эффективности. Системы машинного обучения могут анализировать большие объемы данных для улучшения производительности.
3. Автоматизация и роботизация: внедрение автоматизированных производственных систем и роботов в сочетании с ЧПУ-технологиями позволяет значительно сократить время циклов, повысить производительность и минимизировать человеческий фактор.
4. 3D-печать и аддитивные технологии: эти технологии, хотя и отличаются от традиционных ЧПУ-методов, все больше интегрируются в производственные процессы, что позволяет создавать сложные детали с использованием ЧПУ для постобработки.
5. Модульные и многофункциональные системы ЧПУ: разработка модульных станков, которые могут выполнять разные операции, улучшает гибкость производства и позволяет быстрее адаптироваться к изменениям в спросе.

Применение в различных отраслях [5]:

1. Автомобилестроение: ЧПУ-технологии используются для обработки металлических деталей, а также в процессе создания прототипов и малосерийного производства.
2. Аэрокосмическая промышленность: высокая точность и надежность ЧПУ-обработки критически важны для создания компонентов для самолетов и космических аппаратов.
3. Медицинская техника: производство сложных медицинских инструментов и имплантатов требует высокой точности обработки, что делает ЧПУ-технологии особенно актуальными.
4. Электроника: процесс создания плат и корпусов для электронных устройств все чаще включает применение ЧПУ для получения высокой точности и качества.
5. Металлообработка: ЧПУ-технологии позволяют получить детали сложной формы, что особенно важно в условиях конкурентного рынка.

Влияние на конкурентоспособность:

1. Сокращение времени производства: ЧПУ-технологии позволяют значительно сократить время от проектирования до выпуска готового продукта, что дает компаниям преимущество на рынке.
2. Снижение издержек: автоматизация процессов и снижение ошибок ведут к повышению эффективности и снижению себестоимости продукции.
3. Качество и точность: высокая степень автоматизации и контроль качества делает продукцию более конкурентоспособной за счет соблюдения строжайших стандартов.
4. Гибкость производства: возможность быстрой перенастройки оборудования и изменения производственных процессов позволяет компаниям быстрее реагировать на изменения в спросе и адаптироваться к рынку.
5. Инновации и развитие: постоянное внедрение новых технологий помогает компаниям оставаться на передовом уровне и предлагать уникальные решения своим клиентам.

Таким образом, ЧПУ-технологии играют ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности современных производств, а их дальнейшее развитие и интеграция с новыми технологиями откроет новые горизонты для различных отраслей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.
2. Computer Numerical Control (CNC). IC Professional training series. August 2009. [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://mosafavi.iut.ac.ir/sites/mosafavi.iut.ac.ir/files/files\\_course/cnc\\_1\\_0.pdf](https://mosafavi.iut.ac.ir/sites/mosafavi.iut.ac.ir/files/files_course/cnc_1_0.pdf) — Дата доступа 22.09.2024.
3. Проектирование деталей для изготовления на станке с ЧПУ [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://darxton.ru/wiki-article/proektirovanie-detaley-dlya-izgotovleniya-na-stanke-s-chpu/> — Дата доступа 22.09.2024.
4. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка. Аверченков А.В., Терехов М.В., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А., Шкаберин В.А. [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://ivgpu.ru/images/docs/ob-universitete/instituty-fakultety-kafedry/ti/fakultety-kafedry/fma/tmo/metod/Stanki\\_s\\_CHPU.pdf](https://ivgpu.ru/images/docs/ob-universitete/instituty-fakultety-kafedry/ti/fakultety-kafedry/fma/tmo/metod/Stanki_s_CHPU.pdf) — Дата доступа: 23.09.2024.
5. Аналитический отчет о рынке станков с ЧПУ, крупнейшие технологические гиганты, отраслевые эксперты, растущая популярность, возможности. Август 2023 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.icrowdru.com/2023/08/10/аналитический-отчет-о-рынке-станков-с/> — Дата доступа: 23.09.2024.

УДК 67.05

**ПРИМЕНЕНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПУТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ  
В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ТОРГОВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

**И. В. ЛИСТВИН, И. С. СТРИЖНЕВ**

*(Представлено: Е. В. БРИТИК)*

*Методы расширения производства на территории Республики Беларусь. Внедрение новых технологий для быстрого прототипирования.*

**Введение.** Современный мир развивается невероятными темпами, стоит лишь сравнить уровень технологического прогресса 10 лет назад и сейчас. Особенно это заметно начиная с 2020-2021 года. Стремительное развитие нейронных сетей, инновационные решения в области протезирования, улучшения существующих технологий 3д печати, а также нельзя не заметить скорость развития биотехнологий. Однако не все эти технологии развиты в нашей стране, многие продукты мы не производим, а закупаем у других стран. В современных условиях Республика Беларусь имеет возможность беспрепятственных торговых отношений только со странами ЕАЭС (Евразийское экономическое сообщество), это затрудняет получение передового оборудования и технологий, что, в свою очередь, сказывается на развитии местных промышленных предприятий. Однако это также создает уникальные возможности для поиска альтернативных решений и развития внутренних производственных мощностей. В данной статье хотелось бы затронуть проблемы получения современных продуктов в условиях политической ситуации и способы развития технологий в Республике Беларусь.

**Анализ.** Если сравнить импорт продукции в 2020 и 2021, то можно заметить снижение импорта следующих позиций:

- Машин и механических устройств специального назначения на 330 тыс. шт.;
- Двигателей внутреннего сгорания на 24 тыс. шт.;
- Аппаратуры связи и части к ней на 35 тыс. шт.

В Республике Беларусь имеется 8 предприятий, занимающихся выпуском промышленных токарных станков и станков с числовым программным управлением, в этой отрасли мы и наша промышленность может положиться на отечественного производителя.

- ОАО «ВИСТАН»,
- ОАО «Станкозавод «Красный Борец»,
- ОАО «Гомельский завод станков и узлов»,
- ОАО «СтанкоГомель»,
- ОАО «Сморгонский завод оптического станкостроения»,
- ОАО «Кузлитмаш»,
- ОАО «Минский завод автоматических линий им. П. М. Машерова»,
- ОАО «Барановичский завод станкопринадлежностей»

Стоит так же рассмотреть предприятия, которые используют технологии 3D моделирования в производстве. На территории Беларуси используют в основном российское (Аскон – КОМПАС 3D) и французское (SolidWorks) ПО, но производства 3D принтеров на территории республики до сих пор нет. На этом относительно молодом рынке представлен большей модельный ряд устройств западного (США) и восточного (КНР) производства.

Что касается импорта инновационных и современных технологий, то на территории Беларуси многие технологические решения только развиваются. Взять хотя бы стремительно развивающуюся робототехнику – на территории Беларуси есть отечественные производители роботов такие как Rozum Robotics, но стоит заметить, что они специализируются преимущественно на производстве сервомоторов и безколлекторных двигателей. В их спектре услуг есть “роборука” собственного производства, но она не является полноценной заменой на производстве сложных товаров, а служит скорее, как помощник в быту. Если разбирать более инновационные решения такие как роботы гуманоиды, то в данный момент использование их в качестве рабочей силы доступно лишь странам, где они разрабатываются.

Можно выделить несколько причин этому:

1. Недостаток специалистов — сейчас ввиду того, что вектор интереса сместился в сторону кибернетики и программирования наблюдается острая нехватка амбициозных инженеров, конструкторов и т.д.
2. Сложность производства — даже если представить, что новая технология в области машиностроения появляется, то сразу возникает проблема с налаживанием производства и быстрым прототипированием.

**Решение.** Если проблема нехватки специалистов может быть решена путем популяризации соответствующих специальностей, то вопрос налаживания производства остается актуальным. В этом случае могут существенно помочь наработки в области 3D печати. Может непосредственно на производстве 3D принтер будет мало эффективен, но в качестве инструмента быстрого прототипирования он подходит идеально. Оптимальным вариантом использования в цикле разработки будет использование 3D печати на этапе непосредственно разработки прототипов. Данный метод существенно облегчает процесс тестирования на разных этапах. Что касается непосредственно процесса производства, то в некоторых узконаправленных отраслях можно использовать только 3D печать. Такие технологии как SLS или SLM печать могут быть буквально единственным способом производства продуктов с особо сложной геометрией и состоящих из металла.

Плюсы использования 3D принтеров:

1. Экономия материала:

3D печать не гарантирует безотходного производства, но снижение потребляемого ресурса обеспечить сможет. Во-первых – это брак при печатном производстве и современные технологии печати не могут обеспечить высокой точности. Видимо, это и служит причиной, по которой РБ не производит собственных 3D принтеров и не использует их в масштабном промышленном производстве. Во-вторых – это пластиковая или металлическая муть после шлифования заготовок. В процентном соотношении ресурсопотребление сокращается в разы. (табл. 1).

Таблица 1. – Статистика потери материала при токарной обработке

Обработка металла на расточных станках	Металлическая стружка, куски металла и т.п.	В среднем 12-24 кг. За смену или 1,5 кг/час
Обработка металла на токарных и токарно—револьверных станках	Металлическая стружка, куски металла и т.п.	В среднем 20 кг. За смену или 2,5 кг/час
Обработка металла на продольно-строгательных станках	Металлическая стружка, куски металла и т.п.	В среднем 48 кг. За смену или 6 кг/час
Обработка металла на фрезерных станках	Металлическая стружка, куски металла и т.п.	В среднем 48-72 кг. За смену или 6-9 кг/час
Обработка металла на карусельных станках	Металлическая стружка, куски металла и т.п.	В среднем 90 кг. За смену или 11,3 кг/час

2. Быстрое получение детали с учетом того, что это процесс анализа недостатков и создания прототипов. На обычных токарных и фрезерных станках в процессе получения детали неизбежно получение большого количества отходов производства, создание литейных форм в свою очередь слишком сложно и нецелесообразно при создании прототипа, который неизбежно будет улучшен и изменен в процессе разработки. 3D принтер же может напечатать объект любой формы и структуры, а также сделает это в сравнительно малые сроки.

3. Возможность получения сложных форм из металла (если рассматривать SLS или SLM печать). В большинстве 3D принтеров основной материал для печати — это пластик или смола. Когда же от тестируемой детали требуется знать ее прочностные характеристики, то сразу становится понятно, что одна и та же деталь будет показывать разные результаты в зависимости от материала, поэтому рационально использовать в тестах изделия, полученные методом 3D печати металлом. Так же эти методы позволяют создавать даже компоненты сложной геометрии, которые невозможно получить путем отливки, такие как ракетные двигатели (рис. 1).



Рисунок 1. – Ракетные двигатели, полученные способом 3D печати металлом

**Заключение.** В заключении можно отметить, что Республика Беларусь имеет огромный потенциал для развития и внедрения современных технологий. Применение стратегического подхода к решению текущих проблем может привести к значительным улучшениям в будущем, а использование развивающихся технологий 3D печати способно сократить затраты на производство как материалов, так и людских ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Годовые данные: Импорт важнейших видов продукции // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/vneshnyaya-torgovlya/vneshnyaya-torgovlya-tovarami/godovye-dannye/eksport-i-import-tovarov-6-znakov-tn-ved-eaes/eksport-i-import-tovarov-v-2020-2021-gg-6-znakov-tn-ved-eaes/import-tovarov/> – Дата доступа: 07.10.2024
2. Производитель коллаборативной робототехники и высокоточных моторов // Официальный сайт [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://rozum.com/> – Дата доступа: 07.10.2024
3. Сергеевич Т.В. / Некоторые особенности роботизации национального машиностроительного комплекса Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-robotizatsii-natsionalnogo-mashinostroitel'nogo-kompleksa-respubliki-belarus/viewer> – Дата доступа: 07.10.2024
4. Будущее 3D-печати: прогноз экспертов по аддитивному производству [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/652745/> – Дата доступа: 07.10.2024

УДК 623.14

**ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ  
И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В АВТОМОБИЛЯХ****Е. А. СЕМЕНЧЕНКО, В. В. КОЧАНОВ***(Представлено: Р. П. БОГУШ, В. В. КОСТРИЦКИЙ)*

*В статье описывается способ структурирования систем управления автомобилей. В рамках этого способа систему управления можно разделить на алгоритмы в зависимости от функции, которую обеспечивает каждый алгоритм. В свою очередь каждый алгоритм в рамках данного подхода делится на контуры, а контуры на системы, которые характеризуются одним параметром. Такой подход упрощает поиск неисправностей при диагностировании автомобиля.*

**Введение.** Современное автотранспортное средство представляет собой сложную техническую систему, в которой одновременно и взаимосвязано функционирует большое количество различных узлов и агрегатов, для управления работой которыми все шире используются электроника и компьютерные технологии. Доля электроники в создании стоимости автомобилей на сегодняшний день составляет до 40%. Этот показатель имеет тенденцию к повышению.

Последнее время появилась сложность в определении, какие элементы и узлы являются частью электронной системой управления, а какие принадлежат непосредственно управляемому агрегату или механизму. Поэтому одним из направлений в изучении устройства автомобиля является рассмотрение его как совокупность электронных систем управления (ЭСУ).

В литературе часто используется такое понятие как автомобильная автотроника. При чем под автотронной системой следует понимать комбинированный комплекс автоматического управления, включающий в свой состав различные технические устройства, которые соединены в единое целое с целью выполнения конкретного неэлектрического действия [1].

Автотронные системы имеют одно общее свойство – по входу они управляются различными неэлектрическими воздействиями, а по выходу, управляют неэлектрическими процессами, при этом внутрисистемная обработка информации идет на уровне цифровых электрических сигналов. Понятно, что автотронная система имеет широко разветвленную периферию и электронно-вычислительный блок управления с постоянной и оперативной памятью. Для согласования входной периферии с компьютером и компьютера с выходной периферией применяется интерфейсная (соединительная) подсистема [2].

Применение такого понятия как автотронная система (АС) является необходимым, чтобы подчеркнуть, что входящие в неё компоненты могут являться самыми разнообразными техническими устройствами, отличающиеся друг от друга как по принципу действия, так и по конструктивному исполнению. Это могут быть и электрические, и электронные, и электронно-вычислительные, и механические, и пневматические, и гидравлические, и любые другие технические изделия, способные выполнять соответствующие функции автотронной системы. Автотронные системы удобно классифицировать по основной исполнительной функции. Например, автотронная система впрыска топлива; автотронная система антиблокировки тормозов; автотронная система очистки выхлопных отработавших газов и т.д.

Поэтому при профессиональной подготовке в сфере автомобильного транспорта современный автомобиль можно рассматривать как совокупность автотронных систем. Такой подход можно использовать при изучении таких дисциплин как «Устройство автомобиля», «Электронные системы управления автомобилем», «Электрооборудование автомобилей», «Автомобильные двигатели». Кроме того, связи между автотронными системами и между компонентами, составляющими автотронные системы можно рассматривать как структурные и диагностические параметры. Изучение изменений этих связей позволят обеспечить практические навыки в определении и устранении неисправностей методом поиска на основании рационально построенного алгоритма действий при изучении таких дисциплин как «Техническое диагностирование автомобилей», «Техническое обслуживание автомобилей», «Обслуживание и ремонт легковых автомобилей». Для изучения автотронных систем необходим специальный инструментарий, который позволяет наглядно и эффективно рассматривать их в рамках изучаемых дисциплин.

Целью работы являлось повышение эффективности изучения предложенных дисциплин за счёт внедрения в них моделирования процессов работы агрегатов в системах, а также определение и устранение неисправностей [3].

**Основная часть.** Автотронные системы обеспечивают взаимодействие элементов общей системы в соответствии с поставленной задачей. Эти процессы можно разделить на два вида: процессы управления и процессы автоматического регулирования.

Управление – это процесс в какой-либо системе, при котором один или несколько входных параметров оказывают влияние на выходные параметры. При этом система управления не контролирует, совпадает ли фактическое значение выходного параметра с заданным значением входного параметра. Примерами процесса управления может служить открытие клапанов под действием кулачка распределительного вала или поворот передних колес водителем посредством руля.

Регулирование – это процесс в какой-либо системе, при котором фактическое значение регулируемой величины непрерывно определяется, сравнивается с заданным значением и автоматически уравнивается с ним в случае отклонения. Характерным для регулирования является обратная связь в контуре регулирования. Процессы регулирования – это, например, поддержание температуры охлаждающей жидкости на одном уровне посредством термостата либо поддержание состава смеси на уровне стехиометрии [1].

Однако в литературе эти два понятия зачастую не разделяют, а говорят лишь об управлении. Применяются термины «система управления двигателем» или «электронный блок управления двигателем». Следует понимать, что в данном случае речь идет именно о регулировании, то есть об управлении с обратной связью. В дальнейшем мы не будем разделять эти два понятия, и под управлением будем подразумевать управление с обратной связью, то есть регулирование.

В задачах управления всегда есть два объекта: управляемый и управляющий. Управляемый объект часто называют объектом управления или просто объектом, а управляющий объект – регулятором. Например, в системе турбонаддува объектом является турбокомпрессор, а регулятором – электронный блок управления двигателем. Обычно регулятор действует на объект управления не прямо, а косвенно, через исполнительные механизмы (приводы). В системе турбонаддува исполнительным механизмом будет являться пара клапан регулирования давления наддува и электроклапан. Чтобы регулятор мог отслеживать состояние объекта управления, необходимы датчики этого состояния. В системе турбонаддува таким датчиком является датчик давления наддува, установленный во впускном трубопроводе. Для обмена информацией внутри системы необходимы каналы связи между ее элементами. Они могут быть, например, электрическими, пневматическими или гидравлическими. В приведенном примере каналами связи будут являться электрические провода и пневматические каналы [2] (рис. 1).

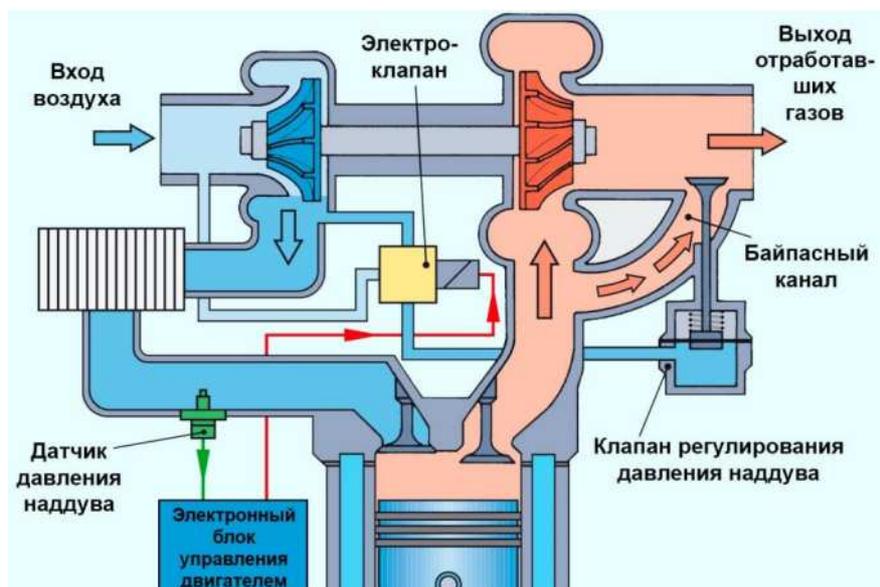


Рисунок 1. – Система турбонаддува

Таким образом, в типичную автотронную систему автоматического регулирования входят следующие элементы: объект; регулятор; исполнительный механизм (привод); датчики; каналы связи. Взаимосвязанные элементы – это уже система, обладающая свойствами, которыми не обладают ее элементы по отдельности.

Однако проблема заключается в том, что на объект управления действует внешняя среда, вызывая отклонения его параметров в ту или иную сторону. Такие воздействия называются внешними возмущениями. В системе турбонаддува внешним возмущением можно назвать постоянно изменяющийся поток отработавших газов через колесо турбокомпрессора. Кроме этого, датчики также измеряют параметры неточно, притом искажения, называемые шумами измерения. Поэтому схему системы управления можно представить следующим образом (рис.2):

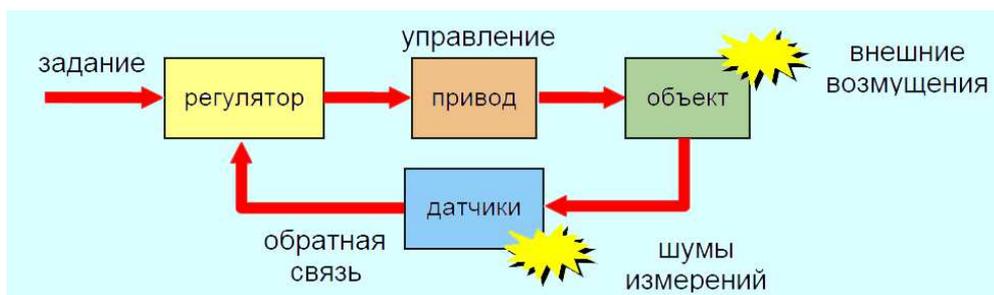


Рисунок 2. – Схема системы управления

Информация в системе управления ходит по кругу: от регулятора через привод на объект управления, подвергаемый внешним возмущениям, затем через датчики с шумами измерений обратно на регулятор. Цепь регулирования замыкается, и в этой ситуации говорят о наличии обратной связи в контуре управления. Системы управления с обратной связью массово используются при управлении автомобильным двигателем.

Рассмотрим работу регулятора. На входе регулятора присутствуют:

1. Задание (иначе «уставка», «желаемое значение»).
2. Сигнал обратной связи от датчика.

Сравнивая их между собой, регулятор вырабатывает параметр рассогласования (ошибки управления), показывающий, насколько отличается фактическое состояние объекта от заданного

В примере с турбонаддувом заданием будет значение давления наддува, заложенное в программу электронного блока управления двигателем, а сигналом обратной связи – значение давления, фактически измеренное датчиком давления наддува. Если рассогласование равно нулю, никакого управляющего воздействия не требуется. Если же оно нулю не равно, регулятор выдает управляющий сигнал, задача которого свести рассогласование к нулю. В системе турбонаддува это будет сигнал на открытие либо закрытие клапана регулирования давления наддува. В реальных системах управления рассогласование будет всегда: во-первых, невозможно предсказать внешние возмущения, а во-вторых, любой объект управления обладает инерционностью, которая не позволяет мгновенно отреагировать на управляющее воздействие.

Системы управления можно разделить на одномерные, у которых один вход и один выход, и многомерные, имеющие несколько входов и несколько выходов. Например система управления автомобильным двигателем является многомерной системой, имеющей на входе целый ряд входных сигналов, и управляющей несколькими параметрами двигателя через исполнительные механизмы. Однако многомерную систему можно представить как совокупность одномерных и рассматривать их по отдельности. Например, из всей совокупности элементов, составляющих систему управления двигателем, можно выделить систему зажигания, систему подачи топлива [3].

Поэтому достаточно важным для понимания работы систем управления в автомобилях, способ их структурирования. Существует достаточно много подходов структуризации систем управления. В данной работе предложен принципиально новый подход к структуре системы управления. Этот подход назовем функциональным. В рамках этого подхода систему управления разделяем на алгоритмы в зависимости от функции, которую обеспечивает каждый алгоритм.

Например, в рамках этого подхода систему управления двигателем (ЭСУД) можно разделить на 4 алгоритма в зависимости от функции, которую обеспечивает алгоритм, т.е.:

- алгоритм приготовления топливовоздушной смеси;
- алгоритм воспламенения рабочей смеси;
- алгоритм обратной связи;
- алгоритм обеспечения экологического контроля.

Преимущества данного подхода к структуризации ЭСУД заключается в том, что отсутствует привязка к конкретным структурным единицам таким, как датчики и исполнительные механизмы, которые в зависимости от режима работы двигателя и конкретной комплектации двигателя будут достаточно сильно отличаться хотя и выполнять одну и ту же функцию. Также часто трудно отнести некоторые элементы ЭСУД к той или иной системе конструктивно. Кроме того, сложно рассматривать ЭСУД отдельно от среды воздействия, которую необходимо включать в процессы работы системы управления.

Каждый алгоритм работы будем рассматривать с точки зрения влияния неисправностей элементов, выполняющих данный алгоритм на систему параметров в зависимости от способа нагрузки на двигатель. Алгоритм работы состоит из контуров ЭСУД, которые выполняют этот алгоритм. Контур характеризуется однообразной средой на которое производится воздействие по средствам исполнительных

механизмов и контроль, за которой осуществляется при помощи датчиков. В свою очередь каждый контур состоит из систем. Каждая система выполняет какую-то одну задачу. Поэтому такие системы можно назвать одномерными системами или функциональными системами.

Например, топливный контур в системах с распределенным впрыском предназначен для подачи топлива в топливную рампу с последующим впрыском топлива в необходимый момент в выпускной коллектор двигателя. Таким образом, в состав топливного контура будет входить две функциональные системы: система подачи топлива и система впрыска топлива.

Основным параметром топливного контура является длительность впрыска топлива. Параметром системы подачи топлива является давление топливного контура, а для системы впрыска топлива параметром является баланс производительности форсунок.

Воздушный контур системы предназначен для обеспечения процесса газообмена в двигателе. Основным параметром этого контура является нагрузка на двигатель. Под нагрузкой будем понимать массу топливоздушного заряда смеси попавшей в цилиндр двигателя. От этого параметра зависит сила воздействия на днище поршня и на всю кинематику кривошипно-шатунного механизма.

Воздушный контур состоит из таких функциональных систем как система дросселирования воздуха, система определения режима работы, система улавливания паров топлива, система подачи воздуха в выпускной коллектор, система изменения фаз газораспределения, система изменения длины выпускного коллектора, система контроля каталитического нейтрализатора.

Контур искрообразования предназначен для формирования искры между электродами и своевременной ее подачи. Основным параметром этого контура является Угол замкнутого состояния контактов. Этот контур состоит из функциональной системы подачи искры и системой горения искры. Функциональная система подачи искры характеризуется таким параметром как угол опережения зажигания. Параметром функциональной системой искрообразования является время горения искры.

**Заключение.** Таким образом, любую систему управления автомобилем можно рассмотреть, как систему автоматического регулирования в которую входят следующие элементы: объект; регулятор; исполнительный механизм (привод); датчики; каналы связи. Кроме того, структурировать систему автоматического регулирования удобно по выполняемой основной функции. В рамках этого подхода систему управления можно разделить на алгоритмы в зависимости от функции, которую обеспечивает каждый алгоритм. В свою очередь каждый алгоритм в рамках данного подхода делится на контуры, а контуры на системы, которые характеризуются одним параметром. Такой подход упрощает поиск неисправностей при диагностике автомобиля. При этом каждую систему можно рассматривать отдельно, что позволяет упростить процесс изучения ее устройства и возможных неисправностей в процессе эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов, Ю.В. Основы теории надежности машин: учебное пособие для вузов / Ю.В. Баженов. М.: ФОРУМ, 2014. – 320 с.
2. Баженов, Ю.В. Поддержание надежности электронных систем управления двигателем в эксплуатации / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2016. – № 2. – с. 2-5.
3. Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей: учебное пособие / А.А. Тюнин. М.: Солон-Пресс, 2017. – 352 с.

УДК 623.52

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИДЕНТИФИКАЦИИ  
И ЛИКВИДАЦИИ ДЕФЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ****Е. А. СЕМЕНЧЕНКО, В. В. КОЧАНОВ****(Представлено: Р. П. БОГУШ, В. В. КОСТРИЦКИЙ)**

*В статье описывается процесс моделирования автоторонной системы на примере системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском. При профессиональной подготовке в сфере автомобильного транспорта данный метод позволяет повысить эффективность изучения дисциплин так как полученная модель позволяет эффективнее рассмотреть устройство, принцип действия системы и её компонентов. А также позволяет определить все возможные связи в системе в виде различных контуров. В дальнейшем этот подход упрощает поиск неисправностей в реальных условиях.*

**Введение.** При профессиональной подготовке в сфере автомобильного транспорта современный автомобиль можно рассматривать как совокупность автотронных систем [1]. Такой подход можно использовать при изучении таких дисциплин как «Устройство автомобиля», «Электронные системы управления автомобилем», «Электрооборудование автомобилей», «Автомобильные двигатели». Кроме того, связи между автотронными системами и между компонентами, составляющими автотронные системы можно рассматривать как структурные и диагностические параметры. Изучение изменений этих связей позволят обеспечить практические навыки в определении и устранении неисправностей методом поиска на основании рационально построенного алгоритма действий при изучении таких дисциплин как «Техническое диагностирование автомобилей», «Техническое обслуживание автомобилей», «Обслуживание и ремонт легковых автомобилей». Для изучения автотронных систем необходим специальный инструментарий, который позволяет наглядно и эффективно рассматривать их в рамках изучаемых дисциплин. Целью работы являлось повысить эффективность изучения предложенных дисциплин за счёт внедрения в них моделирования процессов работы агрегатов в системах, а также определение и устранение неисправностей [2].

**Основная часть.** Процесс моделирования можно свести к реализации шести основных этапов. В качестве примера в данной статье рассмотрим процесс моделирования автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском.

1. Определение компонентов, входящих в моделируемую систему. Система топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском предназначена для дозированной подачи топлива в впускной коллектор двигателя с целью дальнейшего приготовления топливоздушную смеси в определенной пропорции. Дозированная подача топлива обеспечивается топливными форсунками. Форсунки представляют собой электроклапаны, которые управляются по средством электронного блока управления. Электронный блок управления подает управляющий импульс напряжения в соответствии порядка работы цилиндров двигателя. Количество форсунок соответствует количеству цилиндров двигателя.

Форсунки устанавливаются в топливную рампу. В топливную рампу подается топливо под давление. Топливо в рампу подается по средствам топливного насоса, который находится в топливном баке. Топливный насос имеет электропривод. Поддержание необходимого давления, соответствующего режиму работы топливной системы, обеспечивается регулятором давления топлива. Подача топлива из бака в рампу производится по топливопроводам через фильтр тонкой очистки. Подача электропитания к электродвигателю насоса и к электроклапанам форсунок обеспечивается реле. В цепях реле используются предохранители для безопасной эксплуатации электрических цепей питания.

2. Определение взаимосвязей между элементами в этих системах. Взаимосвязь компонентов осуществляется в двух: в электрическом и гидравлическом. При этом взаимосвязи в этих контурах будут отличаться и зависеть от режима работы системы топливоподачи. Для системы топливоподачи бензинового двигателя с распределённым впрыском можно выделить два режима работы: работа системы при включенном зажигании, и работа системы при работающем двигателе. В зависимости от режима работы взаимосвязи в электрическом и гидравлическом контуре будут отличаться рабочими параметрами.

3. Определение параметров системы и выбор средств их контроля. Параметрами электрического контура является напряжение на участках электрической цепи. А параметрами гидравлического контура являются такие диагностические параметры, как давление в топливной системе в различных режимах работы, производительность топливного насоса, баланс производительности форсунок.

При выборе средств контроля следует руководствоваться следующим правилом: средства контроля должно давать однозначную оценку, полученным результатам. Для определения напряжения на участке цепи используется вольтметр в составе мультиметра. Для определения давления в топливной

системе используется топливный манометр. Для определения баланса производительности форсунок используется стенд, который позволяет имитировать работу форсунок на двигателе. При этом основным показателем является количество впрыскиваемого форсунками топлива. Производительность насоса определяется мерной колбой по количеству подаваемого топлива в определенную единицу времени.

4. Определение поведения системы при исправном техническом состоянии. При исправной системе автомобиль быстро заводится, равномерно работает на холостом ходу, при воздействии на педаль акселератора быстро набирает обороты.

5. Определение проявления в системе признаков неисправностей. При появлении неисправностей в системе топливоподачи двигатель автомобиля заводится не с первого раза или не заводится вовсе, неравномерно работает на холостом ходу, а при воздействии на педаль акселератора двигатель медленно набирает обороты или глохнет.

6. Определение технического состояния исправных элементов и неисправных элементов. Поведение системы следует рассматривать в двух режимах: при включенном зажигании и при работающем двигателе. А также оперировать параметрами электрического и гидравлического контура.

Блок-схема поиска неисправностей представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. – Блок-схема поиска неисправностей

В исправном состоянии при включенном зажигании питающее напряжение, измеренное мультиметром должно иметь значение в электрической цепи аккумуляторной батареи от 12В до 12,7В, давление в гидравлическом контуре измеренное манометром должно находиться в пределах от 2,5 бар до 4 бар. А при работающем двигателе напряжение в питающей цепи будет составлять от 13,9В до 14,4В. Давление в гидравлическом контуре будет иметь значение от 3 бар до 4 бар. Кроме того, исправное состояние системы будет сопровождаться равномерной работой топливных форсунок.

При неисправном состоянии параметры будут иметь отклонения от предельных значений. А сочетание неисправностей будет определяться их проявлением в виде первичных признаков, описанных в пункте 5.

Все этапы моделирования автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском были реализованы на современном высокоуровневом языке программирования – C#. Для разработки графической части приложения была выбрана кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр Unity, позволяющая создавать приложения на разных платформах, включая не только персональные компьютеры, но и мобильные устройства. Разработанное приложение (рис. 5) позволяет:

- реализовать различные режимы работы системы;
- определить техническое состояние с использованием предлагаемых средств диагностирования;
- устранить найденные неисправности;
- рассмотреть все возможные связи в системе в виде различных контуров.

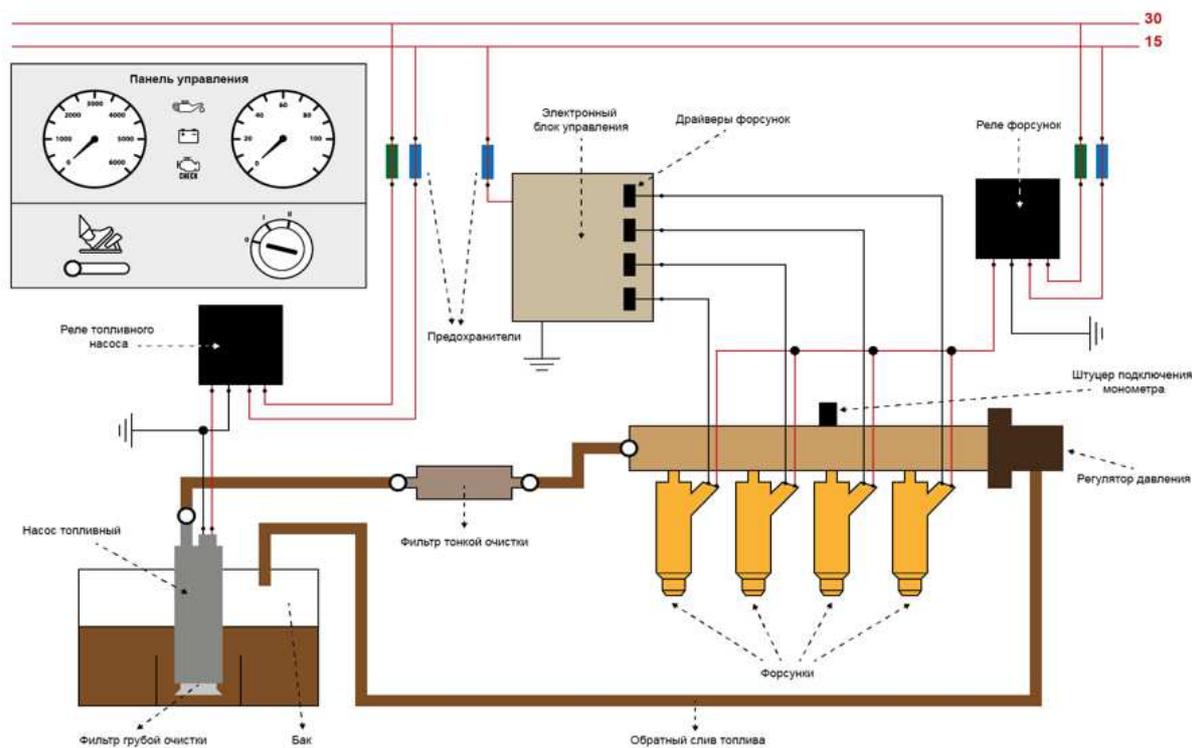


Рисунок 2. – Модель автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском

Полученная модель повышает эффективность изучения устройства, взаимосвязи компонентов и принцип действия рассматриваемой автотронной системы топливоподачи в бензиновом двигателе с распределённым впрыском. Она может использоваться в качестве основы при проектировании иных систем автомобиля. В дальнейшем это упростит поиск неисправностей в реальных условиях. Позволит повысить эффективность обучения студентов автомобильных специальностей.

**Заключение.** При помощи описанного в работе алгоритма моделирования можно спроектировать любую систему автомобиля, приведя предварительно её к модели автотронной системы. Полученная модель позволяет эффективнее изучить устройство, принцип действия системы и её компонентов. А также позволяет рассмотреть все возможные связи в системе в виде различных контуров. В дальнейшем этот подход упрощает поиск неисправностей в реальных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геращенко, В.В. Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов: [монография] / В.В. Геращенко, Н.А. Коваленко, В.П. Лобах. – Могилёв: Беларус.-Рос.ун-т, 2017.-170 с. : ил.
2. Режим доступа: [http://chiptuner.ru/content/pub\\_33/](http://chiptuner.ru/content/pub_33/) – Дата доступа: 04.05.2020 г.

УДК 681.5.017

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ, НАПЕЧАТАННЫХ НА 3D-ПРИНТЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

*Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ*

*(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н. Н. ПОПОК, канд. техн. наук С. А. ПОРТЯНКО)*

*Рассмотрены основные направления по снижению концентрации напряжений и исключению других ошибок, возникающих во время 3D-печати с использованием металлополимерного композитного материала. Приведены результаты напряжений при трёхмерном моделировании удаления связующих.*

**Введение.** Поскольку связующие вещества удаляются во время каталитической очистки, некоторые элементы деталей, не имеющие структурной целостности, могут разрушаться или деформироваться под собственным весом. Часто оказывается, что неправильная конструкция или ориентация печати являются существенным фактором разрушения деталей.

Внутренние напряжения при растяжении-сжатии, возникающие из-за гравитационных сил, должны учитываться при выборе подходящей конструкции и ориентации деталей.

Условия и допущения модели:

1. Моделирование предполагает идеальные результаты печати без расслоения, коробления, пористости или других ошибок, возникающих из-за некачественной печати.
2. Ориентация удаления связующих и спекания должна соответствовать ориентации печати.
3. Моделирование проводится для сплошных деталей со 100 % заполнением.
4. Опоры должны присутствовать в твердотельной модели или быть заданы как фиксированные ограничения детали.
5. При достижении максимальных растягивающих и сжимающих напряжений предполагается разрушение.

**Моделирование процесса удаления связующих.** Для проверки устойчивости деталей из "коричневого" металла (Brown Part Stability) можно использовать любое программное обеспечение для автоматизированного проектирования (САПР) с решателем методом конечных элементов (например, Autodesk Inventor, SolidWorks, Siemens NX) [1]. При анализе удаления связующих используется метод линейно-статического анализа для аппроксимации гравитационных сил во время удаления связующих.

Порядок действий:

1. После загрузки файла детали в выбранную программу САПР, необходимо повернуть деталь в соответствии с ориентацией печати (глобальное направление Z является направлением печати).
2. Создать сетку детали используя трехмерные твердотельные элементы. Убедившись, что в самых тонких частях детали присутствует не менее 3 элементов сетки (чем мельче сетка, тем выше точность).
3. Ограничить область детали, которая контактирует с рабочей пластиной и приложить распределенную гравитационную силу ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ) в направлении, противоположном направлению печати (рис. 1).

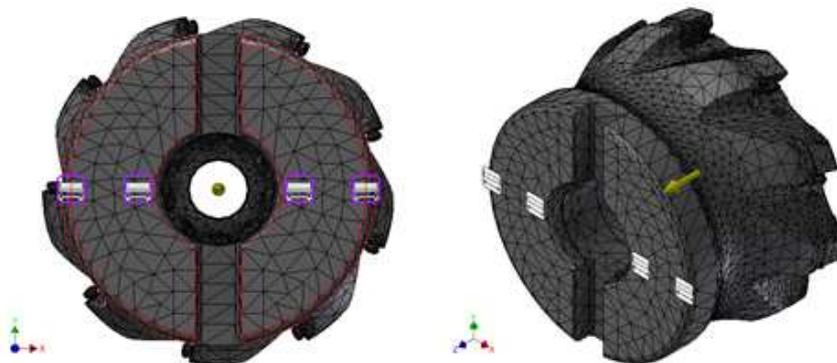


Рисунок 1. – Схема создания области детали (на примере фрезы торцовой), контактирующей с рабочей пластиной с добавлением распределенной гравитационной силы по оси Z

4. Применить к детали модель линейно-упругого материала со следующими параметрами:
  - модуль Юнга:  $E = 210$  ГПа;
  - коэффициент Пуассона:  $\nu = 0,4$ ;
  - плотность:  $\rho = 4700$  кг/м<sup>3</sup>.
5. Выбрать линейный статический анализ с деформациями и напряжениями в качестве выходных данных и запустить симуляцию.

**Результаты и интерпретация.** Если направление нагрузки и граничные условия были определены правильно, увеличение величины деформации может помочь в выявлении небольших деформаций.

После построения графиков напряжений в глобальных направлениях X, Y и Z, необходимо проверить, находятся ли напряжения в пределах максимальных пороговых значений: при растяжении  $X_{max}$  и  $Y_{max} = +6$  кПа, при сжатии  $X_{max}$  и  $Y_{max} = -7$  кПа. Для  $Z_{max}$  при растяжении:  $+0,5$  кПа; при сжатии:  $-7$  кПа. Растягивающее и сжимающее напряжение, превышающее максимальные пороговые значения, соответствует красным и синим областям (рис. 2-4).

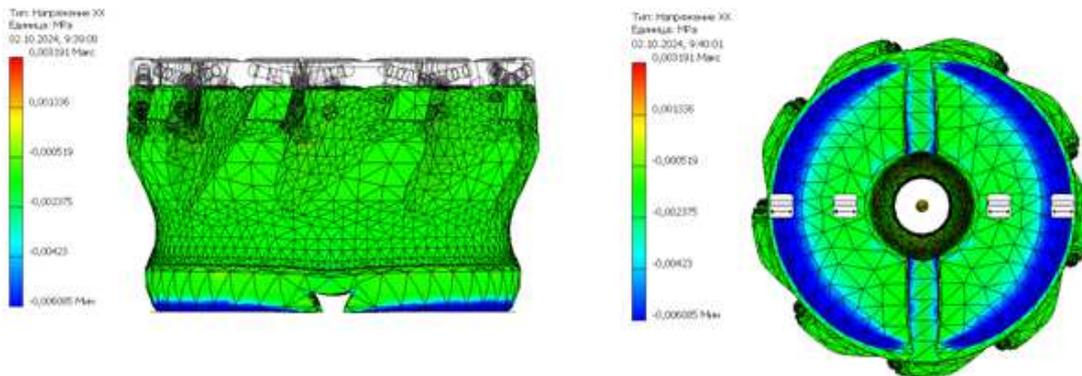


Рисунок 2. – Вид распределения напряжений по оси X во фрезе торцовой

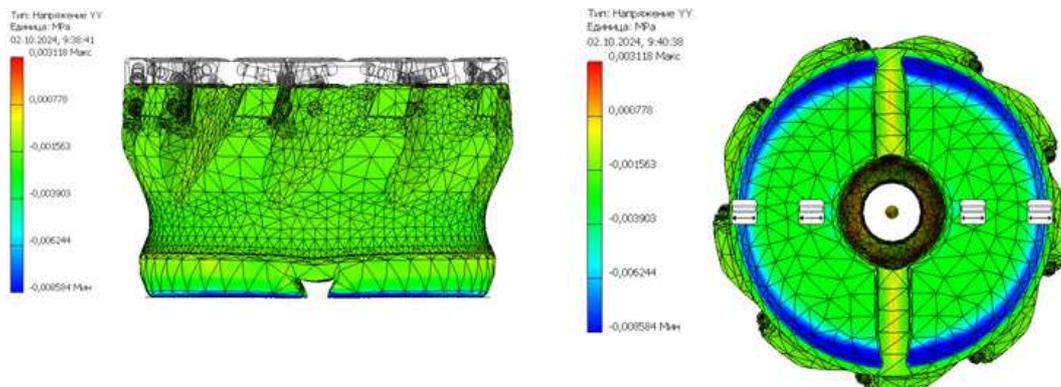


Рисунок 3. – Вид распределения напряжений по оси Y во фрезе торцовой

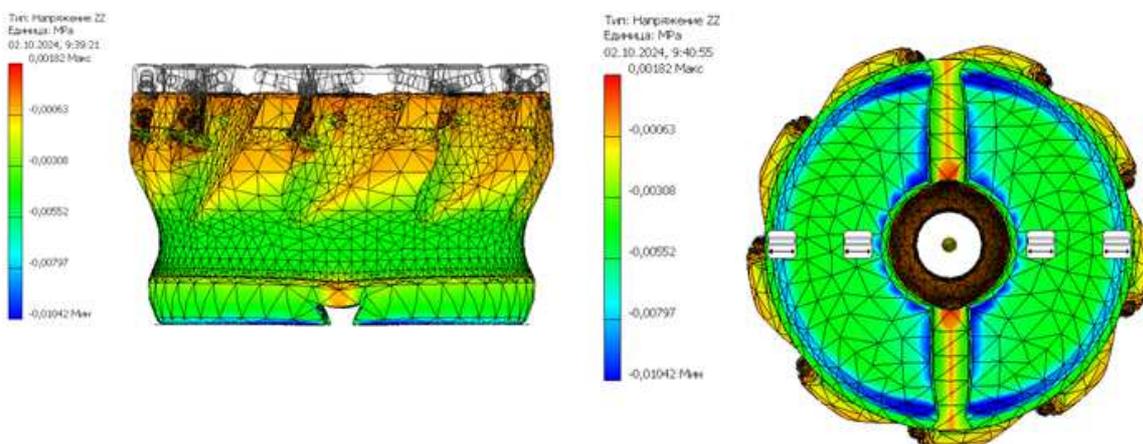


Рисунок 4. – Вид распределения напряжений по оси Z во фрезе торцовой

Если прогнозируется сбой, необходимо выполнить следующие шаги и повторить анализ:

1. Изменить ориентацию деталей как для печати, так и для удаления связующих и спекания.
2. Чтобы избежать концентрации напряжений, необходимо уплотнить тонкие элементы или сгладить острые края.
3. В целом, более мелкие и легкие конструкции деталей уменьшают гравитационные силы и повышают вероятность успеха при удалении связующих и спекания.
4. Размеры деталей 60 x 60 x 60 мм доказали свою эффективность в обеспечении оптимального баланса между устойчивостью [2].
5. Увеличьте количество опор и/или добавьте их непосредственно в твердотельную модель детали.
6. Повторно используйте этот инструмент, чтобы убедиться, что все напряжения выявлены и в пределах максимальных пороговых значений, которые могут возникнуть при перепроектировании.

**Заключение.** Неправильная конструкция детали или её ориентация при 3D-печати являются существенными факторами, вызывающие разрушение деталей во время удаления связующих и спекания. Внутренние растягивающие и сжимающие напряжения, возникающие под действием гравитационных сил, должны учитываться при выборе подходящей ориентации металлических деталей. Результаты моделирования позволяют значительно повысить качество конечных деталей и минимизировать время при 3D-печати.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Stainless Steel Composite Metal Filament for 3D Printers [Electronic resource]. – Mode of access: <https://forward-am.com/material-portfolio/ultrafuse-filaments-for-fused-filaments-fabrication-fff/metal-filaments/ultrafuse-316l/>. – Date of access: 02.10.2024.
2. User Guidelines for 3D Printing Metal Parts [Electronic resource]. – Mode of access: [https://move.forward-am.com/hubfs/AES%20Documentation/Metal%20Filaments/Ultrafuse\\_metal\\_User\\_Guideline.pdf](https://move.forward-am.com/hubfs/AES%20Documentation/Metal%20Filaments/Ultrafuse_metal_User_Guideline.pdf). – Date of access: 02.10.2024.

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 665.7.038

### СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ АНАЛОГА АНТИКОРРОЗИОННОЙ ПРИСАДКИ АКОР-1

**А. Н. АВРАМЁНОК, Г. АННАЕВ**

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. ЕРМАК)

*Синтезирован аналог антикоррозионной присадки АКОР-1 и образцы с улучшенными антикоррозионными свойствами. Проведены эксперименты по выявлению изменения антикоррозионных свойств синтезированных образцов относительно товарной присадки АКОР-1.*

**Введение.** В современном мире коррозия металлов и защита их от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем. Технический прогресс во многих отраслях промышленности тормозится из-за нерешенности ряда коррозионных проблем. Это приобрело особую актуальность в промышленно развитых странах с большим металлофондом, и особенно в последние годы в связи с все более широким использованием в промышленности высокопрочных материалов в особо агрессивных средах, в которых на них влияют высокие температуры и давление.

При отсутствии необходимых защитных и противокоррозионных свойств смазочных материалов происходит интенсивный коррозионный износ металлических частей как во время хранения, так и в процессе эксплуатации машин и механизмов [1].

**Основная часть.** Одними из немногих ингибиторами коррозии являются соединения на основе нитрованных масел [2]. Азотсодержащие ароматические соединения благодаря сочетанию неподеленной электронной пары на атомах азота с алифатическими радикалами различной длины являются основой многих современных ингибиторов коррозии.

На сегодняшний день, в нефтехимической промышленности активно используют имидазолины в качестве антикоррозионных присадок. Имидазолины находят своё применение не только в качестве ингибиторов коррозии, а также и в качестве поверхностно-активных веществ, синтезе лекарственных соединений.

В современных реалиях ингибиторы коррозии должны иметь низкую стоимость и максимальную выраженную защитную функцию. Для этого исследовалась технология получения ингибиторов на основе широко распространенных нитрованных масел с введением в состав добавок, влияющих на защитную функцию присадки.

**Экспериментальная часть.** АКОР-1 представляет из себя нитрованное масло с добавлением при защелачивании стеариновой кислоты.

Для синтеза аналога антикоррозионной присадки АКОР-1 в качестве основы использовалось масло селективной очистки SN-500, которое подвергалось обработке концентрированной азотной кислотой с последующим отстаиванием в делительной воронке. После отстаивания и отделения отработанной азотной кислоты от нитрованного масла, во второе вводилась добавка и проводилась реакция защелачивания для достижения необходимого значения щелочного числа. В конце производилась выпарка избыточной воды.

После отстаивания полученной присадки, был проведен анализ ИК-спектра для сравнения с товарной присадкой, являющейся в данном случае эталоном. Синим цветом изображен аналог – синтезированная присадка, красным – антикоррозионная присадка АКОР-1.

Как видно на рисунке 1, основные пики на спектрах совпадают по значению волнового числа, однако, наблюдается разница в интенсивности пиков, что может указывать на различие в технологии получения или же выбранного сырья.

Таблица 1. – Расшифровка ИК-спектор

Волновое число, см <sup>-1</sup>	Структурный элемент	Интенсивность
2920,77	– CH <sub>2</sub> –	Сильная
2861,15	– CH <sub>3</sub>	Сильная
1560,10; 1378,64	– NO <sub>2</sub>	Средняя
1453,00; 1042,84-727,21	– Ar	Переменная

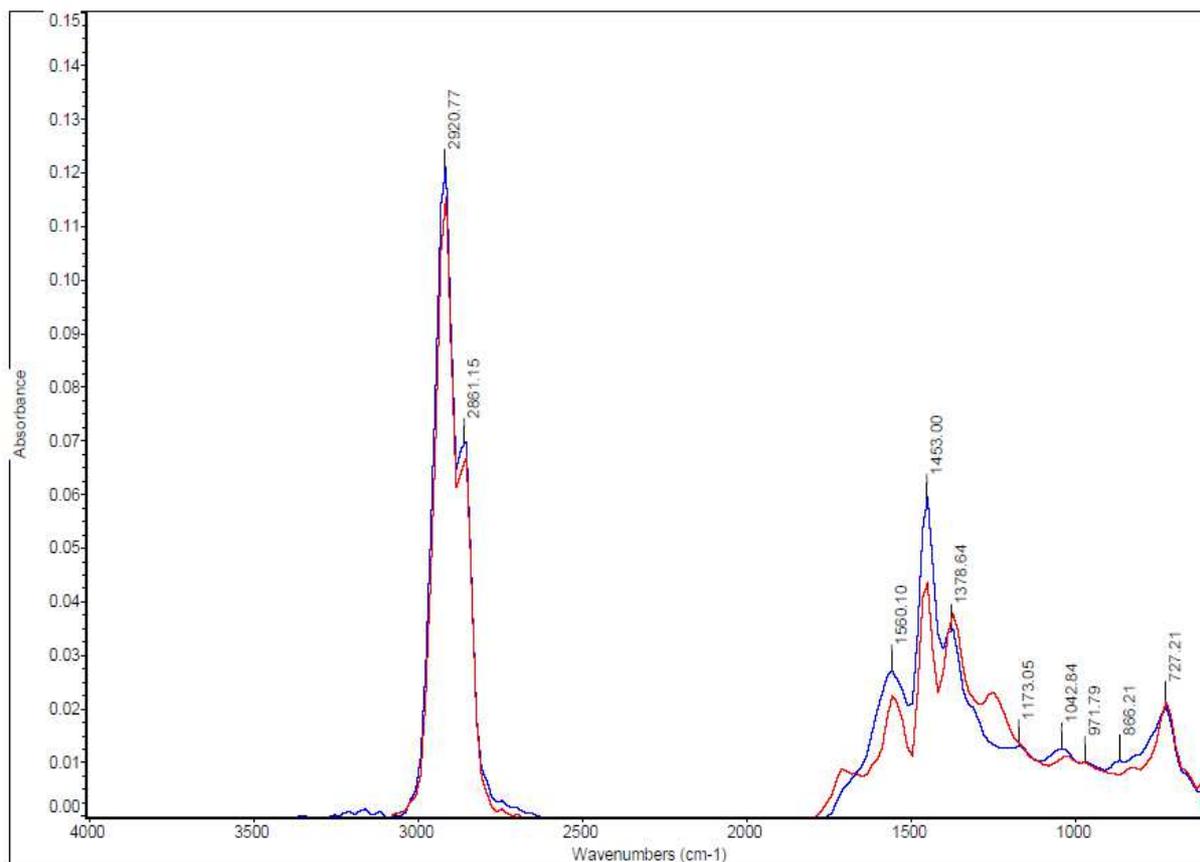


Рисунок 1. – Сравнительный ИК-спектр аналога и АКОР-1

Для улучшения защитных свойств было синтезировано дополнительно два образца, в один из которых на стадии защелачивания добавляли вместо стеариновой кислоты продукт взаимодействия триэтилентетрамина (далее ТЭТА) со стеариновой кислотой, а во второй продукт взаимодействия рапсового масла с ТЭТА. В результате было синтезировано 3 образца:

- образец 1 – аналог АКОР-1;
- образец 2 – вводился продукт взаимодействия ТЭТА и стеариновой кислоты;
- образец 3 – вводился продукт взаимодействия ТЭТА и рапсового масла.

Для выявления изменения защитных свойств проводился эксперимент по нанесению защитного состава на металлические пластинки с последующим введением данных пластинок в определенную среду. Проводился опыт в растворе электролита и в климатической камере. Опыт в климатической камере проходил непрерывно без конденсации влаги в течение 7 суток, в растворе электролита также в течение 7 суток. Эффективность защитного действия присадок оценивалась по показателю коррозии – изменение массы относительно площади поверхности пластинок.

Для проведения эксперимента использовалось 6 пар пластинок. Каждая пара обрабатывалась одинаковым составом и уходило в разные среды.

Первая пара пластинок не покрывалась защитными составами, вторая пара покрывалась маслом селективной очистки без введения в него присадок, третья пара обрабатывалась маслом селективной очистки с введенной антикоррозионной присадкой АКОР-1, четвертая пара – маслом селективной очистки с введенным аналогом (образец 1), пятая пара – маслом селективной очистки с образцом присадки № 2, шестая пара – маслом селективной очистки с введенным образцом № 3.

По полученным данным строится гистограмма. На гистограмме по парно изображены данные.

Исходя из гистограммы можно сделать вывод об эффективности синтезированных образцов. Лучшим показателем в растворе электролита обладает образец номер 3. Худшим показателем обладает масло селективной очистки, причем в обоих случаях. В условиях климатической камеры лучшим оказался образец номер 2, однако показатель образца номер 1 и 3 не уступают.

Как видно из полученных данных, при введении в антикоррозионную присадку дополнительно аминогруппы, эффективность присадки растет. Рапсовое масло благоприятно влияет на антикоррозионные свойства в растворе электролита и не так эффективно в условиях климатической камеры.

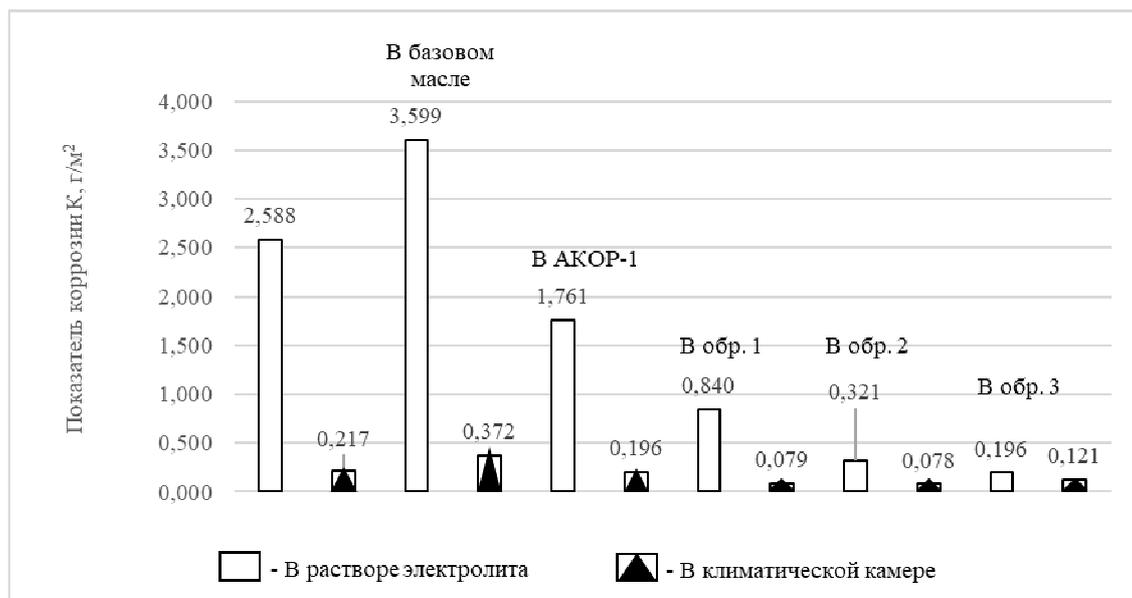


Рисунок 2. – Показатель коррозии стальных пластинок

Угол смачивания определялся путем фотографирования под микроскопом капли, растекающейся по металлической пластинке. С помощью данного показателя можно определить отношение работы адгезии к работе когезии, что косвенно может указывать на способность защитного состава растекаться по поверхности металла и проникать в микротрещины для лучшей защиты металлических поверхностей от коррозии.

Таблица 2. – Показатель угла смачивания

№ образца	Угол смачивания	Отношение работы адгезии к работе когезии
АКОП-1	21,382	0,966
Образец 1	22,602	0,962
Образец 2	18,894	0,973
Образец 3	16,468	0,980

Однако, однозначного вывода о влиянии угла смачивания и отношения работы адгезии к когезии на коррозию сделать невозможно. Необходимо оценить чистую работу адгезии и влияния образцов прирадов на интенсивность протекания электрохимической коррозии.

**Вывод.** Нитрование масел для получения маслорастворимых ингибиторов коррозии, содержащих азот и кислород, является одним из самых доступных методов. На ряду с нитрогруппами, образуются карбоксильные группы в результате окисления масел. Нитроалкилароматические и окисленные углеводороды нитрованного масла обладают высокими защитными, антикоррозионными и моющими свойствами и в зависимости от соотношения нитро- и карбоксильных групп защитные свойства могут усиливаться. Гидрофобные адсорбционные пленки вытесняют воду с поверхности металла, не пропускают водяных паров, не смываются водой, тем самым предотвращая развитие электрохимической коррозии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышова, О.В. Коррозия. Общие вопросы: учебное пособие / О. В. Чернышова. — Москва: «МИРЭА – Российский технологический университет», 2021. — 71 с.
2. Крейн, С. Э. Нитрованные масла: (Производство и применение) / С. Э. Крейн, Ю. Н. Шехтер. – Москва: Химия, 1967. – 180 с.

УДК 331.45

## СОЗДАНИЕ ПРОАКТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ

А. А. ЗУЕВА

*(Представлено: канд. тех. наук, доц. Ю. А. БУЛАВКА)*

*В работе представлены подходы к созданию проактивной культуры безопасности на промышленном предприятии посредством внедрения поведенческого аудита безопасности, предложены параметры для анализа результатов поведенческого аудита безопасности, а именно: индекс опасных ситуаций, коэффициент безопасного поведения, коэффициент опасных действий/опасных условий. Внедрение на промышленном предприятии программы поведенческого аудита безопасности позволит своевременно выявлять случаи небезопасного поведения персонала и тем самым снизить уровень профессионального риска.*

По данным Международной организации труда ежегодно в мире регистрирует более 2,3 млн. летальных исходов в результате несчастных случаев на производстве или профессиональных заболеваний, а количество травм и увечий на рабочем месте насчитывает более 340 млн., развивается около 160 профессиональных заболеваний. Вопросам обеспечения безопасности и охраны труда, снижения уровня травм и заболеваний, связанных с неблагоприятными и опасными условиями в Республике Беларусь придается приоритетное значение, они определяют основные направления социальной политики государства [1].

Безопасность на рабочем месте - это не только право человека, которое должно соблюдаться вне зависимости от уровня экономического развития, экономических условий и систем, но и условие устойчивого развития производства и экономики стран, регионов и государств [2].

По исследованиям крупнейшей химической компании мира «Дюпон» (лидера и основоположника методики проведения поведенческого аудита) 96 % процентов происшествий происходят в результате опасного поведения - неправильных действий персонала и только 4% приходится на опасные условия труда. Первая программа по обеспечению поведенческого аудита безопасности в компании «Дюпон» создана и внедрена в 1960-е годы. Программа STOP (Safety Training Observation Program) включала в себя комплексный анализ приверженности персонала к безопасным методам работы через грамотное обучение, обмен информацией и проведение проверок и поведенческих аудитов [3].

Рассматривая, в частности, развитие культуры безопасности на отечественных промышленных предприятиях можно сделать вывод, что для руководителей предприятий организация безопасных условий труда является одним из приоритетных направлений, вместе с тем для большинства сотрудников производственных подразделений вопросы обеспечения безопасности являются второстепенными задачами, решение которых оставлено службам охраны труда. Что вероятно обусловлено тем, что между сотрудниками и руководством отсутствуют доверительные отношения, персонал промышленных предприятий не осознает собственной роли в системе управления безопасностью. Соблюдение работниками требований безопасности зачастую обусловлено не собственным осознанным желанием создавать для себя и своих коллег безопасную рабочую среду, а страхом перед возможным наказанием. Как следствие появляется необходимость корректировки проблем взаимодействия на уровне руководитель-сотрудник путем выстраивания определенных положительных отношений между руководством и сотрудниками, развитие осознанного поведения сотрудников, закрепления новых нейронных связей. Эффективным решением данной проблемы может стать внедрение программы поведенческого аудита безопасности на промышленных предприятиях.

Поведенческий аудит безопасности (ПАБ) – это механизм обеспечения безопасности, который включает процесс наблюдения за поведением рабочего при выполнении производственных заданий с последующей, мотивирующей или обучающей беседой руководителя с наблюдаемым работником с целью выявления и предупреждения опасных действий и/или поощрения безопасного поведения сотрудников [4].

В первую очередь ПАБ нацелен на немедленное исправление опасного поведения, поддержку безопасного поведения, а также поощрения тех усилий, которые работник приложил, чтобы выполнить требования безопасности. Одной из ключевых задач инструмента является выявление и исправление причин отклонения поведения работника, которые могут привести к травмам [5]. Кроме того, аудиты позволяют создать более доверительные отношения между руководителями и сотрудниками.

Данный подход позволяет выявить слабые стороны системы управления охраной труда на регламентирующем, организационном и квалификационном уровнях. С помощью ПАБ оценивается эффек-

тивность деятельности, разрабатываются корректирующие меры, тем самым обеспечивается постоянное повышение культуры безопасности за счет развития навыков постоянного наблюдения на рабочем месте.

Процедура поведенческого аудита проводится поэтапно: планирование, сбор данных, анализ данных, оценка, разработка плана действий.

Основной этап ПАБ – наблюдение за сотрудниками, которое предполагает наблюдение за одним или несколькими сотрудниками, выполняющими задание на рабочем месте во время повседневных обязанностей.

В состав ПАБ входит анализ результатов и разработка конечных мероприятий. Анализ результатов позволяет понять, насколько то или иное действие работника вписывается в рамки действующей системы управления охраны труда на предприятии.

После проведения наблюдения с работником проводится разъяснительная беседа или так называемая «обратная связь», которая предназначена для обсуждения положительных и позитивных моментов, выявленных в ходе наблюдения. Если обнаружено небезопасное поведение – работнику дается корректирующая обратная связь в корректной форме, основной задачей, которой является не наказать и обвинить работника, а сфокусировать его внимание на безопасном поведении [6].

Процесс наблюдения и заполнения карты наблюдений не является трудоемким и длительным по времени – как правило, занимает от 15 до 20 минут. Наблюдатель отмечает как безопасные, так и небезопасные поведение и условия, а также любые действия, которые вызывают дискомфорт и опасения. О периодах наблюдения объявляется работникам заранее, чтобы процесс не воспринимался как ловушка.

Карты поведенческого аудита передаются аудитору для обработки данных, и учета в работе при проведении оценки профессионального риска. Анализ результатов аудита является ключевым вкладом в совершенствование оценки профессиональных рисков в организации [7-8]. Анализ проводится так, чтобы выявить частоту опасных действий или условий, происходящих на конкретных участках или относящихся к конкретным видам работ.

Анализ результатов аудита необходимо вести по следующим параметрам:

- выявление наиболее проблемных областей по категориям наблюдения;
- количество опасных действий и условий в зависимости от потенциальной тяжести последствий;
- расчет следующих показателей:

1. Индекс опасных ситуаций:

$$\text{ИОС} = \frac{\text{Общее количество опасных действий и условий за месяц}}{\text{Количество наблюдаемых работников}} \quad (1)$$

Значение индекса опасных ситуаций говорит о том, какое количество наблюдаемых опасных действий (ОД)/опасных условий (ОУ) приходится на одного работника в среднем. Снижение значения данного показателя говорит о положительной динамике поведения работников (сокращается число работников, демонстрирующих опасное поведение) или об улучшении условий труда (сокращение количества ОУ на объектах).

2. Коэффициент безопасного поведения (КБП):

$$\text{КБП} = \frac{\text{Количество безопасных действий}}{\text{Количество опасных действий} + \text{Количество безопасных действий}} \quad (2)$$

При расчёте КБП учитывается общее количество выявленных в рамках аудита безопасных действий. Значение коэффициента безопасного поведения отражает процент безопасных действий по отношению к общему количеству действий наблюдаемых работников. КБП используется для определения отправной точки и для сравнительного анализа изменения показателей безопасного поведения с течением времени. Изменение этого коэффициента в сторону уменьшения может свидетельствовать об угрозе безопасности, либо в случае его увеличения об исправлении нежелательного опасного поведения.

3. Коэффициент опасных действий/опасных условий

$$\text{К ОД/ОУ} = \frac{\text{Количество выявленных ОД}}{\text{Количество выявленных ОУ}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Снижение данного коэффициента дает возможность отследить изменения поведения работников (переход от опасного к безопасному поведению), а также степень вовлеченности работников в процесс выявления опасных условий.

На основании результатов проведенного анализа устанавливаются причинно-следственные связи возникновения опасных ситуаций, которые позволят разработать корректирующие мероприятия, направленные на исправление опасного поведения работников и устранение опасных условий.

Внедрение на промышленном предприятии программы поведенческого аудита безопасности позволит своевременно выявлять случаи небезопасного поведения персонала, выстраивать доверительные отношения между работниками и руководителями, определять слабые места в процессах управления и своевременно устранять ошибки, предотвращать появление проблем и развивать культуру безопасности в организации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Использование цифровых инструментов интегрированных решений в области охраны труда / Ю.А. Булавка, В.Н. Самусевич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. - 2019. - № 11. - С. 72-81.
2. Майстренко Елена Викторовна, Ибрагимовна Наиля Исмаиловна Поведенческий аудит безопасности как инструмент повышения эффективности системы управления охраной труда // Высшее образование сегодня. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povedencheskiy-audit-bezopasnosti-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-sistemy-upravleniya-ohranoy-truda> (дата обращения: 25.10.2024).
3. Газя Г.В. Особенности реализации системного подхода к снижению уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний на предприятиях нефтегазового комплекса ХМАО – Югры // технологии будущего нефтегазодобывающих регионов: сб.ст. Первой междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, состоявшейся в рамках мероприятий Первого междунар. Молодеж.научн.-практ. Форума «Нефтяная столица». Сургут. -2018. –С.54-58
4. Ю.И. Можейко Потенциал формирования культуры осознанности и проактивности персонала на базе концепции «Нулевого травматизма» Vision Zero в рамках производственного обучения в УП «Гроднооблгаз» / Ю.И. Можайко, А.И. Мозырко // Научный, производственно-практический журнал ОТТБ Охрана труда. Технологии безопасности. -2023г. - №1. С. 21-26.
5. И.В. Жук Внедряем BBS – систему поведенческой безопасности / И.В. Жук // Научный, производственно-практический журнал ОТТБ Охрана труда. Технологии безопасности. -2024г. - №6. С. 10-18.
6. Гигиеническая оценка условий труда изолировщика на термоизоляции с учетом пылевого фактора/ Зуева А.А. , Булавка Ю.А. // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18 апреля 2024 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С.71-73.
7. Идентификация опасностей на рабочем месте изолировщика на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований / Зуева А. А., Булавка Ю. А./Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: Минск: УГЗ, 2024. –С. 107-112
8. Формирование культуры безопасности при строительстве атомной электростанции в Арабской Республике Египет /Кожарский С.Г., Капустина О.В., Булавка Ю.А. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2024. № 2 (37). С. 31-35. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-37-2-31-35>

УДК 331.45

**ФОРМИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ  
НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ****А. А. ЗУЕВА***(Представлено: канд. тех. наук, доц. Ю. А. БУЛАВКА)*

*В работе представлены подходы к формированию корпоративной культуры безопасности на промышленном предприятии, внедрение которой позволит в кризисной ситуации сохранить персонал и конкурентное преимущество на рынке.*

Современный мир характеризуется активным развитием инфраструктуры, предоставляющей с одной стороны широкие возможности для самореализации, с другой – массу проблем и рисков [1-6].

Безопасность на рабочих местах начинается с формирования культуры безопасности [6]. В свою очередь, культура безопасности представляет собой такую жизненную позицию, которая выражается в отношении к безопасности как к наивысшей ценности. Она подразумевает осознание каждым отдельным лицом или группой лиц, работающих в организации того, какие риски и опасности могут быть вызваны деятельностью данной организации, формирует соответствующее поведение с целью обеспечения и повышения безопасности, готовность и способность работников к самокоррекции при столкновении с проблемными вопросами безопасности и готовность их обсуждать, постоянную оценку поведения, влияющего на безопасность [2].

Безусловно, формирование культуры безопасности на предприятии это сложный многооперационный процесс, с множеством взаимосвязанных элементов, будь-то знания, компетентность, личностные характеристики отдельного работника, формирование политики и целей предприятия и безукоризненное следование выбранным приоритетам, мотивация работников, внедрение системы управления, контроль процессов, идентификация опасностей, оценка рисков и др.

Имеют важное значение аспекты не только требований безопасности в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности и других направлений деятельности, но также организационная (корпоративная) культура – дресс-код, деловой стиль общения, стиль оформления рабочего пространства и его эргономика, функции и стиль руководства, система коммуникаций между звеньями структуры, положения работников в организации. Таким образом, наблюдается тенденция к формированию новой корпоративной философии безопасности труда.

Под корпоративной культурой безопасности в обобщенном смысле понимается «совокупность моделей безопасного поведения, которые приобретены организацией в процессе адаптации к внешней среде и внутренней интеграции, показавшие свою эффективность и разделяемые большинством членов организации» [3]. Ключевым направлением и содержанием корпоративной культуры безопасности становится разработка и анализ моделей управления производственными рисками в рамках конкретной профессиональной деятельности и формирование безопасного мышления сотрудников.

В целом, корпоративная культура безопасности – внутренняя среда, формирующая у персонала образ мышления, характеризующийся высокой ответственностью за свои действия и осознанием их возможных последствий для безопасности, создает ощущение защищенности, целостности, причастности, важности. Это становится положительным аспектом в формировании позитивного уровня культуры безопасности для сохранения человеческих ресурсов [7].

Одним из эффективных инструментов корпоративной культуры являются корпоративные стандарты, в которых описываются нормы и правила безопасного поведения работников. Корпоративные стандарты безопасности включают в себя не только алгоритмы выполнения процессов и процедур технического обеспечения безопасного процесса труда, но и правила и нормы поведения, закреплённые корпоративной культурой и укоренение в мировоззрение работника как ценность в данной организации [4].

Внедрение на промышленных предприятиях корпоративных стандартов безопасности, формализующих ценности компании и регулирующих правила поведения, приведет к тому, что соблюдение норм и требований (в том числе охраны труда и промышленной безопасности) станет неизбежным. Сотрудник, не выполняющий данных требований, не сможет надолго задержаться в организации, рискуя потерять работу не только из-за привлечения к ответственности, но и вследствие порицания такого поведения коллективом организации на неформальном уровне [5, 8-11].

Эксперты утверждают, что создание и внедрение корпоративной культуры безопасности в организации позволит в кризисной ситуации сохранить персонал и конкурентное преимущество на рынке. Продуктивность культуры безопасности будет заключаться в профессиональном развитии работника, создании условий, в которых работник сам будет осознанно стремиться к поддержанию высокого уровня безопасности на своем рабочем месте.

## ЛИТЕРАТУРА

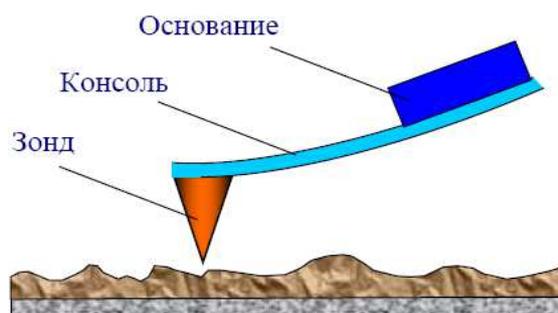
1. Роль дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» в формировании безопасного мышления обучающихся Вуза / Н.В. Петрова, О.В. Усикова, Т.В. Ложкова // - Сибирский государственный университет. Актуальные вопросы образования. т.1. 2020 –С.116-120.
2. О.М.Тимошенко Культура безопасности / О.М. Тимошенко // Научный, производственно-практический журнал ОТТБ Охрана труда. Технологии безопасности. -2024г. - №7. С. 13-16.
3. «Культура безопасности» как техносферная и социально-культурная парадигма / В.А. Дорошенко, Е.М. Жаргаев, А.А. Секачева // [Электронный ресурс]: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/39823/1/init\\_2016\\_10.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/39823/1/init_2016_10.pdf). - Дата обращения: 25.10.2024г.
4. Новоселова, О. В. Роль корпоративной культуры безопасности в антикризисном управлении персоналом / О. В. Новоселова, Е. П. Ростова // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 4. — URL: <https://esj.today/PDF/16ECVN423.pdf>. - Дата обращения: 25.10.2024.
5. Василенко, И.В. Социальная ответственность: методологический анализ / И.В. Василенко // LogosetPraxis. — 2008. — № 1. — С. 144–147 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-otvetstvennost-metodologicheskiiy-analiz> (дата обращения: 25.10.2024).
6. Гигиеническая оценка условий труда изолировщика на термоизоляции с учетом пылевого фактора/ Зуева А.А. , Булавка Ю.А. // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18 апреля 2024 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С.71-73.
7. Идентификация опасностей на рабочем месте изолировщика на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований /Зуева А. А., Булавка Ю. А.//Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: Минск: УГЗ, 2024. –С. 107-112
8. Значение «безопасного лидера» в системах управления охраной труда /Федоренко К.И., Булавка Ю.А., Адамович Д.Н.// Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 т. Т. 1 / отв. ред. Н. В. Гумерова. – Тюмень: ТИУ, 2021 – С. 147-149
9. «Безопасный лидер» в области охраны труда /Федоренко К.И., Адамович Д.Н., Булавка Ю.А.//Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов XV международной научно-практической конференции молодых ученых.: В 2-х томах. Т. 2. – Минск : УГЗ, 2021. –С 267-270
10. Роль «безопасного лидера» в обеспечении профессиональной безопасности /К.И. Федоренко, Д.Н. Адамович, Ю.А. Булавка //Дальневосточная весна – 2021 : материалы 19-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 30-31 марта 2021 г. / редкол. : А. В. Космынин (отв. ред.), Г. Е. Никифорова (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. –С.167-170.
11. Значение «безопасного лидера» в системах управления охраной труда/Д.Н. Адамович, К.И. Федоренко, Ю.А.Булавка // Tatarstan UpExPro 2021: материалы V Международной молодежной конференции (16 апреля 2021 г., Казань). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2021. –С.163-165

УДК 620.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ  
МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ****И. В. ЗЮЗЕНКО, И. С. РУДАК***(Представлено: канд. техн. наук А. В. СПИРИДОНОВ, канд. техн. наук Е. В. САФРОНОВА)*

В данной статье рассматриваются основы сканирующей зондовой микроскопии для исследования поверхностей образцов различных твердых физических тел. В настоящее время в Республике Беларусь и мировой практике уделено повышенное внимание развитию нано-технологий. Проводить данные исследования возможны на атомно-силовых микроскопах. Показан принцип работы атомно-силового микроскопа NT-207, используемого в научно-исследовательских работах кафедрой Технологии и оборудования переработки нефти и газа. Выполнены работы по исследованию топографии поверхностей твердых тел и представлены результаты в виде фотографий.

Для детального исследования структурных особенностей материалов и определения размеров структурных элементов существует много разнообразных методов. В настоящее время одним из наиболее мощных современных методов исследования особенностей структуры, топографии, а также локальных физико-механических свойств поверхности материалов является метод сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) [1-2]. Для получения увеличенных изображений поверхности в сканирующем зондовом микроскопе используется механический зонд (рис 1).

**Рисунок 1. – Схематическое изображение зондового датчика АСМ**

Датчики изготавливаются методами фотолитографии и травления из кремниевых пластин. Упругие консоли формируются, в основном, из тонких слоев легированного кремния или нитрида кремния. На конце кантилевера формируется пирамидальный зонд. Радиус закругления современных АСМ зондов составляет 1-50 нм в зависимости от типа зондов и технологии их изготовления.

Принцип действия силового датчика основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. Совершенно аналогичные силы действуют и между любыми сближающимися телами.

В атомно-силовом микроскопе такими телами служат исследуемая поверхность и скользящее над нею остриё. При изменении силы, действующей между поверхностью и остриём, кантилевер, на котором оно закреплено, отклоняется от положения равновесия, и такое отклонение регистрируется датчиком положения кантилевера. Таким образом, атомно-силовой сенсор представляет собой механический зонд, аналогичный обычному зонду механического профилометра. Однако его чувствительность настолько высока, что позволяет регистрировать силы взаимодействия между отдельными атомами. Отличительной особенностью атомно-силового микроскопа по сравнению с профилометром является наличие системы обратной связи, позволяющей управлять силой взаимодействия между зондом и образцом.

Соотношение между силой  $F$ , воздействующей на зонд, и отклонением кантилевера  $x$  определяется законом Гука:

$$F = -kx$$

Возможно изготовление кантилевера с упругой константой  $k$  порядка 1 Н/м. Под действием силы взаимодействия между двумя атомами порядка 0,1 нН величина отклонения таких кантилеверов составляет порядка 0,1 нм.

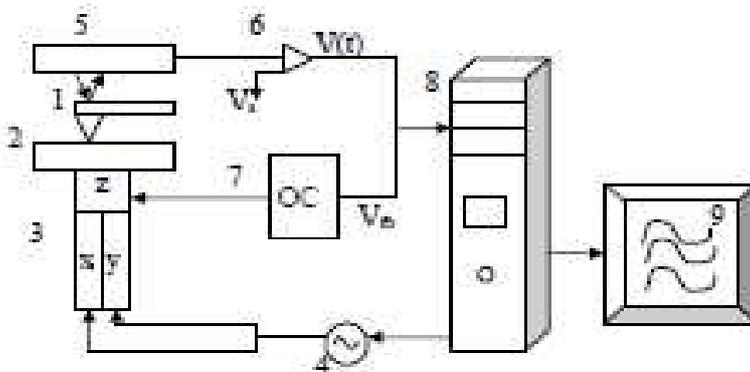
При работе АСМ используются кантилеверы с относительно малыми коэффициентами жесткости (0,01-0,2 Н/м), что позволяет обеспечить высокую чувствительность и избежать нежелательного чрезмерного воздействия зонда на образец.

При приближении зонда к образцу он сначала притягивается к поверхности, благодаря наличию сил Ван-дер-Ваальса. Эти силы обычно доминируют на достаточно больших расстояниях, когда перекрытие волновых функций атомов взаимодействующих тел несущественно. По сравнению с характерными энергиями химической связи энергия вандер-ваальсова взаимодействия мала.

При дальнейшем приближении зонда к образцу электронные оболочки атомов на конце иглы и атомов на поверхности образца начинают перекрываться, что приводит к появлению отталкивающей силы. При дальнейшем уменьшении расстояния отталкивающая сила становится доминирующей. Реальное взаимодействие зонда с образцом имеет более сложный характер, однако основные черты данного взаимодействия сохраняются — зонд АСМ испытывает притяжение со стороны образца на больших расстояниях и отталкивание на малых.

При перемещении зонда вдоль поверхности образца происходит изменение параметра взаимодействия, обусловленное рельефом поверхности. Система обратной связи обрабатывает эти изменения, так что при перемещении зонда в плоскости  $XU$  сигнал на исполнительном элементе оказывается пропорциональным рельефу поверхности. При сканировании зонд вначале движется над образцом вдоль определенной линии (строчная развертка), при этом величина сигнала на исполнительном элементе, пропорциональная рельефу поверхности, записывается в память компьютера. Записанный таким образом при сканировании сигнал обратной связи обрабатывается компьютером, и затем СЗМ-изображение рельефа поверхности  $Z = f(x, y)$  строится с помощью средств компьютерной графики.

Информация, полученная с помощью СЗМ, хранится в виде двумерного массива целых чисел  $a_{ij}$  (матрицы). Физический смысл данных чисел определяется той величиной, которая оцифровывалась в процессе сканирования. Каждому значению пары индексов  $ij$  соответствует определенная точка поверхности в пределах поля сканирования. Как правило, такие массивы чисел представляют собой квадратные матрицы, имеющие размер  $256 \times 256$  или  $512 \times 512$  элементов. Визуализация СЗМ данных производится средствами компьютерной графики, в основном, в виде трехмерных и двумерных яркостных (или цветowych) изображений. В последнем случае яркость или цвет однозначно связаны с представляемой величиной в данной точке поверхности.



1 – зонд, 2 – образец, 3 – пьезоэлектрические двигатели, 4 – генератор напряжения развертки пьезокерамики, 5 – электронный сенсор, 6 – компаратор, 7 – электрическая цепь обратной связи, 8 – компьютер, изображение поверхности образца  $z(x, y)$

Рисунок 2. – Общая схема сканирующего зондового микроскопа

Основными составными частями атомно-силового микроскопа (рис. 2) являются:

- зонд;
- пьезоэлектрические двигатели для прецизионного перемещения зонда над поверхностью исследуемого образца;
- электронный сенсор, детектирующий величину локального взаимодействия между зондом и образцом;
- компаратор, сравнивающий текущий сигнал в цепи сенсора  $V(t)$  с изначально заданным  $VS$ , и, при его отклонении, вырабатывающий корректирующий сигнал  $Vfb$ ;
- электронная цепь обратной связи, управляющая положением зонда по оси  $z$ ;
- компьютер, управляющий процессом сканирования и получением изображения.

Для контролируемого перемещения иглы на сверхмалых расстояниях используются пьезокерамические двигатели (рис. 3).

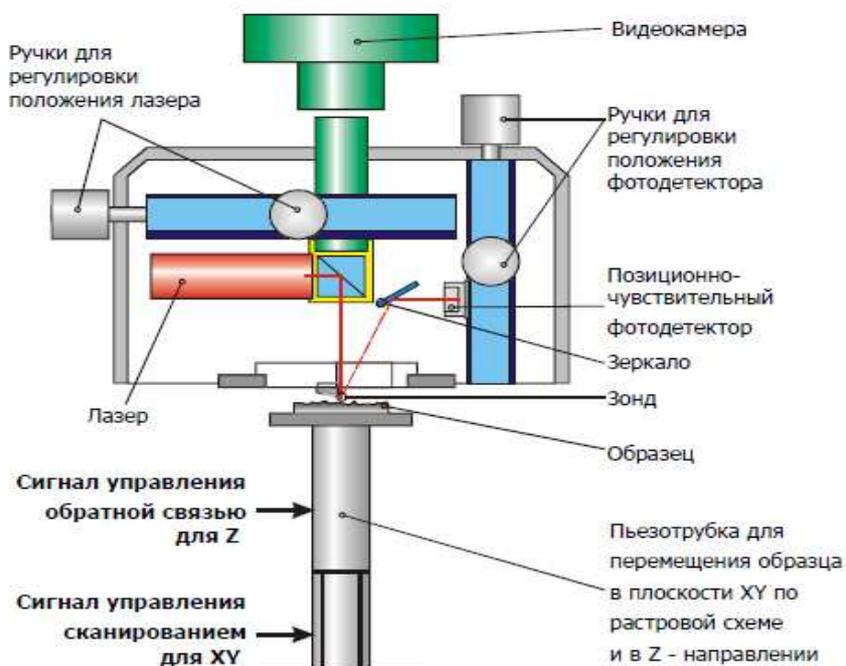


Рисунок 3. – Схема работы блока сканирования АСМ

Используемые в них пьезокерамические материалы изменяют свои размеры под действием приложенного к ним электрического напряжения (пьезоэлектрический эффект).

В приборе применена измерительная схема с неподвижным зондом над подвижным образцом. В ходе измерений прецизионные перемещения образца обеспечиваются трубчатым пьезосканером, на котором образец и устанавливается. В измерительной системе использована лазерно-лучевая схема детектирования отклонения кантилевера. В качестве зондов применяются промышленно изготавливаемые чипы размерами 3,4\*1,6 мм (например, производства Mikromasch). При этом для обеспечения удобства установки и смены зондов разработан сменный держатель.

Существует много типов и форм, в которых выпускаются пьезокерамические двигатели. Каждый имеет свой уникальный пьезоэлектрический коэффициент от 0,1 до 300 нм/В. Так, керамика с коэффициентом расширения 0,1 нм/В позволяет получить перемещение 0,01 нм при приложении напряжения 100 мВ. Таким образом осуществляется прецизионное позиционирование иглы. В этом режиме работы взаимодействие зонда и образца осуществляется в области действия сил отталкивания. Сила  $F$ , действующая на зонд со стороны поверхности, приводит к изгибу кантилевера.

Величина изгиба регистрируется, как правило, с помощью оптической системы, состоящей из полупроводникового лазера и четырехсекционного фотодиода (рис. 4).

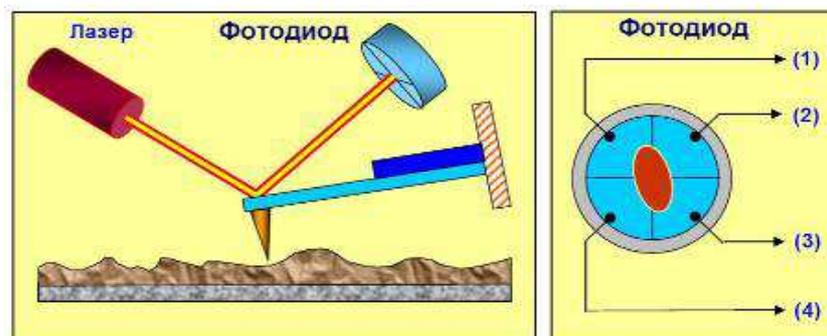


Рисунок 4. – Схема оптической регистрации изгиба консоли зондового датчика АСМ

Оптическая система АСМ юстируется таким образом, чтобы излучение лазера фокусировалось на конце кантилевера, а отраженный луч попадал в центр фотодетектора. При изгибе кантилевера под действием контактных сил отраженный от него луч лазера смещается относительно центра фотодетектора.

Таким образом, отклонение кантилевера может быть определено по относительному изменению освещенности верхней и нижней половинок фотодетектора. На таком оптическом датчике взаимодействия сейчас основано действие большинства современных зондовых микроскопов.

Атомно-силовой микроскоп (АСМ) NT-206 (рис. 5) [3-7] в комплексе с управляющим программным обеспечением SurfaceScan и средствами обработки АСМ-изображений SurfaceView предназначен для измерения и анализа микро- и субмикрорельефа поверхностей, объектов микро- и нанометрового размерного диапазона с высоким разрешением.



Рисунок 5. – Внешний вид АСМ NT-206

Перед измерениями зонд может быть перемещен в необходимую область над образцом при помощи автоматизированной платформы (в диапазоне 10 мм в плоскости XY). Для обеспечения обзора области сканирования и объектов, над которыми находится зонд, в приборе применена видеочкама, позволяющая в реальном масштабе времени наблюдать за перемещениями зонда над поверхностью.

Видеосистема и платформа автоматизированного перемещения зонда над образцом включены в базовую комплектацию прибора (встроены по умолчанию). Сочетание этих двух опций позволяет достаточно гибко выбирать на поверхности области (объекты) для сканирования при непосредственном визуальном контроле оператора. Механическая система прибора изначально создавалась с учетом наличия этих опций, что потребовало разработки таких компонентов, как интегрированная оптическая система, специализированный механизм позиционирования лазера, моторизованная платформа.

Данные функции разрабатываются и проходят испытание совместно с лабораторией нанопроцессов и технологий ИТМО НАНБ (Институт теплообмена Национальной академии наук Беларуси). Измеренные данные можно дополнительно проанализировать в программе SurfaceView.

На рис. 6-9 изображены образцы различных твердых материалов, которые были сканированы в лаборатории 304 учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» на АСМ NT-206 и обработаны программой SurfaceView.

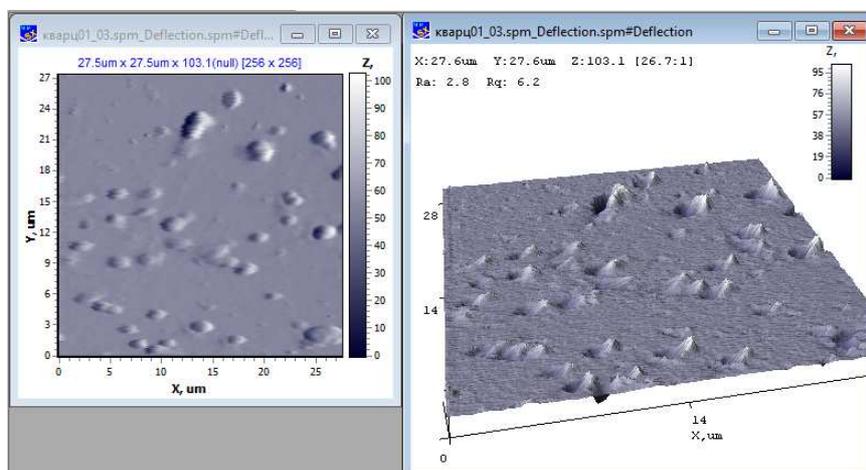


Рисунок 6. – Кварц

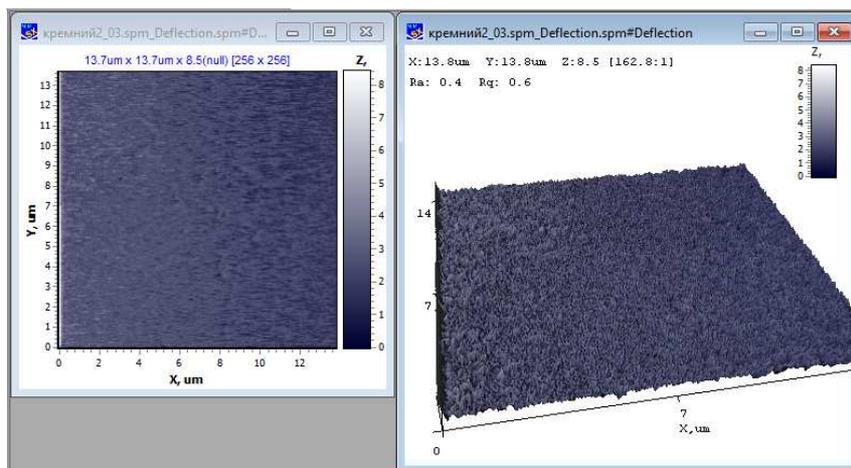


Рисунок 7. – Кремний

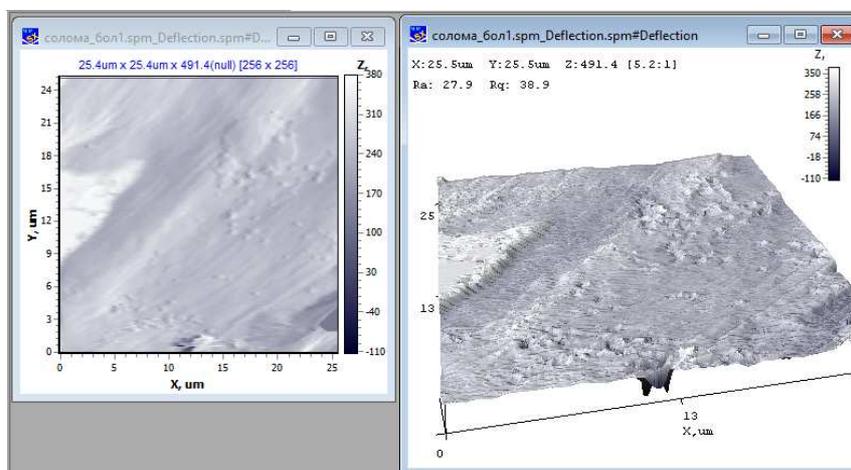


Рисунок 8. – Солома

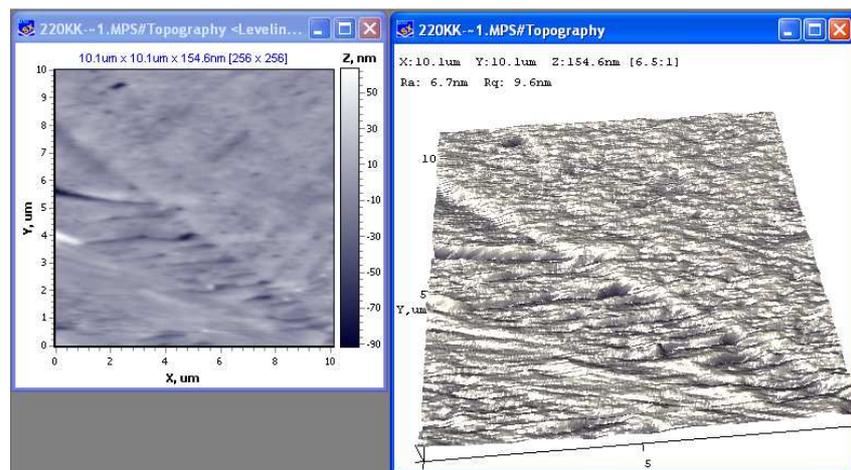


Рисунок 9. – Кокс

Как видно из фотографий с помощью АСМ можно получить двумерное и трехмерное изображения поверхностей на уровне нескольких нанометров.

**В заключение** следует отметить области применения АСМ – физика твердого тела, тонкопленочные технологии, нанотехнологии, микро- и нанотрибология, микроэлектроника, оптика, испытательные системы прецизионной механики, магнитной записи, вакуумной техники и др. АСМ NT-206 предназна-

чен для использования в научных и промышленных лабораториях, преимущественно специализирован для характеристики физико-механических свойств материалов на микро- и наноуровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Бинниг, Х.Рорер. Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности. Нобелевские лекции по физике – 1986. УФН, т. 154 (1988), вып.2, с. 261.
2. А.А. Бухараев, Д.Б. Овчинников, А.А. Бухараева. Диагностика поверхности с помощью сканирующей силовой микроскопии (обзор). Заводская Лаборатория. Исследование структуры и свойств, Физические методы исследования и контроля. 1996, №1, с.10-27.
3. А. А. Суслов, В. В. Чикунов, Д. И. Шашолко, С. А. Чижик. АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОП NT-206: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ. 6-й Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии: БелСЗМ-6: Сб. докл., Минск, [12-15 окт.] 2004 г. / Редкол.: А.И.Свириденко и др.
4. Чижик С. А. Комплексная характеристика материалов методом сканирующей зондовой микроскопии // Тепло- и массоперенос-2003: Сборник научных трудов. Мн.: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Б, 2003. С. 226-232.
5. Наночастицы в конденсированных средах / Под ред. П.А. Витязя. Минск, 2008. – 286 с.
6. Суслов А.А., Чижик С.А. Сканирующие зондовые микроскопы // Материалы. Технологии. Инструменты. 1997. Т. 28, № 3. С. 78–89.
7. Кузнецова Т.А., Андреев М.А., Маркова Л.В., Чижик С.А. Применение атомносиловой микроскопии при определении микротвердости тонких покрытий методом склерометрии // Трение и износ. 2007. Т. 28, № 3. С. 276–282.

УДК 502.13

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТОВ  
ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ****В. В. КОВАЛЕВА, В. А. КАЛИНИНА***(Представлено: канд. пед. наук, доц. А. П. МАТЕЛЕНОК)*

*В статье рассмотрены сорбционные материалы, применяемые для очистки от нефтяного загрязнения воды. Дана характеристика выбранных сорбционных материалов, применяемых для очистки от нефтяного загрязнения воды. Представлена модель изменения концентрации нефти в загрязненных водах под действием сорбентов. Приведена математическая модель фильтрации водонефтяной смеси в адсорбционном фильтре.*

Масштабы промышленного загрязнения природных экосистем нефтью и нефтепродуктами продолжают увеличиваться во всем мире. Главным фактором, влияющим на увеличение этих масштабов, является дисбаланс между бурным ростом всех отраслей современной промышленности и совершенствованием технологий очистки воды от нефтяных загрязнений. В настоящее время для очистки воды от нефтяных загрязнений разработаны различные по технологии методы и регулярно внедряются новые. В первую очередь следует использовать для этих целей наиболее экологические и безопасные способы, не забывая об эффективности и финансовых затратах. В данной работе рассмотрены сорбционные материалы, применяемые для очистки от нефтяного загрязнения воды, представлена математическая модель изменения концентрации нефти в загрязненных водах под действием сорбентов.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной, химической, нефтехимической, текстильной и других отраслей промышленности. Сорбционная очистка может применяться самостоятельно и совместно с биологической, как метод предварительной и глубокой очистки. Преимуществами этого метода являются возможность поглощения веществ из многокомпонентных смесей и высокая степень очистки, особенно слабо концентрированных сточных вод. Сорбционные методы весьма эффективны для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ с их последующей утилизацией и использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Условно сорбенты можно разделить на четыре группы[1]:

1. Сорбенты на основе растительных остатков (отруби различных злаков и гречихи, торф, лузга от подсолнечных семечек, древесные опилки и т. п.).
2. Сорбенты на синтетической основе изготовлены на основе полиуретана, полиэтилена, полипропилена, карбамидоформальдегидных смол и т. д.
3. Углеродные сорбенты используются в качестве фильтра для очистки воды от нефти и нефтепродуктов.
4. Сорбенты на основе природных пористых минералов (вермикулит, перлит). Эта группа может быть поделена еще на две подгруппы: гидрофибрированные и негидрофибрированные.

Основные преимущества сорбента: отсутствие десорбции; возможность применения на воде и суше; высокая степень очистки; высокая скорость и большой объем впитывания; универсальность (более 85 абсорбируемых веществ); неабразивность сорбента; изолирование летучих горючих паров (подавление паров 90 % и более); удобный при транспортировке и применении; не требует специальной подготовки и оборудования при применении и сборе; доступная цена.

При разработке требований к характеристикам фильтрующего оборудования зачастую приходится проводить многочисленные модельные эксперименты. В настоящее время реальные испытательные стенды все чаще заменяются виртуальными. Первым шагом на пути к этому является создание математической модели процесса фильтрации эмульсии сквозь слой сорбента.

Можно выделить следующие основные процессы, протекающие внутри адсорбционного фильтра:

1. Гидродинамический процесс фильтрации жидкости сквозь пористую среду;
2. Физико-химический процесс адсорбции капель дисперсной фазы на поверхности пористого материала;
3. Коалесценция микрокапель дисперсной фазы на поверхности пористого материала.

Первый из этих процессов достаточно хорошо изучен и сначала 50х годов двадцатого века для описания моделей фильтрации грунтовых вод и нефти. Фильтрация жидкости сквозь пористую среду описывается в литературе обобщенным законом Дарси[2]:

$$u_i = \frac{K}{\mu_i} \text{grad}P,$$

где  $u_i$  - линейная скорость фильтрации  $i$ -фазы;

$K$  - проницаемость среды;

$\mu_i$  - вязкость  $i$ -фазы;

$gradP$  - градиент давлений по трем направлениям  $x, y, z$ .

Уравнение массопереноса в жидких средах выводится из первого закона Фика о сохранении массы. В общем случае оно выглядит так:

$$v \frac{\partial c}{\partial x} + \varepsilon \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial a}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_i \frac{\partial c}{\partial x} \right),$$

где  $c(x, t)$  - средняя концентрация в подвижной фазе (на единицу объема этой фазы);

$a(x, t)$  - средняя концентрация сорбата (на единицу объема слоя);

$D_i$  - коэффициент диффузии;

$\varepsilon$  - пористость;

$x$  - длина;

$t$  - время.

Здесь первое слагаемое учитывает влияние скорости фильтрации на концентрацию дисперсной фазы; второе - массоперенос в порах; третье - скорость перехода массы сорбируемой компоненты из жидкой фазы на твердую поверхность; четвертое - массоперенос в результате конвективной и капиллярной диффузии.

Величина поглощенного объема нефти определяется зависимостью Лэнгмюра:

$$a = \frac{A_M bc}{1 + bc}$$

где  $A_M$  - емкость монослоя;  $b$  - константа;

или Фрейндлиха:

$$a = kc^n, \text{ где } k \text{ и } n - \text{ константы.}$$

Данную систему уравнений следует дополнить начальными и граничными условиями: непроницаемостью стенок аппарата, пористостью среды, перепадом давлений на входе и выходе из аппарата, исходной концентрацией дисперсной фазы, исходными плотностью и вязкостью жидкости. Таким образом получим математическую модель фильтрации водонефтяной смеси в адсорбционном фильтре.

Своевременная очистка поверхности воды от нефтяных загрязнений позволит снизить величину экологического ущерба при аварийных разливах нефти, которые являются одним из негативных аспектов функционирования современного промышленного производства.

Применение различных сорбционных материалов для борьбы с нефтяными загрязнениями почвы и воды позволяет обеспечить их высокую степень очистки, а рассмотренные математические модели позволяют адекватно описать фильтрацию водонефтяной эмульсии, не стабилизированной ПАВ, и могут быть предложены для описания процессов очистки воды и нефти при ликвидации аварийных разливов нефти.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савенок В. Е., Ковалевская Н. А., Марущак А. С. Технологии улавливания и сбора нефтенасыщенных сорбентов с очищаемых поверхностей // Вестник ВГТУ. 2015. №2 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-ulavlivaniya-i-sbora-neftenasyschennyh-sorbentov-s-ochischaemyh-poverhnostey> (дата обращения: 31.10.2024).
2. Игонина М. В., Васькин С. В. Математические модели фильтрации водонефтяной смеси сквозь слой сорбента // Научные проблемы водного транспорта. 2007. №23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskie-modeli-filtratsii-vodo-neftyanoy-smesi-skvoz-sloy-sorbenta> (дата обращения: 31.10.2024).

УДК 665.777.4

**ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА  
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ****А. В. КОРНЯКОВА, Д. Р. МИРОНЕНКО, А. М. ЕМЕЛЬЯНОВ**  
(Представлено: В. А. ЕМЕЛЬЯНОВА)

*Изучены свойства избыточного активного ила очистных сооружений ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин»». Предложены перспективные пути его переработки.*

**Введение.** При эксплуатации биохимических очистных сооружений образуются крупнотоннажные органоминеральные отходы, одним из которых является избыточный активный ил, утилизация которого является сложной экологической и технологической проблемой [1]. Осадки и илы сточных вод представляют собой бактериологическую и эпидемиологическую опасность. В них встречаются все основные формы бактериальных организмов, в т.ч. возбудители желудочно-кишечных и других заболеваний, большое число гельминтов. Поэтому традиционные методы утилизации осадков, такие как, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений, сброс в природные водоемы, компостирование, захоронение, не всегда эффективны и становятся экологически небезопасными [2].

**Основная часть.** На основе анализа научно-технической информации и зарубежного опыта можно выделить следующие способы переработки и утилизации активного ила:

- депонирование на иловых картах;
- биологическая переработка;
- термические методы;
- другие методы.

В Республике Беларусь основным способом утилизации обезвоженного избыточного активного ила остается его складирование на иловых картах и в илонакопителях, где в течение длительного времени протекает биодegradация отходов. Однако данные методы неэффективны и экологически небезопасны [2].

По этой причине поиск экологически безопасных и экономически выгодных способов утилизации избыточного активного ила на сегодняшний день является актуальной темой.

**Экспериментальная часть.** В качестве объекта исследований использовался избыточный активный ил очистных сооружений ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин»».

На основе проведенных исследований было получено, что избыточный активный ил состоит 7,77% сухого вещества и 92,23% влаги. Основная масса сухого вещества активного ила представляет из себя органическое вещество, состоящая в основном из белков, а также липидов, углеводов, аминокислот. Также в состав избыточного активного ила входят азот, фосфор и калий. Кроме этого, содержатся следующие элементы (в на сухое вещество): 30,25 мг/кг свинца, 1,14 мг/кг кадмия, 352,69 мг/кг марганца, 19,46 мг/кг хрома, 13,04 мг/кг никеля и 156,63 мг/кг цинка. Кислотность исследуемых образцов составила 7,77.

Образец избыточного активного ила был повергнут инфракрасной спектроскопии. Сперва образец высушивался при температуре 105°C в течении 2-х часов. Полученные данные ИК-спектроскопии представлены на рисунке 1.

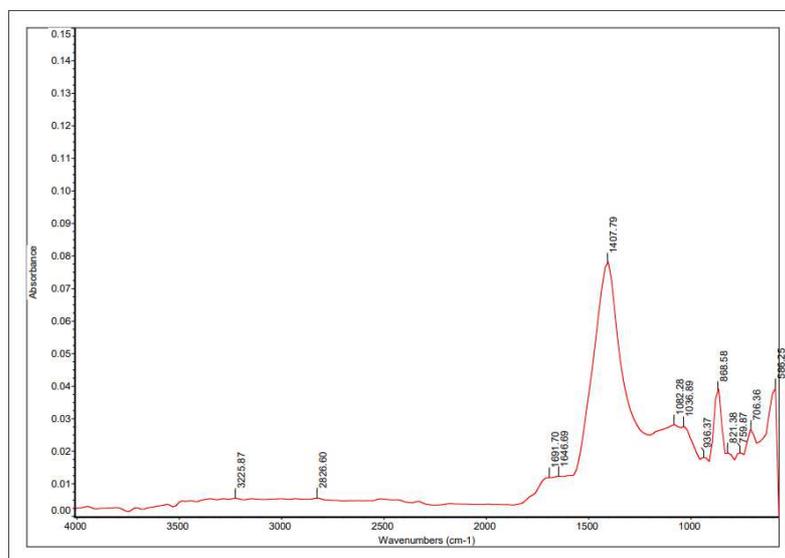


Рисунок 1. – ИК-спектр избыточного активного ила

Как видно в образце больше всего присоединённых  $-\text{CH}_3$  групп:  $\text{N}-\text{CH}_3$  ( $1426 \text{ см}^{-1}$ ),  $\text{O}-\text{CH}_3$  ( $1455 \text{ см}^{-1}$ ) и карбонаты. Также присутствуют алкены (диены) об этом указывает пик  $1637,09 \text{ см}^{-1}$  и ароматические углеводороды (пики  $1034,54-601,86 \text{ см}^{-1}$ ). Спектры  $3270,43 \text{ см}^{-1}$  и  $2923,41 \text{ см}^{-1}$  обозначают наличие аминокислот.

Также для образцов активного ила был проведен термогравиметрический анализ. Данный анализ проводился с помощью термогравиметрического анализатора LR-TGA-101. Во время термогравиметрического анализа температура повышалась со скоростью  $10^\circ\text{C}$  в минуту и устанавливалась на  $900^\circ\text{C}$ . Результаты анализа представлены на рисунке 2.

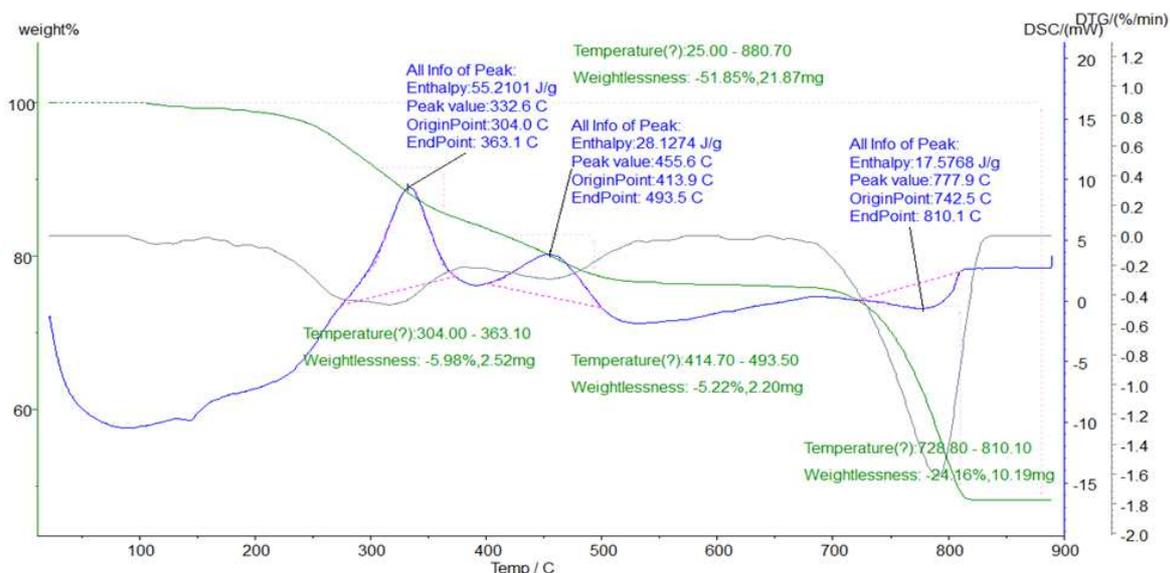


Рисунок 2. – Результаты термогравиметрического анализа активного ила

Можно отметить, что в области от  $200^\circ\text{C}$  до  $850^\circ\text{C}$  наблюдается 3 пика потери массы:

Первый пик: наибольшая удельная энтальпия (экзотермический эффект) для активного ила равен  $332,6^\circ\text{C}$ , относительная энтальпия  $55,2 \text{ Дж/г}$ . Второй пик: экзотермический эффект для ила равен  $455,6^\circ\text{C}$ , относительная энтальпия  $26,1 \text{ Дж/г}$ . Третий пик: эндотермический эффект для активного ила равен  $777,9^\circ\text{C}$ , относительная энтальпия  $17,6 \text{ Дж/г}$ .

Микробиологический анализ избыточного активного ила производится методом счета колоний (чашечным методом). Этот метод заключается в посеве определенного количества исследуемой суспензии на твердые питательные среды и подсчете выросших колоний. Твердые питательные среды готовят прибавлением 2–4%-ного агара к жидкой питательной среде. Для выборочного подсчета колоний на дно чашки Петри с исследуемой культурой наносится разметка в виде секторов круга или сетки. При таком методе подсчета число колоний в одном секторе умножают на общее число секторов, получая тем самым общее количество колоний в чашке. При подсчете колоний в образце избыточного активного ила было насчитано около тридцати колоний.

Анализ удельной поверхности и порометрия приведен в таблице 1. Данные получены путем обработки изотерм адсорбции при помощи аналитического программного обеспечения BELMaster™ компании MicrotracBEL Corp. (Япония).

Таблица 1. – Характеристики поверхности и пор образцов (адсорбтив  $\text{CO}_2$  при температуре  $298 \text{ K}$ )

Показатель	Значения
Удельная площадь поверхности по методу BET, $\text{м}^2/\text{г}$	0,1012
Суммарный объем пор по методу BET, $\text{мм}^3/\text{г}$	$2,53 \cdot 10^{-4}$
Константа С	78,306
Средний диаметр пор по методу BET, нм	0,01
Удельная площадь поверхности по методу Ленгмюра, $\text{м}^2/\text{г}$	0,5624
Константа адсорбционного равновесия – отношение констант скорости адсорбции/десорбции	0,8342
Потенциальная энергия адсорбции по методу DA (метод Дубинина-Астахова), $\text{Дж/моль}$	2,356

Как видно из представленных данных, активный ил, просушенный при 105°C полярное непористое вещество.

**Вывод.** Исследование различных стратегий использования, включая применение в сельском хозяйстве, восстановление энергии и промышленное использование, выявило потенциал отходов как ценного ресурса, а не просто отхода. Согласно полученным данным, перспективными способами утилизации избыточного активного ила является его переработка путем дальнейшего его использования в качестве компонента твердых топлив или сорбентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экологически безопасный способ утилизации осадков сточных вод биохимических очистных сооружений с получением углеродсодержащих сорбционных материалов / Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, М.С. Дьяков, М.Б. Ходяшев // Вода: химия и экология. -2011. - № 3. - С. 14-24.
2. Путырская, Е.А. Анализ методов утилизации активного ила при очистке сточных вод / Е.А. Путырская, 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.

УДК 622.692:4.07:620.197.6

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ БИТУМНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ****М. Н. ЛЕСНИНА***(Представлено: А. Д. КОНДРАТЮК)*

*В статье были рассмотрены свойства битумных изоляционных покрытий, свойства битумов, содержащихся в них и возможное изменение этих свойств с течением времени. Был сделан вывод о влиянии состава битума изоляционного покрытия на адгезию и когезию покрытия.*

**Введение.** В соответствии с требованиями к изоляционным покрытиям определяются свойства составных частей изоляции. Основная часть битумной изоляции трубопроводов — это битум, о его свойствах и пойдет речь в этой статье. Согласно учебно-производственному изданию А.А. Иноземцева «Битумно-минеральные материалы» [1] свойства битума зависят от его реологического типа.

**Основная часть.** Свойства битумных покрытий меняются в течение службы битумно-минерального материала, приближаясь к свойствам смеси с исходным битумом. Битумно-минеральный материал состоит из минерального скелета, слагаемого частицами различной степени дисперсности и заполняющего поры битума. Частицы менее 1 мм образуют фракцию, называемую минеральным наполнителем. Битум, выполняющий роль органического вяжущего материала, добывается из нефти в результате удаления из нее более легких фракций и представляет смесь углеводородов и их производных, полностью растворимых в сероуглероде.

В 1967 г. А.С. Колбановская [2] пришла к выводу о возможности выделить три типа битумов по содержанию в них основных структурообразующих компонентов – асфальтенов, смол и масел, независимо от природы нефти, качества исходных нефтяных фракций и технологии получения:

1. Битумы, содержащие более 25% асфальтенов, менее 24% смол и более 50% масел. Ползучесть у таких битумов сменяется ньютоновским течением в интервале температуры 80-90°.

2. Битумы, содержащие менее 18% асфальтенов, смол более 36% и масел менее 48%. Ньютоновское течение у этого типа наблюдается при температуре 40-50°.

3. Битумы, содержащие 21-23% асфальтенов, 30-34% смол и 45-50% масел. Ньютоновское течение наблюдается в температурном интервале 70-80°.

Нормальная мастика содержит битум и порошкообразный минеральный наполнитель (порошок). Минеральных зерен до 5 мм.

Битумно-минеральные материалы в связи с содержанием в них битума отличаются ярко выраженной ползучестью, т.е. способностью деформироваться во времени при постоянном напряжении. Если напряжение достаточно мало, скорость деформации постепенно уменьшается, и в конечном итоге ползучесть может прекратиться, а общая деформация – достигнуть своего равновесного значения. При более высоких напряжениях скорость деформации в начале убывает, а затем вновь возрастает. В этом случае процесс ползучести обычно заканчивается нарушением сплошности (разрушением) материала, которое наступает тем раньше, чем больше действующее напряжение.

В процессе окисления обеднение сырья водородом протекает вследствие не только прямой дегидрогенизации циклогексановых колец до бензолных и конденсации последних с образованием полициклических ароматических структур, но и обрыва алкильных и циклоалкильных заместителей в ароматических ядрах асфальтенов. В результате при глубоком окислении при высоких температурах молекулы асфальтенов уменьшаются, а сами они теряют свою гибкость, подвижность и рыхлость, их растворимость ухудшается; они приобретают компактность и жесткость трехмерных структур. Из-за этого вторичные асфальтены, выделившиеся из окисленных битумов, характеризуются большей хрупкостью, что может привести к уменьшению адгезии из-за деградации структуры битума, однако при измерениях может наблюдаться ее повышение, так как при проведении испытания разрушения изоляции, в зависимости от деградации битума в составе изоляционного покрытия, будут иметь все менее адгезионный и все более когезионный характер.

Конечно, срок службы изоляционного покрытия можно увеличить, используя определенные методы. Например, проводя электрохимическую защиту. Однако благодаря такому методу изоляционному покрытию нельзя максимально продлить срок службы, так как этот метод очень энергозатратен.

Так же стоит упомянуть про такую активную защиту как катодный потенциал. На участках, где покрытие разрушено, защита не уменьшается за счет отрицательного потенциала «труба-земля». Если защитный потенциал находится в нормативных рамках [3], то вся совокупность дефектов считается допустимой и неопасной. Но такой способ экономически не выгоден, так как потенциал «труба-земля» контролируют на протяжении всего трубопровода.

Битум обладает отличными адгезионными свойствами, что позволяет ему хорошо сцепляться с поверхностью труб. Это предотвращает проникновение влаги и других агрессивных веществ, что особенно важно для защиты от коррозии. Хорошая адгезия обеспечивает долговечность покрытия и его устойчивость к механическим повреждениям.

Когезия относится к внутренней прочности самого материала покрытия. Битум, благодаря своей вязкой природе, способствует образованию прочной структуры, что позволяет покрытию сохранять целостность при изменении температуры и механических нагрузках. Это важно для предотвращения трещин и разрушений в покрытии.

**Вывод.** Таким образом, битум и его свойства зависят от состава. А также битум обеспечивает как хорошую адгезию к трубам, так и высокую когезию внутри самого покрытия, что в итоге повышает эффективность изоляции и защиту труб от внешних воздействий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иноземцев А.А. Битумно-минеральные материалы. Ленинград 1972. С. 20-21
2. Колбановская А.С. Исследование дисперсных структур в нефтяных битумах с целью получения оптимального материала для дорожного строительства, 1967
3. Глазов, Н.П. и др. Методы контроля и измерений при защите подземных сооружений от коррозии. – М. Недра, 1978. — 216 с

УДК 614.842.61:66.076

**БИТУМНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ.  
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БИТУМНЫМ ИЗОЛЯЦИОННЫМ ПОКРЫТИЯМ****М. Н. ЛЕСНИНА***(Представлено: А. Д. КОНДРАТЮК)*

*В данной статье было рассмотрено битумное изоляционное покрытие, требования, предъявляемые к изоляционным покрытиям, а также преимущества и недостатки битумных изоляционных покрытий в сравнении с другими изоляционными покрытиями.*

**Введение.** На протяжении всего времени существования трубопроводов имеется глобальная проблема: коррозия трубопроводов для технологической жидкости. Решение у такой проблемы одно: изолирование трубопроводов. Самой распространенной изоляцией в данный момент времени является битумно-мастичная.

**Основная часть.** Битумные мастики в зависимости от природы наполнителя, используемого при их изготовлении, можно подразделить на битумно-резиновые, битумно-полимерные и битумно-минеральные. Битумные мастики рекомендуется применять для изоляции стальных трубопроводов диаметром не более 820 мм с температурой транспортируемого продукта не выше 40 °С.

При нанесении битумных покрытий исходный нефтяной битум оказывается негодным из-за его малой вязкости в расплавленном состоянии, невысокой температуры размягчения и низкой механической прочности, поэтому в качестве защитных покрытий используются битумные мастики (битум и наполнитель), имеющие повышенную вязкость в расплавленном состоянии, механическую прочность и температуру размягчения.

Для повышения структурной прочности и вязкости в состав битумов входят специальные активные вещества – наполнители, частицы которых являются как бы центром структурообразования и придают материалу определенные свойства. Различают следующие виды наполнителей:

- минеральные: тонкомолотые горные породы (доломитизированный известняк средней плотности, доломит), асбест 6 и 7-го сортов сухой распушки;
- органические: резиновая крошка;
- полимерные: полиэтилен порошкообразный нестабилизированный, атактический полипропилен и др.

Один из методов получения изоляционного материала с заданными свойствами – это пластификация, т.е. введение в битум веществ, химически не взаимодействующих с ним, но образующих однородную систему. Основное назначение пластификаторов – повысить пластичность изоляционных материалов для нанесения их при температуре до – 25 °С. Пластификаторы считаются эффективными, если при введении их в битум, наряду с приданием мастике упругоэластичных свойств, наблюдается наименьшее снижение вязкости и температуры размягчения.

Лучшими пластификаторами являются полимерные продукты – полиизобулен и полидиен.

Изоляция труб начинается с нанесения грунтовки. Назначение грунтовок – обеспечение необходимой адгезии между металлом и основным слоем битумного покрытия. Чтобы улучшить адгезию, на поверхность металла предварительно наносят слой грунтовки, которая, имея жидкую консистенцию и будучи холодной, целиком заполняет все неровности. На высушенную грунтовку наносят первый слой битумной мастики, которая, расплавив слой грунтовки, плотно соединяется с ней, а, следовательно, и с поверхностью металла.

Битумная мастика может приготавливаться в заводских условиях и непосредственно на трассе строящегося трубопровода в битумоплавильных установках. Для предупреждения коксования битумные мастики в процессе изготовления или разогрева следует держать при температуре 180 – 190 °С не более 1 часа, 160 – 170 °С – не более 3 часов.

Изоляционные покрытия, как правило, наносят на сухую грунтовку. В отдельных случаях допускается нанесение битумной мастики на не совсем высохшую грунтовку. Не допускается нанесение изоляционных покрытий при снегопаде, дожде, тумане, сильном ветре или пыли.

При отсутствии заводской мастики ее готовят из строительного нефтяного битума или из нефтяного битума для изоляции нефтегазопроводов. В качестве наполнителя применяется резиновая крошка, представляющая порошкообразную резину, получаемую путем дробления старых, пришедших в негодность автомобильных покрышек с крупностью частиц не более 1 мм.

Бризол – это битумно-резиновый рулонный материал, изготавливаемый в основном из битума с добавлением рубрака и резиновой крошки.

Нормативные требования, предъявляемые к покрытиям для изоляции подземных трубопроводов, предъявляются следующие требования [1]:

- сплошность, обеспечивающая надежность покрытия (в противном случае оголяется поверхность трубопровода и возникают коррозионные элементы);
- водонепроницаемость, обеспечивающая невозможность насыщения пор покрытия почвенной влагой, что устраняет контакт электролита с металлом;
- прилипаемость (адгезия) покрытия к металлу – один из основных показателей качества изоляционного покрытия (при нарушении адгезии снижается сопротивляемость покрытия механическим воздействиям, а также проникновению под него электролита);
- химическая стойкость, обеспечивающая длительную работу покрытия в условиях наиболее агрессивных грунтов;
- электрохимическая нейтральность – отдельные составляющие покрытия не должны участвовать в катодном процессе, в противном случае это может привести к разрушению изоляции трубопровода при электрохимической защите;
- механическая прочность, достаточная для проведения изоляционно-укладочных работ на трассе трубопровода;
- термостойкость, определяемая необходимой температурой размягчения, что важно для изоляции «горячих» трубопроводов, и температурой наступления хрупкости, что важно при проведении изоляционных работ в зимнее время;
- диэлектрические свойства, определяющие сопротивление возникновению коррозионных элементов на поверхности трубопровода и обуславливающие экономический эффект от применения электрохимзащиты;
- возможность механизации нанесения изоляционного покрытия;
- не дефицитность;
- экономичность.

Также согласно ГОСТ 30693-2000 [2] необходимо проводить испытания на термостойкость и морозостойкость, чтобы изоляционное покрытие было устойчиво к температурным колебаниям.

Адгезия битума к различным материалам является важным показателем его эффективности. Именно поэтому требования к адгезионным свойствам указаны в СНИП 3.04.01-87 [3].

Изоляционное покрытие также взаимодействует с веществами рядом, поэтому очень важно учитывать устойчивость битумного покрытия к воздействиям различных химических веществ. Особенно важен этот фактор для объектов, находящихся в агрессивной среде. Именно поэтому пользуются нормативным документом ГОСТ 9.032-74 [4].

Одним из эксплуатационных требований является прочность на сжатие: необходима высокая прочность на сжатие для защиты покрытия от механических повреждений.

Битумное изоляционное покрытие имеет один существенный недостаток – это сложность автоматизации его нанесения, однако несмотря на это технология нанесения битумной изоляции не позволяет образовываться влаге между поверхностью трубопровода и изоляционным покрытием, это позволяет битумному изоляционному покрытию лучше выполнять свою функцию.

**Вывод.** Таким образом, к нанесению битумной изоляции стоит учитывать множество факторов, которые могут повлиять на срок службы, а также можно сказать, что битумная изоляция прочнее других, так как противостояние к коррозии у этого вида изоляции больше.

#### 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»

УДК 665.7.038.5

## АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПАКЕТА ПРИСАДОК МОДЕЛЬНОГО СОСТАВА

Н. А. СОВЕТНИКОВ, А. В. СИВИЦКАЯ, Г. АННАЕВ

(Представлено: канд. технических наук, доцент А. А. ЕРМАК)

*Статья посвящена проблеме приготовления пакетов присадок к базовым маслам, позволяющих повысить эксплуатационные свойства последних, в частности их антикоррозионную эффективность. Представлены результаты исследования антикоррозионной эффективности модельных образцов пакетов присадок, отличающихся последовательностью введения компонентов при их приготовлении. Изучено влияние образцов модельного пакета присадок на характеристики раздела фаз твердое тело/жидкость.*

**Введение.** Для получения товарных масел с высокими эксплуатационными показателями требуются в первую очередь подбор высококачественного сырья и усовершенствование технологии. Однако коренное решение проблемы невозможно без применения присадок. Это наиболее эффективный и экономически выгодный способ получения высококачественных масел [1]. Пакеты присадок обеспечивают требования, которые определяются для смазочных масел: смазывание все деталей, узлов и агрегатов двигателя; служить охлаждающим агентом двигателя; обладать моющим действием, удалять из двигателя образовавшиеся загрязнения и отложения [2].

**Основная часть.** В состав пакетов присадок к смазочным маслам могут входить различные компоненты: минеральное или синтетическое базовое масло, моюще-диспергирующие присадки, ингибиторы окисления и коррозии, модификаторы вязкости и трения, пеногасители, противозносные и депрессорные присадки [3]. Показатели качества пакета присадок и эксплуатационные свойства масел, получаемых с его использованием, зависят не только от качества базового масла, соотношения и набора присадок в пакете, но и от способа его получения, в частности последовательности введения компонентов в пакет присадок.

Целью настоящей работы является изучение влияния последовательности ввода компонентов в модельный пакет присадок на его антикоррозионную активность в базовом масле.

**Экспериментальная часть.** В качестве объекта исследований использован модельный состав пакета присадок с различной последовательностью ввода компонентов в его состав (таблица 1).

Таблица 1. – Последовательность ввода компонентов в модельный состав присадок

Образец №1	Образец №2	Образец №3
1. Базовое масло	1. Базовое масло	1. Базовое масло
2. Сукцинимидная присадка	2. Сукцинимидная присадка	2. Сукцинимидная присадка
3. Антиокислительная присадка	3. Антиокислительная присадка	3. Антиокислительная присадка
4. Низкощелочная сульфонатная присадка	4. Фенолятная присадка	4. Высокощелочная сульфонатная присадка
5. Высокощелочная сульфонатная присадка	5. Высокощелочная сульфонатная присадка	5. Фенолятная присадка
6. Фенолятная присадка	6. Низкощелочная сульфонатная присадка	6. Низкощелочная сульфонатная присадка

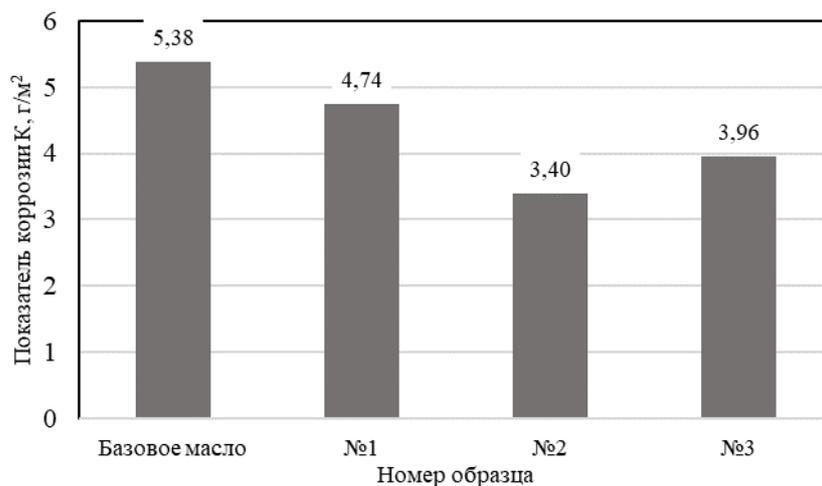
Технология приготовления и компонентный состав всех образцов модельного пакета присадок идентичны.

Антикоррозионные свойства исследуемых образцов пакетов присадок определялись по ГОСТ 9.054 (метод 4) [4]. *Сущность метода* – выдерживание консервационных материалов, нанесенных на металлические пластинки, в растворе электролита. Антикоррозионные свойства образцов модельного пакета присадок оценивались для 5% масс. растворов в базовом масле.

Для проведения испытания использовались пластинки из стали, имеющей следующий химический состав (определен методом оптико-эмиссионной спектрометрии) в % масс.: железо – 99,1; углерод – 0,156; сера – 0,0242; мышьяк – 0,0153; кобальт – 0,0102; медь – 0,0091; титан – 0,0022; другие примеси – 0,683.

Оценка антикоррозионной активности образцов пакета присадок проводилась по показателю коррозии  $K$ , характеризующему, изменение массы единицы площади стальной пластинки за время испытаний.

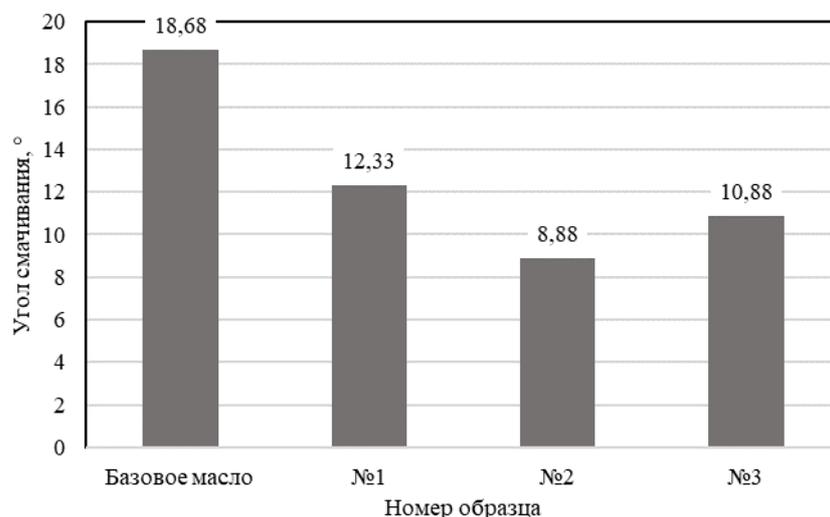
Влияние образцов пакета присадок в базовом масле на показатель коррозии ( $K$ , г/м<sup>2</sup>) стальных пластинок представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Влияние образцов пакета присадок в базовом масле на показатель коррозии (К, г/м<sup>2</sup>) стальных пластинок**

Установлено, что наилучшая антикоррозионная активность наблюдается у пластинки обработанной образцом №2. Самую низкую защитную способность показал образец №1. Однако защитные свойства всех образцов модельного пакета присадок выше, чем у базового масла без добавления присадок. Таким образом, антикоррозионная активность модельного состава присадок возрастает если при приготовлении пакета присадок низкощелочная сульфонатная присадка вводится последней. Это связано с тем, что эффективность защитного действия ингибирующих составов возрастает с уменьшением щелочного числа сульфонатной присадки [5]. При введении низкощелочной сульфонатной присадки в пакет последней она в меньшей степени блокируется компонентами других присадок. Поэтому проявляет большую антикоррозионную активность.

Для оценки влияния образцов модельного пакета присадок на характеристики раздела фаз твердое тело/жидкость, были определены углы смачивания поверхности стальной пластинки базовым маслом и введенных в него образцов модельного пакета присадок (рис. 2).



**Рисунок 2. – Угол смачивания стальных пластинок базовым маслом и образцами, содержащими 5% масс. образцов модельного пакета присадок в базовом масле (при 20 °С)**

Установлено, что наименьший угол смачивания стальной пластинки наблюдается при добавлении в базовое масло образца модельного пакета присадок №2. Наибольший угол смачивания наблюдается у базового масла без добавления присадок. Это объясняется тем, что при добавлении пакета присадок вещества, содержащиеся в нем, обладают поверхностно-активными свойствами, изменяют поверхностные свойства масла, делая его более склонным к смачиванию поверхности стальной пластинки.

**Вывод.** Согласно полученным данным, последовательность ввода компонентов в процессе приготoвления пакетов присадок оказывает существенное влияние на его антикоррозионную активность. При введении в пакет присадок низкощелочной сульфонатной присадки последней антикоррозионная активность пакета увеличивается. При этом наблюдается улучшение смачивания защищаемой поверхности раствором пакета присадки в базовом масле.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кулиев, А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам / А.М. Кулиев. - 2-е изд., перераб. - Л.: Химия, 1985 - 312 с.
2. Simon A.G. Watson. Lubricant-Derived Ash – In-Engine Sources and Opportunities for Reduction. Massachusetts Institute of Technology, 2010 – 235 p.
3. Low base number sulphonates. Patent EP 0 875 502 B1 (DE FR GB IT), C07C 303/32, C10M 159/24/ J.A. Didcot, K.E. Hanney, Ch.H. Faringdon; Representative: Mansell, Keith Rodney et al Infineum UK Ltd, Law Department, Milton Hill, PO Box 1Abingdon, Oxfordshire OX13 6BB (GB) – Application number: № 98201156.1; Date of publication of application: 04.11.1998. Bulletin 1998/45; Date of publication and mention of the grant of the patent: 04.01.2006 Bulletin 2006/01
4. Консервационные масла, смазки и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы. Методы ускоренных испытаний защитной способности: ГОСТ 9.054-75.– Введ. 17.07.76 – М: Изд-во стандартов, 1975. – 11 с.
5. Аннаев, Г. Антикоррозионные свойства сульфонатных присадок / Г. Аннаев, А.А. Ермак, Н.А. Советников, Б.М. Маммедов. – Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – №1, 2024. – С. 107-111. <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2024-49-1-107-111>

УДК 658.567.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШЛАМОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ ПРИСАДОК

Е. А. СТЕЛЬМАХ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Ю. А. БУЛАВКА)

В статье представлены результаты комплексного анализа структурно-группового состава шламов, образующихся при синтезе моюще-диспергирующих присадок сульфатного типа в ООО «ЭддиТек», определены возможные пути его рационального использования в производстве битумных материалов.

В производствах сульфатных присадок к смазочным маслам образуется тысячи тонн шлама, представляющего собой мелкодисперсную систему с плотностью 920...1200 кг/м<sup>3</sup> от светло-коричневого до черного цвета, содержащую присадку (до 30% масс.), сульфат кальция (до 30% масс.), карбонат кальция (до 40% масс.), гидроксид кальция (до 3% масс.) и воду. Только на трех нефтеперерабатывающих заводах (Новокуйбышевском, Уфимском и Омском) шлам образуется в объемах более 50 тыс. т/год и является многотоннажным отходом [1-3].

В качестве объекта исследования выбран шлам, образующихся при синтезе моюще-диспергирующих присадок сульфатного типа выпускаемый ООО «ЭддиТек» под маркой «концентрат кальциевых соединений» (ККС) согласно ТУ ВУ 390401182.046-2016. Концентрат кальциевых соединений может применяться в качестве компонента для производства дорожных герметизирующих и гидроизоляционных мастик, модифицированных битумов и асфальтобетонных смесей на их основе, а также наплавливаемых кровельных материалов. Нормативные требования к концентрату кальциевых соединений ООО «ЭддиТек» приведены в таблице 1.

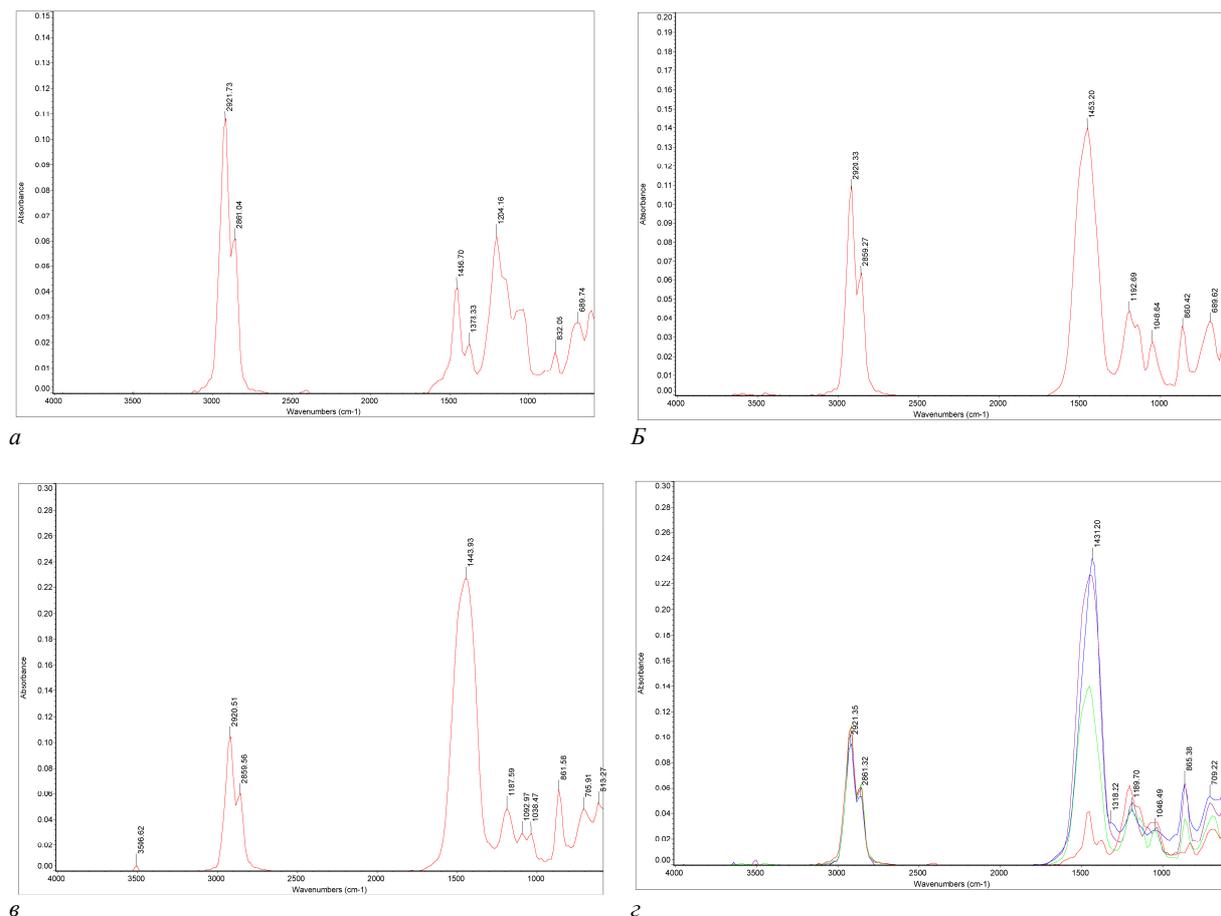
Таблица 1. – Нормативные требования к концентрату кальциевых соединений ООО «ЭддиТек»

Показатели	Минимум	Типовое значение	Максимум
Температура вспышки в открытом тигле, °С	150	165	-
Вязкость условная при 80 °С, с	-	55	-
Массовая доля воды, %	-	0,30	0,40

Для исследования использовали три моюще-диспергирующих присадки сульфатного типа выпускаемых в ООО «ЭддиТек»: **НССК-30** (производимая по ТУ ВУ 390401182-022-2011), представляющая собой растворенный нейтральный синтетический сульфат кальция (на основе ДАБСК) в минеральном масле; **С-150** (производимая по ТУ ВУ 38.101685-84) представляющая собой растворенный среднещелочной синтетический сульфат кальция в минеральном масле; **ССК-400** (производимая по ТУ ВУ 390401182.022-2011), представляющая собой растворенный высокощелочной синтетический сульфат кальция (на основе АБСК) в минеральном масле.

Молекулярное строение образцов моюще-диспергирующих присадок сульфатного типа, выпускаемых в ООО «ЭддиТек», а также шламов, образующихся при их синтезе изучали при помощи ИК-спектрометра Фурье Кауспан. ИК – спектры исследуемых образцов приведены на рисунке 1.

По результатам ИК-спектральных исследований присадок и шлама получены следующие сведения об их структурно-групповом составе: полосы поглощения при частотах 2921 и 2861 см<sup>-1</sup> указывают на симметричные и асимметричные валентные колебания СН<sub>2</sub>- и СН<sub>3</sub>-групп, что характерно для алканов; полоса поглощения при частоте 1431 см<sup>-1</sup> – ножничные деформационные колебания –СН<sub>3</sub>- и асимметричные деформационные колебания связей С-Н ароматического ряда; полоса поглощения при частоте – 1318 см<sup>-1</sup> – деформационные колебания –СН<sub>3</sub>- и деформационные колебания связей С-Н в концевой группе S-СН<sub>3</sub>; полосы поглощения при частотах 1190 см<sup>-1</sup> и – 1047 см<sup>-1</sup> – валентные колебания связи С–О (признак сульфокислоты); полоса поглощения при частоте – 865 см<sup>-1</sup> – деформационные колебания связей С-Н ароматического ряда; полоса поглощения при частоте – 709 см<sup>-1</sup> – деформационные колебания связей С-Н в концевой метиленовой группе НС=СR'Н дис-. Наличие карбоната кальция, имеющего некристаллическую (аморфную) структуру, подтверждается полосой поглощения 860 см<sup>-1</sup>, характерный для аморфного СаСО<sub>3</sub>. В целом, результаты анализа структурно-группового состава моюще-диспергирующих присадок и шламов подтверждают их базовый состав – ароматические углеводороды, сульфаты, сульфат и карбонат кальция.



*а* - присадка *НССК-30*; *б* - присадка *С-150*; *в* - присадка *ССК400*; *г* - шламы *ККС*

**Рисунок 1. – ИК – спектры образцов**

Выполненный анализ динамики изменения физико-химических свойств (температуры вспышки в открытом тигле, условной вязкости и массовой доли воды) шламов, образующихся при синтезе моюще-диспергирующих присадок сульфонатного типа (ККС) в ООО «ЭддиТек» позволил установить следующее:

1. Результаты анализа динамики изменения температуры вспышки в открытом тигле ККС в зависимости от выпускаемой партии за полуторагодовой период наблюдения показали, что в целом качество продукта по данному показателю поддерживается на стабильном уровне с температуры вспышки в открытом тигле выше 150 °С, однако регистрируется периоды (около 30% анализируемых проб) с выпуском брака обусловленные недостаточной отпаркой растворителя (толуола).

2. Результаты анализа динамика изменения условной вязкости при 80 °С ККС в зависимости от выпускаемой партии за полуторагодовой период наблюдения показали, что исследуемый параметр изменяется в достаточно широких пределах от 12 до 240 с, что обусловлено различным остаточным содержанием присадки и растворителя.

3. Результаты анализа динамика изменения массовой доли воды в ККС в зависимости от выпускаемой партии за полуторагодовой период наблюдения показали, что исследуемый параметр на стабильном уровне, минимально изменяется в пределах от 0,27 до 0,5 % масс., что обусловлено различной степенью отпарки воды.

В целом, физико-химические свойства ККС поддерживаются на стабильном уровне от партии к партии, однако регистрируется периоды с выпуском брака обусловленные недостаточной отпаркой растворителя (толуола). Данный факт необходимо учитывать при его использовании в составе битумных материалов. Вместе с тем, модифицирование ККС битумных материалов будет способствовать увеличению долговечности, эластичности, окислительной стабильности, теплостойкости товарного продукта за счет высокого остаточного содержания присадки (до 30% масс.), обладающей детергентно-диспергирующими, антиокислительными и нейтрализующими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Анализ физико-химических свойств шламов, образующихся при синтезе моюще-диспергирующих присадок сульфонатного типа Е. А. Стельмах, Т. Л. Беляй, Ю. А. Булавка//Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой [Электронный ресурс]. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2023. – Вып. 50(120). Промышленность. С. 127-130.
- 2 Модифицирование битумных вяжущих отходами нефтехимии/ Булавка Ю.А., Гришанин К.А., Слепенков В.С., Стельмах Е.А.//Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. -2023.- № 2 (48). -С. 75-79.
- 3 Способ рационального использования нефтяных шламов в производстве битумных материалов / Булавка Ю.А., Беляй Т.Л., Стельмах Е.А.//Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов: сб. материалов XI международной заочной научно-практической конференции – Минск: УГЗ, 2024. –С.19-21

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Бородуля Д. А.</b> Система отслеживания источников помех радиосигналов.....	3
<b>Бурдик Е. С.</b> Моделирование модернизированной антенны для передатчика системы противодействия .....	7
<b>Бурдик Е. С.</b> Выбор и оптимизация антенны для передатчика системы противодействия .....	10
<b>Бутько А. И., Изоитко М. В., Малышкин В. А.</b> Реализация аппаратной части программно-аппаратного комплекса по промышленной безопасности.....	13
<b>Бутько А. И., Изоитко М. В., Малышкин В. А.</b> Этапы разработки мобильного приложения с применением технологий дополненной реальности для программно-аппаратного комплекса по промышленной безопасности .....	15
<b>Бутько А. И., Изоитко М. В., Малышкин В. А.</b> Программно-аппаратный комплекс по промышленной безопасности с применением технологий дополненной реальности.....	18
<b>Бутько А. И., Изоитко М. В., Малышкин В. А.</b> Мобильное приложение для управления программно-аппаратным комплексом по промышленной безопасности .....	20
<b>Гарист Е. Ю.</b> Ключевые компетенции для системы тестирования инженерно-технического персонала нефтеперерабатывающих предприятий .....	22
<b>Гарист Е. Ю.</b> Структура тестового пакета для программного комплекса подбора и аттестации персонала в нефтеперерабатывающей отрасли .....	26
<b>Грибанов А. А., Чертков Т. В.</b> Программно-аппаратный комплекс «Вредные привычки» с использованием технологии дополненной реальности .....	29
<b>Грибанов А. А., Чертков Т. В.</b> Алгоритм расчета точек привязки органов для программно-аппаратного комплекса «Вредные привычки» .....	32
<b>Занько Д. М.</b> Исследование методов спектрального мультиплексирования WDM в пассивных оптических сетях.....	35
<b>Змитрович С. Ю.</b> Гальваническая развязка и защита инструментальной автоэлектроники по линии CAN-FD .....	37
<b>Змитрович С. Ю.</b> Коммуникационный интерфейс CAN в сельскохозяйственной автомобильной технике .....	40
<b>Игнатович Э. Д.</b> Алгоритм работы платы усилителя мощности оптического сигнала .....	44
<b>Катушёнков И. В., Макеёнок Д. И.</b> Тестирующий комплекс «Выбор будущей профессии» .....	47
<b>Климентьев В. М., Аврусевич К. Д.</b> Выбор модели нейронной сети для системы распознавания рукописного текста по фото.....	50
<b>Климентьев В. М., Аврусевич К. Д.</b> Применение, преимущества и недостатки моделей нейронных сетей для распознавания рукописного текста по фото .....	52
<b>Климентьев В. М., Аврусевич К. Д.</b> Применение технологий дополненной реальности в области охраны труда и промышленной безопасности нефтеперерабатывающего завода .....	54
<b>Климентьев В. М., Аврусевич К. Д.</b> Сравнительный анализ применения виртуальной реальности и дополненной реальности для повышения безопасности труда на нефтеперерабатывающих заводах .....	56
<b>Ковалевская М. В.</b> Проектирование беспроводной сети .....	58
<b>Ковалевский В. В.</b> Применение современных высокоскоростных беспроводных технологий .....	61
<b>Курохтина А. А.</b> Один случай решения задачи типа Коши для неоднородного дифференциального уравнения дробного порядка .....	64
<b>Ляхова Е. О.</b> Оценка уровня цифровой грамотности населения методом опроса.....	67
<b>Макеёнок Д. И., Катушёнков И. В.</b> Приложение по профориентации для музея .....	72
<b>Ольховская И. М.</b> Использование компьютерного зрения для определения динамики роста кристалла .....	75
<b>Ольховская И. М.</b> Алгоритм цифровой обработки видео для контроля процесса кристаллизации .....	78
<b>Прозоров В. В.</b> Моделирование распределения напряженности электрического поля вдоль поверхности опорного изолятора в приложении FEMM .....	81
<b>Прозоров В. В.</b> Моделирование распределения напряженности электрического поля в изоляции из сшитого полиэтилена одножильного кабеля с дефектами изоляции в приложении FEMM .....	84
<b>Раскин В. И.</b> Исследование комбинационных составляющих диэлектрической проницаемости среды для радиоимпульсного сигнала.....	87

<i>Раскин В. И.</i> Влияние частоты радиоимпульсного сигнала, диэлектрической проницаемости среды на компоненты тензора диэлектрической проницаемости.....	89
<i>Рошупкин Т. А., Шарипа Н. М.</i> Синусоидальная антенна .....	91
<i>Савицкий А. Г.</i> Разработка мобильного приложения для управления лабораторным макетом «Умный дом».....	94
<i>Савицкий А. Г.</i> Создание элементов смарт-систем на примере лабораторного макета умного дома .....	7
<i>Семенец В. Е., Шпаков И. А.</i> Оценка и анализ рисков информационной безопасности ИТ-инфраструктуры организации .....	101
<i>Стотик И. Ю., Маевский Г. М., Савицкий М.</i> Перспективы защиты авторских прав на учебные пособия с помощью блокчейна и NFT .....	104
<i>Судько И. В.</i> Применение тензометрических датчиков в фотополимерных 3D-принтерах .....	107
<i>Судько И. В.</i> Оптимизация процессов 3D-печати при помощи методов компьютерного моделирования и программного обеспечения ANSYS Additive Print .....	109
<i>Сыч А. И., Шмурако М. А., Бурачёнок В. А.</i> Система управления корпоративной парковкой с использованием машинного обучения .....	112
<i>Сыч А. И., Шмурако М. А., Бурачёнок В. А.</i> Особенности реализации базы данных системы управления корпоративной парковкой с использованием машинного обучения .....	116
<i>Тонких А. В.</i> Программно-аппаратный комплекс для мониторинга посещаемости студентов: физический модуль .....	120
<i>Тонких А. В.</i> Программно-аппаратный комплекс для мониторинга посещаемости студентов: серверная часть .....	124
<i>Цыбульский Ф. П.</i> Информационные артефакты цифрового следа в компьютерной системе .....	128
<i>Цыбульский Ф. П.</i> Методы выявления цифрового следа при расследовании киберпреступлений .....	133
<i>Чикалко А. В.</i> Анализ пористости грунта для использования в исследованиях миграции радионуклидов .....	139
<i>Чикалко А. В.</i> Разработка программы для моделирования распространения радионуклидов в почве .....	142
<i>Юрчишко Е. И.</i> Концепция графического интерфейса пользователя для игрового приложения «Little Estate» .....	145
<i>Юрчишко Е. И.</i> Игровое приложение симулятор фермы «Little Estate» .....	149

## **МАШИНОСТРОЕНИЕ**

<i>Беланович Н., Линник Е.</i> Корректирование состава топливовоздушной смеси в бензиновом двигателе .....	154
<i>Беланович Н., Линник Е.</i> Датчики концентрации кислорода: устройство и принцип действия.....	158
<i>Головнева В. В.</i> Методика уравнивания стойкости режущих инструментов при обработке на станках с ЧПУ .....	161
<i>Головнева В. В.</i> Проектирование обработки на станках с ЧПУ. Интеграция CAD/CAM систем .....	163
<i>Листвин И. В., Стрижнев И. С.</i> Применение трёхмерных технологий как альтернативный путь изготовления сложных изделий машиностроительного профиля в условиях внешнеэкономических торговых ограничений.....	166
<i>Семенченко Е. А., Кочанов В. В.</i> Организация управляемых систем и автоматизированного регулирования в автомобилях.....	169
<i>Семенченко Е. А., Кочанов В. В.</i> Моделирование процесса идентификации и ликвидации дефектов автомобильных систем .....	173
<i>Шелепень Д. А.</i> Моделирование удаления связующих для деталей, напечатанных на 3D-принтере с использованием металлополимерного композитного материала.....	176

## **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

<i>Аврамёнок А. Н., Аннаев Г.</i> Синтез и изучение свойств аналога антикоррозионной присадки АКОР-1 .....	179
<i>Зуева А. А.</i> Создание проактивной культуры безопасности на промышленном предприятии посредством внедрения поведенческого аудита безопасности.....	182
<i>Зуева А. А.</i> Формирование корпоративной культуры безопасности на промышленном предприятии .....	185

<i>Зюзенко И. В., Рудак И. С.</i> Исследование топографии поверхности твёрдых материалов методом атомно-силовой микроскопии .....	187
<i>Ковалева В.В., Калинина В.А.</i> Математическая модель применения сорбентов при ликвидации разливов нефтепродуктов.....	193
<i>Корнякова А. В., Мироненко Д. Р., Емельянов А. М.</i> Изучение свойств избыточного активного ила очистных сооружений .....	195
<i>Леснина М. Н.</i> Изменение свойств битумных изоляционных покрытий.....	198
<i>Леснина М. Н.</i> Битумные изоляционные покрытия. Требования, предъявляемые к битумным изоляционным покрытиям .....	200
<i>Советников Н. А., Сивицкая А. В., Аннаев Г.</i> Антикоррозионные свойства пакета присадок модельного состава .....	202
<i>Стельмах Е. А.</i> Исследование структуры шламов, образующихся при производстве моюще-диспергирующих присадок .....	205