

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА

(электроэнергетика, электротехника, теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве)

**XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

23 – 24 апреля 2025 г.

**СБОРНИК ТРУДОВ
ТОМ 1**

СЕКЦИИ 1,2,3,4

**СМОЛЕНСК
2025**

УДК 621.31+621.3+536+621.1+62.003+621.38
И74

Р е ц е н з е н т ы :

Доктор технических наук, профессор Кавченков В.П.

Кандидат технических наук, доцент Рожков В.В.

Кандидат технических наук, доцент Галковский В.А.

Кандидат технических наук, доцент Фомченков В.П.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА (электроэнергетика, электротехника, теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве Сб трудов XXII -ой Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. В 2 т. Т 1. – 2025. – 505 с.

ISBN 978-5-91412-550-6

В сборнике публикуются труды участников Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика», в которых изложены результаты оригинальных научно-технических работ в области электроэнергетики, электротехники, теплоэнергетики, математического моделирования и информационных технологий в производстве.

Издание предназначено для научных работников и преподавателей вузов, магистров и аспирантов, осуществляющих исследования в данных научных областях.

ISBN 978-5-91412-550-6

©Авторы

©«Универсум»

© филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. 2025

СЕКЦИЯ 1 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

*С.Е. Алексеев, асп.; К.Ю. Лебедев асп.; рук С.А. Шунаев, ст. пр.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАСЧЕТ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ ОТКЛЮЧЕННОЙ НАГРУЗКИ В ИЗОЛИРОВАННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С АВТОМАТИКОЙ САОН

В изолированных энергосистемах с ограниченными ресурсами, автоматика САОН (Система Автоматического Отключения Нагрузки) играет ключевую роль в поддержании стабильности энергосистемы в случае дефицита мощности. Однако, помимо нагрузки, подключенной к САОН, в энергосистеме параллельно могут отключаться мощности потребителей от действия различного рода релейных защит. При этом Системный Оператор единой энергосистемы, по прежнему будет интересоваться именно нагрузкой отключенной автоматикой САОН. [1] Определение величины данной нагрузки из общей мощности отключенной нагрузки является отдельной нетривиальной задачей, требующей специального алгоритма расчета. В этой статье рассматривается проблема расчета суммарной мощности отключенной нагрузки, отключенной именно от действия САОН, и предлагается алгоритм для решения этой задачи для последующей реализации при формировании дорасчетного значения в SCADA-системе.

Рассмотрим принцип работы САОН в рамках рассматриваемой энергосистемы. Управляющий вычислительный комплекс (УВК САОН) функционирует как центральное устройство в системе противоаварийного управления, отвечающее за распределение отключаемой нагрузки (РОН) в пределах энергосистемы и выполнение автоматической разгрузки (ДАР). Устройствами, которые инициируют работу УВК САОН в рамках функции РОН, выступают УВК АДВ, установленные на главных энергетических объектах. Указанные устройства подготавливают и передают команды на отключение нагрузки в заданных объемах (ОН-1, ОН-2 ... ОН-10). Например, ОН-1 соответствует уменьшению нагрузки не менее чем на 50 МВт, ОН-2 — на 100 МВт, и так далее, с шагом 50 МВт до ОН-10, что соответствует максимально возможному уменьшению нагрузки на 500 МВт.

Команды на отключение нагрузки передаются от устройств АДВ к УВК САОН посредством каналов связи (высокочастотные каналы и волоконно-оптические линии связи). В доаварийном состоянии УВК САОН использует определённый алгоритм для циклического подбора очередей ОН, сопоставимых с установленными степенями ОН1-ОН10.

Собственно цикл алгоритма формирования ступеней САОН состоит из следующих шагов:

1. Считывание исходных данных:

1.1. Получение информации о мощности и топологическом состоянии каждой очереди отключения

1.2. Мощности подбираемых ступеней САОН.

1.3. Формирование целевой функции:

1.3.1. Настроечные параметры, используемые при вычислении целевой функции, например: приоритеты очередей отключения при привлечении к управлению, стоимость привлечения к управлению очередей отключения.

1.3.3. Ограничения на подбираемую ступень, например, максимально допустимое превышение отключаемой нагрузки заданной ступени.

2. Подбор ступеней САОН в соответствии с выбранным критерием:

2.1. Выбор очередной ступени.

2.1.1. Итерационный перебор сочетаний очередей отключения с выполнением в самом «глубоком» вложенном цикле следующих операций:

2.1.1.1 Для рассматриваемого набора очередей определяется значение целевой функции.

2.1.1.2 Рассчитанное значение сопоставляется с используемыми граничными значениями и предшествующим «субоптимальным» значением. В качестве нового «субоптимального» значения принимается рассчитанное, если оно наилучшим образом вписывается в установленные ограничения, в противном случае «субоптимальное» значение не изменяется

2.1.1.3 Аналогичная проверка производится для каждой очереди.

2.1.2. Подобранные очереди отключения для ступени САОН запоминаются и исключаются из дальнейшего рассмотрения.

3. Результаты фиксируются в выходных таблицах данных для последующей синхронизации выбранных ступеней между устройствами. А также настраиваются блоки, в которых формируются сигналы управляющего воздействия.

4. Занесение всех операций в протокол.

5. При необходимости алгоритм циклически повторяется (п. 1.)

При получении сигналов от УВК АДВ, УВК САОН вырабатывает и отправляет индивидуальные команды ОН к конкретным объектам через каналы связи. Ресурсами управления являются определённые потребительские нагрузки на различных объектах энергосистемы, где организовано несколько независимых очередей для отключения нагрузки. Исполнительные устройства, расположенные на этих объектах, принимают команды и осуществляют соответствующие отключения.

Алгоритм УВК САОН учитывает информацию о готовности каждого исполнительного устройства к работе, что позволяет корректировать объёмы доступных очередей отключения. Мощность нагрузок для этих устройств задается вручную при настройке системы.

Для реализации функции ДАР, УВК САОН использует сигналы об аварийных отключениях на определённых линиях электропередачи и сигналы о разрывах связи. Помимо аварийных сигналов, в систему поступают данные о те-

кущем состоянии линий и перетоках мощности. Все воздействия в рамках ДАР контролируются с учётом загрузки управляемых сечений.

На основании анализа работы САОН разработан алгоритм вычисления дорасчетного значения мощности применимый для реализации в прикладном программном обеспечении (рис. 1).

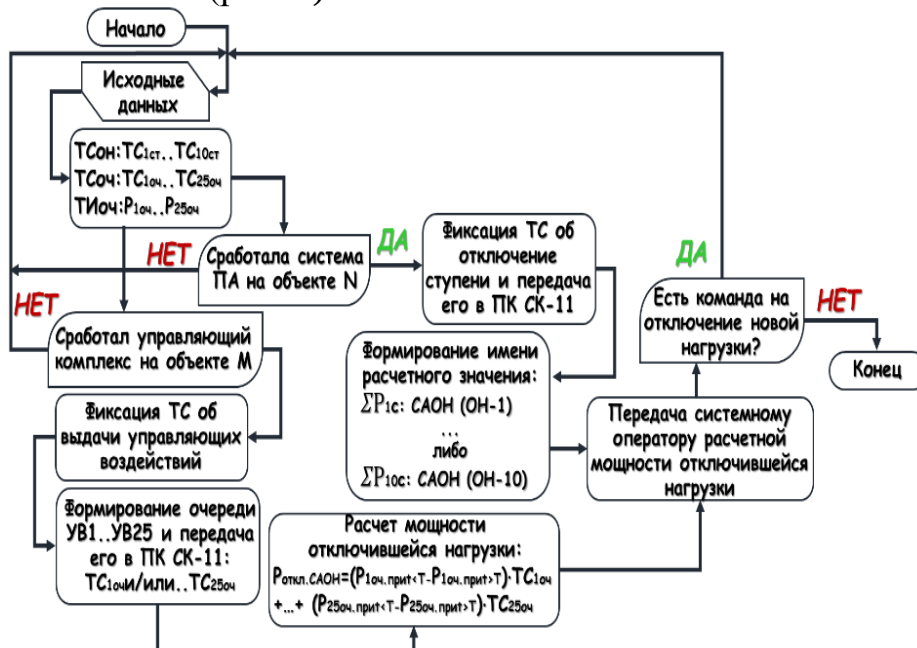


Рисунок 1 - Алгоритм формирования дорасчета

Для анализа использовались данные телемеханики, включая конкретные телесигналы об отключении нагрузки и управляющие телесигналы для этих действий:

Телесигналы $ТС1_{ст}$, $ТС2_{ст}$, ..., $ТС10_{ст}$ от управляемых комплексов противоаварийной автоматики к управляющему комплексу. Всего имеется 10 таких сигналов (ОН1...ОН10), каждый из которых принимает дискретные значения нуля или единицы, что соответствует отсутствию и наличию команды, соответственно.

Телесигналы $ТС1_{оч}$.. $ТС25_{оч}$ от управляющего комплекса к исполнительным устройствам САОН. Всего предусмотрено 25 таких сигналов (УВ1...УВ25), каждый из которых также может принимать дискретные значения нуля или единицы, что соответствует отсутствию и наличию команды, соответственно.

Телеизмерения значений мощности нагрузки, подпадающей под отключение, рассматривается как входные параметры. Рассматриваются ($P1_{оч}$, $P2_{оч}$.. $P_{N_{оч}}$), получаемые путём простой суммы, и всего предусмотрено $N=25$ таких измерений.

Алгоритм работы включает следующие этапы:

1. Срабатывание противоаварийной автоматики ограничения нагрузки вызывает телесигналы об активации одной из 10 ступеней. Фиксируемый телесигнал о срабатывании одной из ступеней (ОН1 .. ОН10) отправляется в

SCADA-систему (TC1_{ст}, TC2_{ст}, ..., TC10_{ст}). Формируется имя расчётного значения ступени САОН.

2. Управляющий комплекс формирует телесигналы для ввода необходимого количества из 25 очередей. Эти сигналы, фиксируемые как TC1_{оч}, TC2_{оч}, ..., TC25_{оч}, передаются в SCADA-систему и участвуют в последующих расчетах.

3. Проводится вычисление мощности отключившейся нагрузки. По телеметрическому протоколу поступают ТС с управляющими воздействиями, для которых необходимо зафиксировать метки времени Т. Для полученных меток времени из базы данных извлекаются значения мощности каждой очереди P1_{оч} .. P25_{оч} непосредственно до и после отметки времени.

Расчет мощности отключившейся нагрузки выполняется по формуле:

$$P_{откл.САОН} = (P_{1оч\_нпу\_t < T} - P_{1оч\_нпу\_t > T}) * TC_{1оч} + \dots + (P_{25оч\_нпу\_t < T} - P_{25оч\_нпу\_t > T}) * TC_{25оч}. \quad (1)$$

P_{откл.САОН} передается в SCADA-систему Системному Оператору единой энергосистемы. При получении новой команды на отключение нагрузки значение пересчитывается и отправляется повторно.

Предлагаемый алгоритм расчета суммарной мощности отключенной нагрузки, отключенной именно от действия САОН, позволяет изолированной энергосистеме передавать точную информацию Системному оператору единой энергосистемы. Это, в свою очередь, позволит улучшить управление энергосистемой и повысить ее стабильность.

Список литературы

1. СО 153-34.20.552-2003: "Инструкция по эксплуатации электрических станций и сетей" [Электронный ресурс]. Доступ из справ. - правовой системы «КонсультантПлюс».
2. ГОСТ Р 24.104-2018 Автоматизированные системы управления.

*А.Д. Богданов, асп.; рук. Л.И. Долецкая, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Эффективность использования электроэнергии (ЭЭ) предприятием или коммерческой организацией в электрических сетях отражается в своевременном и точном учете ЭЭ.

Отношение выработанной ЭЭ к потребленной является главнейшим показателем эффективной работы топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Второй по значимости показатель - уровень потерь ЭЭ в сетях. На данный момент, на основании отчетов предоставляемых энергоснабжающими организациями (ЭСО), наблюдается значительный рост абсолютных и относительных потерь ЭЭ [1].

От точности учета, зависит не только то, какие мероприятия можно ввести для снижения уровня потерь ЭЭ, но и какие мероприятия поспособствуют увеличению надежности системы.

Одно из совершеннейших мероприятий – это модернизация системы учета электроэнергии, что повышает качество измерений и понижает составляющую сверхнормативных потерь.

На сегодняшний день Российские потребители ЭЭ оснащены приборами учета более чем на 97%, однако достоверными и наиболее точными приборами учета оснащены лишь 10% потребителей.

Самое широкое применение в Российской энергетике нашли индукционные счетчики электрической энергии, но они имеют ряд недостатков. Из основных: низкая точность, износ оборудования в процессе работы, возможность недоучесть или переучесть ЭЭ.

На смену несовершенным индукционным счетчикам приходят электронные, не имеющие таких недостатков, как индукционные. Они базируются на микропроцессорах с применением жидкокристаллических индикаторов, не подверженных механическому износу. Такое решение позволяет подключать счетчики к компьютерной технике и регулировать потребление с помощью многотарифной политики, стимулируя ночное потребление ЭЭ[1].

Проанализировав отчеты ЭСО можно выделить основные проблемы учета ЭЭ, связанные с низким уровнем автоматизации учета ЭЭ, что приводит к неточностям и ошибкам в показаниях потребления электроэнергии, моральный и физический износ оборудования, несоответствие точек установки приборов коммерческого учета, несоблюдение правильности установки и использования измерительного оборудования.

Автоматизация учета электроэнергии осуществляется с помощью автоматизированных систем контроля и учета электропотребления (АСКУЭ), осуществляющих контроль подключенного оборудования и одновременный учет ЭЭ. Главное звено в АСКУЭ занимает счетчик-коммутатор, к которому подключаются другие счетчики, имеющий связь с главным сервером. Такое решение позволяет упростить всю систему учета ЭЭ, повысить точность и уменьшить потери[2].

Затем была разработана автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ), которая применяется для передачи всей информации о почасовом потреблении, получаемой со счетчиков ЭЭ, на сервера ЭСО в режиме реального времени, с последующей обработкой в центрах обработки данных (ЦОД), для проведения анализов и построения отчетов и прогнозов о потреблении ЭЭ с целью составления тарифов на поставляемую энергию[3].

На основе АИИСКУЭ строят интеллектуальные сети электроснабжения «Smart Grid» — это инновационные сети электроснабжения, которые используют высокоскоростные технологии для сбора и передачи информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, что дает увеличивать эффективность, надежность, устойчивость энергосистемы, при этом снижая потери и получая экономическую выгоду.

Архитектура сети Smart Grid(SG):

- SG это автоматизированная сеть на всем пути производства и потребления ЭЭ;
- SG способна выполнять различные мониторинги и предоставлять интересующую информацию о потребителе или поставщике электроэнергии по

запросу с пульта управления этой системой, так же может предоставлять отчеты за любой период с любыми указанными показателями работы энергосистемы;

- SG способна самостоятельно, незаметно для потребителя, производить оперативные переключения и регулировать работу сети;

- SG с помощью анализа и оптимального распределения нагрузки, выбирая эффективные точки подключения для предприятий[3].

Технологические решения Smart Grid могут быть разделены на пять ключевых областей:

- измерительные приборы и устройства;
- модернизированные способы управления;
- модернизация электрической сети от мест генерации до потребителя;
- внедрение интеллектуальных систем для поддержания режимов работы сети.

Главными целями внедрения Smart Grid являются:

- снижение потерь;
- своевременная и точная оплата по счетам за ЭЭ;
- сглаживание графика нагрузки;
- ввод усовершенствованной системы генерации в энергосистему;
- повышение надежности энергосистемы на случай ЧП;
- представление визуальной информации с применением компьютерных средств.

В России началось внедрение умных энергосистем с того, что Премьер-министр Мишустин 31 мая 2021 утвердил дорожную карту развития умных энергосистем с внедрением АИИСКУЭ. Первым этапом стало массовое производство интеллектуальных приборов учета в Саратовской области и применение данных счетчиков в жилищном секторе гражданского строительства.

Внедряемые АСКУЭ представляют собой инструмент, позволяющий персоналу и руководству эффективно контролировать расход ЭЭ. Так же будет произведена оптимизация тех. процессов, что понизит потери и увеличит экономическую выгоду.

Применение SG позволит получить значительный технический и экономический эффект. От объемов инвестиций при создании АСКУЭ зависит в значительной степени потенциальная экономия.

Для внедрения этой системы предлагают поэтапное финансирование и развитие системы по принципу самоинвестирования. На предприятиях планируют вводить АСКУЭ для оптимизации режимов работы энергосистемы и снижения потерь за счет средств самой организации[3].

В случае, если вводимая система начнет приносить прибыль, можно будет увеличить объем инвестиций за счет высвобожденных средств для дальнейшего развития АСКУЭ и совершенствования системы электроснабжения.

Для оптимизации предприятия предлагаются следующие элементы сети:

- оптимизация тарифной сетки на ЭЭ;

- поиска и устранения потерь ЭЭ
- модернизация тех. процессов в энергоснабжении;
- мониторинг в реальном времени за количеством потребляемой ЭЭ, благодаря АСКУЭ;
- мониторинг за исправностью оборудования, для недопущения аварий и своевременного ремонта.

Предлагаемая предприятиям АСКУЭ должна уметь предоставлять отчет об эффективности своей работы, по окупаемости капитальных вложений.

Проанализируем экономическую эффективность АСКУЭ, внедряемую на существующем предприятии. В ходе работы был проведен анализ прогнозируемой экономической эффективности установки АСКУЭ, которая была введена в эксплуатацию на реальном предприятии в 2024 году, который принимаем за базовый год. В качестве исходных данных будут приняты показатели потребленной ЭЭ за базовый год.

В результате проведенного анализа объемов потребленной ЭЭ для оптимизации тарифной сетки выявлено, что расход потребления ЭЭ на предприятии ведется стабильно.

Оценим эффективность внедрения системы АСКУЭ.

Расчет эффективности внедрения проводился в следующем порядке

1. Были рассчитаны капиталовложения на проведение работ по проектированию системы и созданию технической документации, $K_{пр.р.}$
2. Проведен расчет стоимости основного и вспомогательного оборудования, $K_{об.}$
3. Проведен расчет стоимости работ по обеспечению необходимых условий эксплуатации (по установке, отладки системы), $K_{монт.}$

В таблице 1 приведены рассчитанные значения капиталовложений на установку данной системы.

Таблица 1 – Стоимость установки и наладки системы АСКУЭ

Внедряемое оборудование	Стоимость проектирования $K_{пр.р.}$, тыс. руб.	Стоимость оборудования $K_{об.}$, тыс. руб.	Стоимость монтажа $K_{монт.}$, тыс. руб.	Общ. стоимость оборудования, с учетом НДС тыс. руб.
Система	225,25	812,15	331,46	972,38

Из данных приведенных, с учетом НДС, в таблице следует, что проектные капитальные затраты составят 1721,69 тыс. руб.

Известно, что при отсутствии системы АСКУЭ на данном предприятии имеет место ущерб от последствий аварий и планового простоя оборудования. Данные виды ущерба обусловлены следующими факторами:

1. Разрушительное действие на питающий потребителей ЭЭ предприятия силовой трансформатор;
2. Недоиспользование оборудования при плановых простоях и амортизационные издержки;
3. Плановыми ограничениями электроснабжения;
4. Излишними срабатываниями защиты, ложными срабатываниями

РЗ.

По результатам произведенного расчета получены показатели экономического ущерба по перечисленным факторам и показатели экономической эффективности использования АСКУЭ на обследуемом предприятии. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели эффективности при использовании АСКУЭ

Капитальные затраты на проект Кпр., руб.	Ущерб при отсутствии АСКУЭ, тыс. руб	Ущерб от аварий при наличии АСКУЭ, тыс. руб.	Затраты на эксплуатацию, тыс. руб.	Экономический эффект, тыс. руб.
1721,69	138,715	0,445	133,515	305,625

С учетом изложенных положений расчета и использовании информации технических служб предприятия был получен конкретный экономический эффект для конкретного предприятия 305,625 тыс.руб.

Из данных статьи можно сделать вывод, что установка автоматических систем учета ЭЭ экономически эффективна. Аналогичные расчеты могут быть использованы для оценки эффективности предприятий различных отраслей промышленности.

Список литературы

1. Бурман А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем. М. : МЭИ, 2019. 335 с.
2. Бударгин О. М., Бердников Р. Н., Перстнев П. А., Шимко М. Б., Воротницкий В. Э. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Единой национальной электрической сети. Красноярск: ИПК «Платина», 2019. 224 с.
3. Кравченко А. В. Экономика энергетики и управление энергопредприятием. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. 2019. 66 с.

*Л.В. Вайтеленок, асп.; рук. Р.В. Солопов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЫБОР МЕСТА УСТАНОВКИ МАЛОГАБАРИТНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА

Дистанционные измерительные преобразователи тока (ДИПТ) являются альтернативным решением для питания устройств релейной защиты по сравнению с дорогостоящими трансформаторами тока [1-3]. В данной работе в качестве ДИПТ рассматриваются преобразователи, получившие в практике эксплуатации название «магнитных трансформаторов тока» (МТТ) [4].

В настоящее время с применением цифровых защит с низким потреблением мощности возможно значительное снижение размеров рассматриваемых ДИПТ по сравнению с существовавшими ранее конструкциями. При этом происходит сокращение затрат материалов на изготовление, а следовательно, и стоимости таких малогабаритных ДИПТ. Также снижение размеров позволяет проанализировать новые варианты места установки преобразователя на открытом распределительном устройстве (ОРУ), что и произведено в данной работе.

Общими требованиями по размещению ДИПТ на ОРУ являются, во-первых, минимизация воздействия на преобразователь тока, который не подле-

жит измерению данным ДИПТ, а во-вторых, обеспечение минимально допустимого расстояния от токоведущих частей до ДИПТ согласно ПУЭ [5].

Для выполнения первого требования преобразователи, с одной стороны, ориентируют нормально по отношению к проводнику с измеряемым током, что позволяет получить максимально возможное с учетом второго требования содержание составляющей, отвечающей за полезный измеряемый ток, в выходном сигнале ДИПТ. С другой стороны, для снижения составляющих мешающих токов преобразователи должны быть как можно дальше удалены от проводников с данными токами.

Расстояние между ДИПТ и проводниками с мешающими токами зависит от следующих факторов (рис. 1):

- 1) расстояния между фазными проводниками $A_{\phi-\phi}$;
- 2) расстояния от проводника с измеряемым током до ДИПТ $h_{\text{ДИПТ}}$;
- 3) высоты подвеса токоведущей части H , под которой установлен ДИПТ;
- 4) глубины расположения заземляющего устройства h_z .

Первый фактор определяется согласно требованиям ПУЭ [5] и зависит, прежде всего, от напряжения ОРУ и вида применяемых токоведущих частей (жесткая или гибкая ошиновка) и электроаппаратов (однополюсные или трехполюсные). Согласно проведенному анализу типовых решений компоновок ОРУ напряжением 110-330 кВ на унифицированных конструкциях минимальное значение расстояния $A_{\phi-\phi}$ равно 2 м для напряжения 110 кВ, 3,5 м – для 220 кВ и 6 м – для 330 кВ.

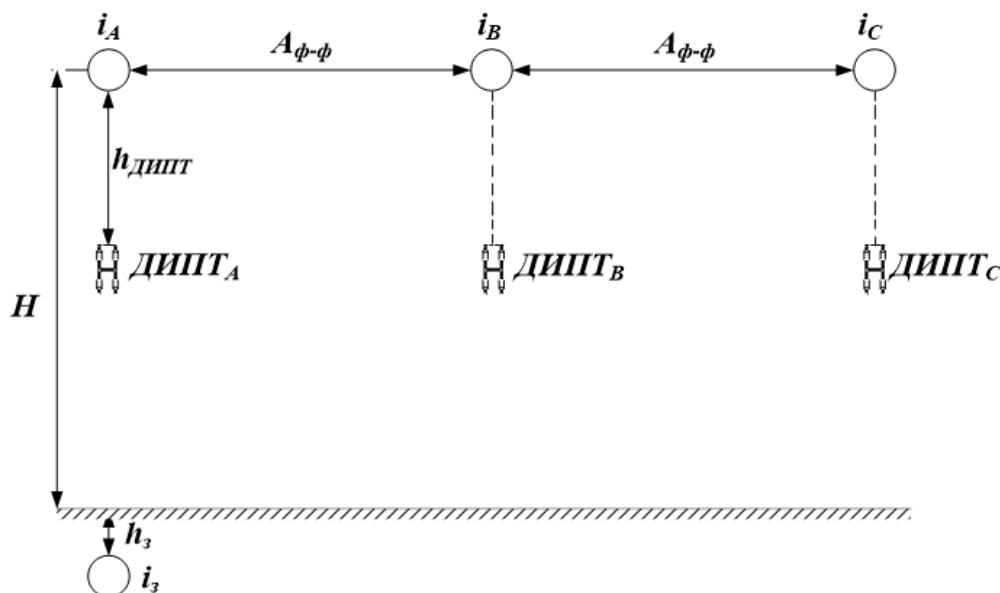


Рис.1 – Поясняющая схема расположения ДИПТ в трехфазной электроустановке

Расстояние $h_{\text{ДИПТ}}$ не должно быть меньше изоляционного расстояния до заземленных конструкций, которое равно 0,9 м для напряжения 110 кВ, 1,8 м – для 220 кВ и 2,5 м – для 330 кВ. Увеличение расстояния $h_{\text{ДИПТ}}$ с одной стороны

уменьшает воздействие токов других фаз, но с другой, уменьшает и полезный сигнал за счет удаления от проводника с измеряемым током и увеличения воздействия проводника с током в земле. Причем, за счет того, что ДИПТ ориентируется нормально по отношению к проводнику с измеряемым током, изменение расстояния $h_{\text{дипт}}$ в большей степени влияет на уменьшение полезного сигнала, чем на снижение мешающего сигнала от других фаз. Поэтому нецелесообразным является сильное превышение вышеуказанных значений изоляционного расстояния.

Высота подвеса токоведущей части H зависит от номинального напряжения ОРУ и места установки ДИПТ.

Известные конструкции ДИПТ с высотой магнитопровода от 0,6 до 1,2 м обычно крепились к стойке разъединителя со стороны ошиновки на безопасном расстоянии от колонок изоляторов с помощью металлических полос [4]. При этом за счет небольшой высоты опор для разъединителей (например, от 2 до 3 м для 110 кВ) монтаж осуществлялся с минимальными трудозатратами.

Однако для большинства типовых компоновок ОРУ характерен значительный изгиб ошиновки, подходящих со стороны присоединения к разъединителю, причем зачастую степень изгиба отличается для разных фаз. Данное обстоятельство приводит к различию магнитных полей разных фаз даже при одинаковой величине тока, проходящего по проводникам ошиновки. В виду этого может появиться дополнительная погрешность ДИПТ даже с учетом точного обеспечения заданного расстояния $h_{\text{дипт}}$.

Значительно меньший изгиб ошиновки будет при установке ДИПТ аналогичным образом на раме трансформаторов тока (в схемах с колонковыми выключателями) или шинной опоры (для РУ с баковыми выключателями) со стороны дороги. Однако высота опоры при этом становится выше, чем для разъединителей (например, для 110 кВ эта высота становится равной от 3 до 5,5 м). Несмотря на повышение трудности монтажа ДИПТ, данное обстоятельство приводит также и к положительному результату с точки зрения точности ДИПТ, т.к. большая высота расположения ДИПТ относительно земли приводит к меньшему влиянию тока, протекающего в случае замыканий на землю по заземляющему устройству ОРУ. Однако для данного варианта размещения, так же как и для первого способа, при использовании гибкой ошиновки могут существенно увеличиваться погрешности ДИПТ при отклонении провода от нейтрального положения вследствие ветровых или электродинамических воздействий. Также характерна сложность в задании точного требуемого расстояния от ошиновки до ДИПТ.

Для устранения данных недостатков предлагается рассмотреть установку ДИПТ на раме разъединителя непосредственно под его рабочими ножами (рис. 2).

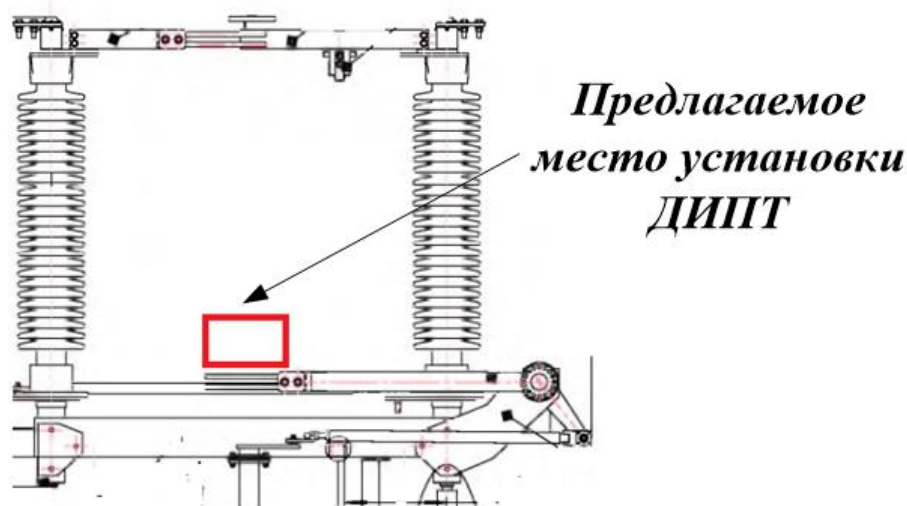


Рис.2 – Пример размещения ДИПТ на раме разъединителя

Данный вариант имеет следующие преимущества:

- обеспечивается большая степень жесткости и прямолинейности токопроводящей части с измеряемым током по сравнению с гибкой ошиновкой; возникновение погрешности вследствие отклонения проводника практически можно исключить;
- расстояния $A_{\phi-\phi}$, $h_{\text{дипт}}$ известны из проекта и конструкции разъединителя, что исключает сложные замеры при монтаже ДИПТ;
- высота колонок изоляторов, а следовательно, и расстояние $h_{\text{дипт}}$ изменяются пропорционально номинальному напряжению ОРУ, что позволяет обеспечить унификацию установки ДИПТ для различных номинальных напряжений.

Также для данного варианта требуются меньшие трудозатраты при установке, чем при варианте установки на раме трансформатора тока или шинной опоры.

Однако меньшая высота расположения ДИПТ, как уже было сказано выше, приводит к увеличению погрешности ДИПТ от тока в земле.

Для оценки увеличения указанной погрешности в данной работе использовалось двухмерное моделирование ДИПТ, произведенное в программе COM-SOL Multiphysics. Рассматривался ДИПТ типа ТВМ-2П [4] с размерами магнитопровода, уменьшенными в 5 раз по сравнению с первоначальной конструкцией. Размещение фазных проводников принято в горизонтальной плоскости с расстоянием $A_{\phi-\phi} = 2$ м, что соответствует расстоянию между полюсами разъединителя на 110 кВ. Высота H принята равной 4,46 м для варианта установки на раме разъединителя и 6,745 м – на раме трансформатора тока. В обоих вариантах расстояние $h_{\text{дипт}}$ принято равным 1 м.

В результате получено, что установка ДИПТ на раме разъединителя увеличивает погрешность от токов в земле в среднем на 25 % по сравнению с установкой на раме трансформатора тока, однако, в обоих случаях погрешность от тока в земле не превышает 5%, что является вполне удовлетворительным ре-

результатом для преобразователей, используемых для питания устройств защиты. Также следует учитывать, что в полную меру данная погрешность будет проявляться только при условии замыкания в непосредственной близости от размещения ДИПТ и расположении заземляющего проводника строго под центром ДИПТ.

Также для варианта установки ДИПТ на раме трансформатора тока была вычислена добавочная погрешность измерения из-за отклонения провода от первоначального положения (рис.3).

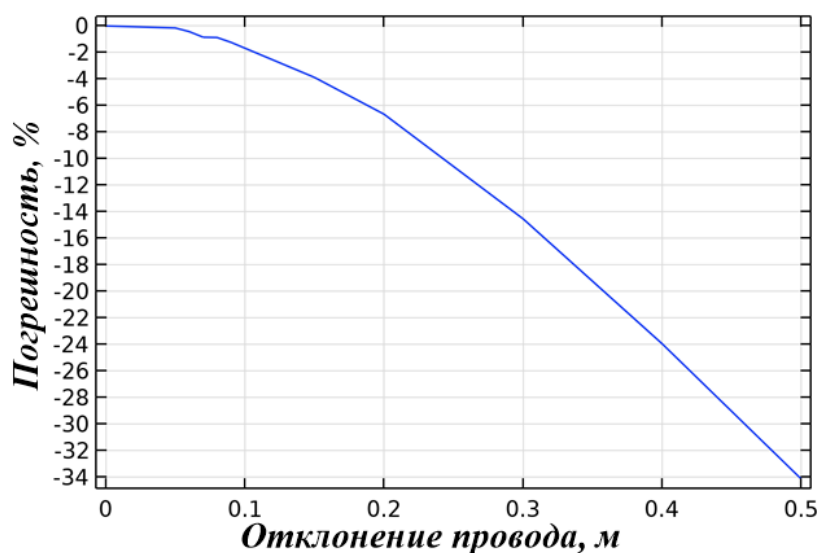


Рис.3 – Зависимость погрешности ДИПТ при отклонении провода с измеряемым током в горизонтальной плоскости

По сравнению с исходным состоянием, при отклонении провода ошиновки с измеряемым током на расстояние, превышающее ширину магнитопровода ДИПТ, погрешность начинает квадратично расти по абсолютному значению. Это происходит вследствие того, что при таком отклонении нарушается нормальная ориентация ДИПТ относительно данного проводника, и ДИПТ «воспринимает» его как проводник с током помехи, как и другие фазные проводники. Следует отметить, что ранее для ДИПТ известных конструкций данную особенность можно было не учитывать из-за значительно большей ширины магнитопровода.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что целесообразным для малогабаритных ДИПТ является вариант размещения их непосредственно на раме разъединителей под рабочими контактами.

Список литературы

1. Патент 2399920 С1 Российская Федерация, МПК G01R 23/20. Способ бесконтактного измерения коэффициента нелинейных искажений напряжения и тока в контактной сети электрифицированной железной дороги / Ю.Б. Башкуев, В.Б. Хаптанов, В.Р. Адвокатов; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.
2. Казаков М.К. Использование воздушного трансформатора в составе измерительных преобразователей тока в электроэнергетике // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и Технические Науки. - 2019. - № 6-2. - С. 74-80.

3. Идентификация по внешнему магнитному полю внутренних электромагнитных дефектов неявнополюсных синхронных генераторов / А.Н. Морозов, Ю.Б. Казаков, Н.А. Морозов, С.А. Нестеров // Проблемы региональной энергетики. - 2022. - № 3(55). - С. 27-37.

4. Казанский В.Е. Измерительные преобразователи тока в релейной защите. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 239 с.

5. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы и главы шестого и седьмого изданий. — Москва : ЭНАС, 2019. — 672 с. — ISBN 978-5-4248-0162-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173340> (дата обращения: 19.03.2025).

*Д.Н. Голдесов, студ.; рук. А.А. Назаров, к.т.н., ст. препод.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ГРАФИКА НАПРЯЖЕНИЯ В КОНТРОЛЬНОМ ПУНКТЕ

В диспетчерских центрах (далее – ДЦ) разрабатываются графики напряжения (далее - ГН) в контрольных пунктах (далее – КП) для обеспечения надежного энергоснабжения и качества электроэнергии. Специалист ДЦ составляет ГН в КП на месяц, учитывая специфику рабочих, выходных и праздничных дней.

Его задача — оценить стабильность и эффективность различных режимов работы энергосистемы. Кроме того, специалист ДЦ который отвечает за составление ГН учитывает наиболее тяжелую схемно-режимную ситуацию которая может произойти в энергосистеме. ГН должен быть приспособлен к нештатным сценариям, такие как ремонтные работы или иные режимы работы энергосистемы, способные вызвать резкие колебания напряжения в конкретном КП, при которых существующие методы регулирования оказываются недостаточно неэффективными для поддержания фактических значений напряжения в рамках утвержденного ГН. В распределительных сетях сетевые компании, полагаясь на ГН уставновленных для каждого КП, регулируют напряжение в заданных рамках.

Корректировки ГН для распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже создают энергетическим компаниям необходимость осуществления ряда мероприятий. Эти меры призваны поддерживать стабильное напряжения в допустимом диапазоне, обеспечивая надежность передачи для конечного потребителя. Однако в ряде случаев сетевая компания не может оперативно реагировать на изменение ГН в КП вследствие следующих причин.

Основные из них следующие:

- в распределительных сетях выделяется крупный масштаб (протяженность) и устаревшее оборудование;
- отсутствие удалённого управления РПН;
- ограниченное число ступеней регулирования РПН, что приводит к частым перегрузкам и чрезмерному износу трансформаторов.

Перед корректировкой ГН в КП следуют уведомить всех собственников оборудования (сетевых компаний), при условии, если такое уведомление возможно заранее.

Соблюдение норм качества электроэнергии [3] по напряжению для узлов нагрузки достигается за счёт задания нижних и верхних границ графиков ГН в КП. Это обусловлено взаимосвязью напряжений в КП с объектом, на котором обеспечивается выполнение требований к качеству электроэнергии.

Действительные значения границы ГН могут существенно варьироваться в сравнении с рассчитанными значениями из-за множества факторов, такие как, состав и режимы работы оборудования, степень потребления электроэнергии, контроль средств регулирования напряжения и др.

Оперативный персонал ДЦ обязан принимать меры по регулированию напряжения в случае выхода его за пределы ГН в соответствии с [1]. Эти меры включают в себя:

- настройка уровня использования средств компенсации реактивной мощности, сетевого и генерирующего оборудования;
- включение или отключение шунтирующих реакторов и средств компенсации реактивной мощности;
- настройка коэффициентов трансформации у трансформаторов имеющие устройства РПН.

При проведении запланированных работ требуется изменение режимы работы оборудования (далее – переключение), способное вызвать повреждения и отключения элементов сети. Чтобы уменьшить эти риски, дежурный диспетчер ДЦ проводит тщательную оценку, готовя энергосистему к переключениям. В его обязанности входит оптимизация электростанций относительно диспетчерского графика, корректировка сетевой структуры и реализация дополнительных шагов, способствующих снижению вероятности нештатных ситуаций.

Поэтому корректное определение фактических границ ГН в КП необходимо для уменьшения лишних операций по РН, тем самым минимизируя риск повреждения оборудования и обеспечения поддержания оптимального уровня напряжения в соответствии с действующими нормами [1,3].

Положительные и отрицательные отклонения напряжения в точки передачи электрической энергии не должны превышать 10% от номинального напряжения или согласованного значения напряжения в течении 100% времени интервала в одну неделю [3]. В данной работе определяющий фактором являлось качество электроэнергии у потребительских подстанций в нормальном режиме 99-121 кВ.

Значение верхней и нижней границы ГН в КП определяются с учётом:

- поддержания качества электроэнергии в рамках установленных документов [3];
- доступного диапазона регулирования реактивной мощности генерирующего оборудования электростанций и иных источников реактивной мощности

В этом исследовании проанализированы расчеты границ ГН в КП при минимальных, максимальных нагрузок рассчитанные специалистом заранее и для фактической схемно-режимной ситуации. В качестве объекта исследования

выбрана ЭС, изображённая на рисунке 1. Установившиеся режимы определялись посредством программного комплекса «RastrWin3».

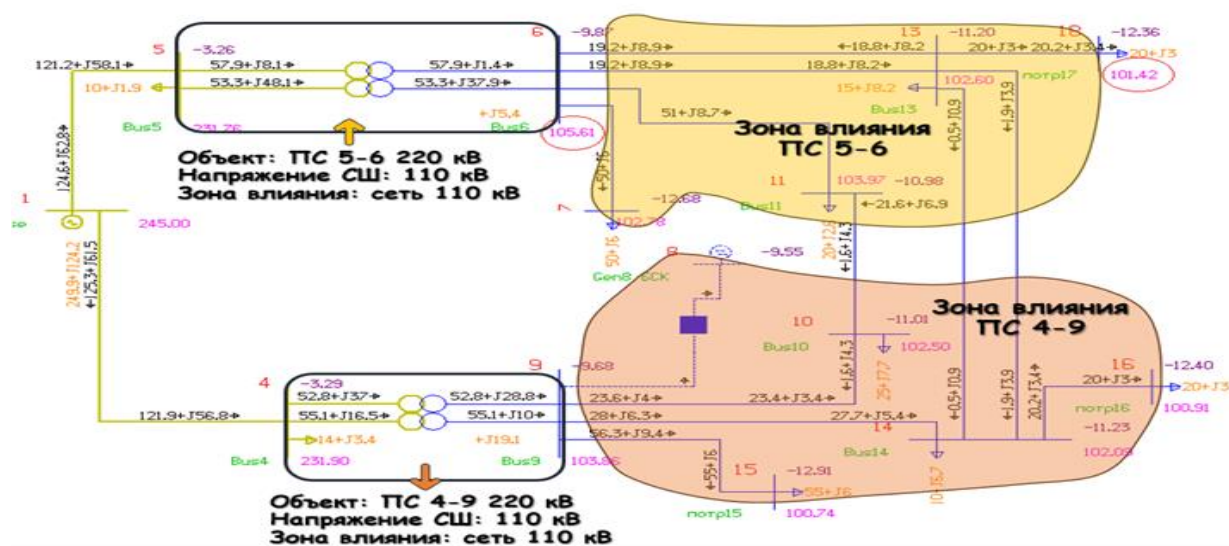


Рис. 1 – Схема электрической сети

На рисунке 1 схематично показаны зоны влияния КП размещённых на шинах 110 кВ от подстанций ПС 220 кВ 4-9 и ПС 220 кВ 5-6. В рамках данной работы определение зоны влияния не проводилось. Нижняя граница/верхняя граница ГН определяется как минимальное/максимальное значение напряжения в КП в нормальной и ремонтной схеме в режиме максимального/минимального потребления и с минимальной/максимальной генерацией реактивной мощности с использованием всех источников реактивной мощности

Результаты вычислений границ ГН в КП и определяющей ПС в режиме минимальных, максимальных и фактической работы ЭС представлены в таблице I на определённый срез времени.

Таблица 1. Результаты расчета границ ГН в выбранных КП

КП	U СШ, кВ	Верхняя граница (технолог), кВ	Нижняя граница (технолог), кВ	Верхняя граница фактическая, кВ	Нижняя граница фактическая, кВ.
ПС 220- кВ 5-6 шины 110 кВ	110	120,8	106,5	121,9	103,8
ПС 220- кВ 4-9 шины 110 кВ	110	121,6	103	122,5	102,3
Определяющая ПС для КП ПС 220- кВ 5-6 шины 110 кВ	110	Узел 18	Узел 7	121	99,4
Определяющая ПС для КП ПС 220- кВ 4-9 шины 110 кВ	110	Узел 16	Узел 15	121	99,6

При анализе таблицы 1 можно отметить, что при фактическом режиме функционирования энергосистемы предел значений ГН в КП можно расширить приблизительно до 4 кВ в зависимости от схемно-режимной ситуации. Расширение предела обусловлено схемными особенностями, спецификой режима работы и конфигурацией сети, при этом обеспечиваются нормативные требования [3].

При расчетах для КП шин 110 кВ ПС 5-6 и 4-9 ключевым фактором, определяющим верхнюю и нижнюю границы ГН, являлось обеспечение надлежащего качества электроэнергии для потребителей в точках присоединения к сети 110 кВ. В таблице 1 также указаны подстанции, напряжение на которых используется в качестве критерия для определения ГН в КП, для верхней/нижней границы ГН определяющая ПС выбиралась исходя из условия минимальной/максимальной разницы напряжения на шинах данной подстанции и КП («ближайшая»/ самая удаленная ПС).

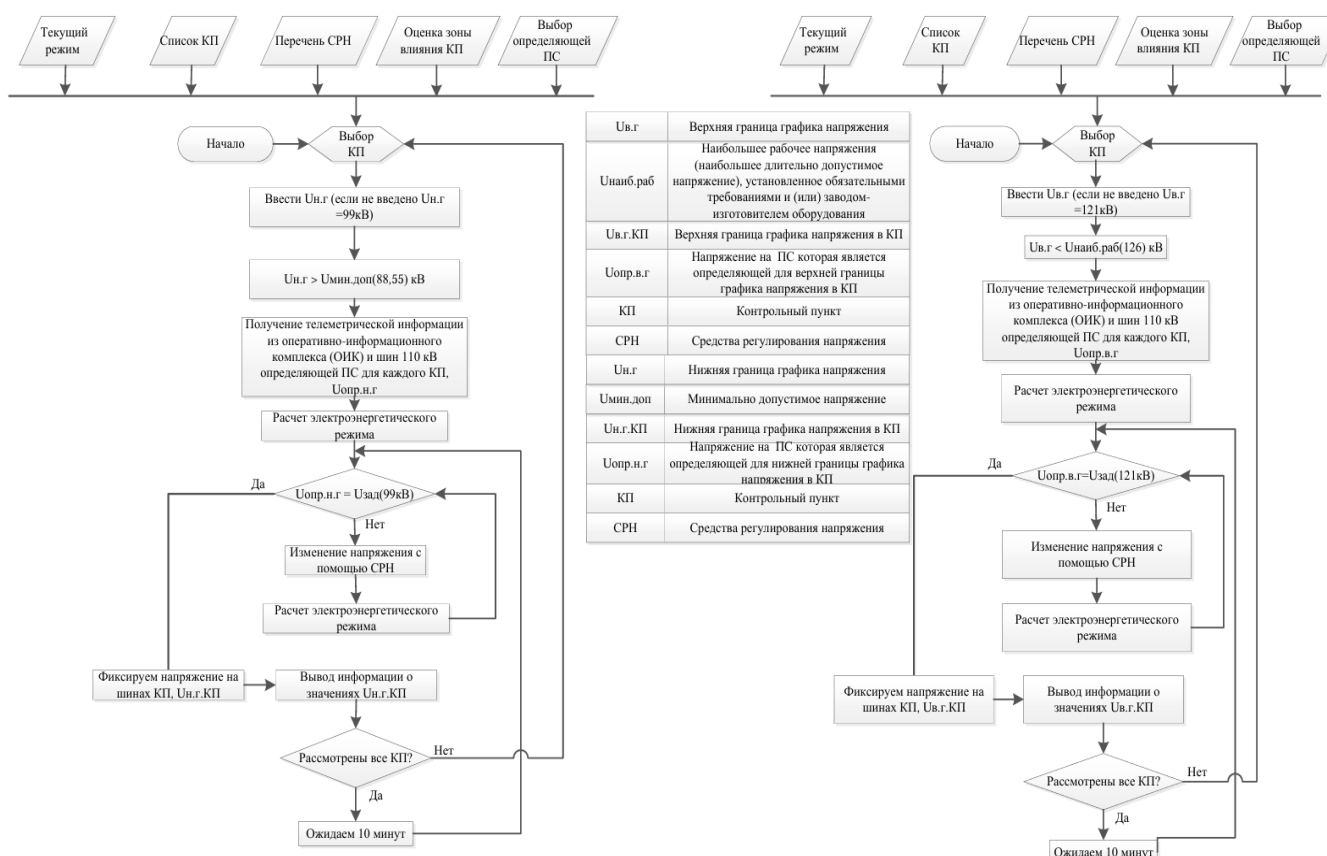


Рисунок 2. Алгоритм определения нижней и верхней границы графика напряжения в КП

Предложенные на рис. 2, алгоритмы позволяют рассчитывать актуальное значение графика напряжения в КП для текущей схемно-режимной ситуации на основании заданного списка КП, перечня средств регулирования напряжения в них и определённых зон влияния. Полученные актуальные значений графика напряжения в КП соответствуют требованиям к устойчивости энергосистем и качеству напряжения. Использование

предложенных алгоритмов при оперативно-диспетчерском управлении в региональной энергосистеме позволит расширить фактическую границу графика напряжения и снизить количество мероприятий по регулированию напряжения для КП на шинах ПС.

Список литературы

1. Приказ Министерства Энергетики Российской Федерации от 3 августа 2018 года N 630 "Об утверждении требований к обеспечению надежности ЭЭС систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок" Электронный источник: <https://docs.cntd.ru/document/542630877>

2. СТО 59012820.27.010.002-2014. Правила разработки графика напряжения в контрольных пунктах диспетчерского центра АО «СО ЕЭС». Утверждён и введён в действие 20.03.2014

3. ГОСТ 32144-2013.Межгосударственный стандарт.Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" (введен в действие Приказом Росстандарта от 22.07.2013 N 400-ст). Постановление Правительства РФ от 27.12.2021 N 2494".

4. Голдесов Д.Н, Захаров В.О, Булыгин К.А, Назаров А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАФИКА НАПРЯЖЕНИЯ В КОНТРОЛЬНЫХ ПУНКТАХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ. Материалы XIV Международной научно-технической конференции. Издательство: Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, 2024 г – стр 113-116.

*А.А. Гришечкин, студ.; рук. А.А. Назаров, к.т.н., ст. преп.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРО- ПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ

В условиях роста электрических нагрузок и, как следствие, мощности генерации возникает потребность в увеличении пропускной способности существующих электрических сетей. Она может быть решена за счёт строительства новых линий электропередачи, что требует значительных капитальных затрат, или применения устройств противоаварийного управления. На сегодняшний день новым перспективным вариантом решения данного вопроса является применение информационных систем, позволяющих максимально использовать допустимую пропускную способность.

Для обеспечения выполнения требований к устойчивости энергосистемы при управлении и планировании электроэнергетического режима одним из важнейших параметров является переток активной мощности в выделенной совокупности сетевых элементов одной или нескольких связей (далее – контролируемое сечение). Переток активной мощности в контролируемом сечении не должен превышать максимально допустимый переток (далее – МДП), определённый на основании нормативной документации [1].

Для повышения пропускной способности сети и, как следствие, МДП в контролируемых сечениях последние годы применяется система мониторинга запаса устойчивости (далее – СМЗУ). СМЗУ – программный комплекс, разработанный АО «Системным оператором Единой энергетической системы» (да-

лее – АО «СО ЕЭС») и НТЦ ЕЭС, работающий в непрерывном режиме и рассчитывающий МДП в контролируемом сечении в зависимости от актуальной конфигурации сети и загруженности генерирующего оборудования в режиме реального времени. Эффективность внедрения СМЗУ описана на примере контролируемого сечения «Бугульма» филиала АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, где МДП был увеличен в среднем на 10-15 % по сравнению с ранее используемыми значениями, рассчитанными технологом [2]. Отличие данного расчёта от рассчитанного заранее заключается в том, что технолог для расчётов МДП принимает наиболее тяжёлую траекторию утяжеления при наиболее худшей схемно-режимной ситуации, что сказывается на точности расчёта и приводит к занижению МДП и, как следствие, неиспользованию полной возможности пропускной способности сети в оперативных интервалах времени [3].

Цикл работы СМЗУ можно разделить на следующие шаги:

- 1) импорт телеметрии влияющей части энергосистемы и наложение её на существующую модель;
- 2) оценка состояния и расчёт установившегося режима на базе программного комплекса RastrWin3;
- 3) расчёт МДП в контролируемом сечении на основе установившегося режима. Расчёт начинается с поиска предельного перетока активной мощности в контролируемом сечении по условию сходимости установившегося режима. Далее происходит черновой (с шагом 10 %) и чистовой (с шагом 1 %) поиск МДП с учётом заложенных аварийных процессов, выбранных на основании [1];
- 4) полученный МДП сравнивается с МДП, рассчитанным заранее технологом. Если полученный МДП ниже расчётного более чем на 10 %, то берётся результат расчёта прошлого цикла. При повторении такого сценария более двух раз за итоговый результат принимается расчёт на основе нормативной документации;
- 5) экспорт полученных данных в оперативно-информационный комплекс (ОИК).

Цикл расчёта СМЗУ занимает от одной до десяти минут в зависимости от масштаба модели, что даёт значение МДП для управления режимом в соответствии с актуальной топологией сети и уровнями загрузки её элементов [4].

На рисунке 1 представлен район региональной энергосистемы, для которой рассчитан МДП в контролируемом сечении, путём имитации алгоритма расчёта СМЗУ на базе комплекса RastrWin3 и произведена оценка эффективности его внедрения.

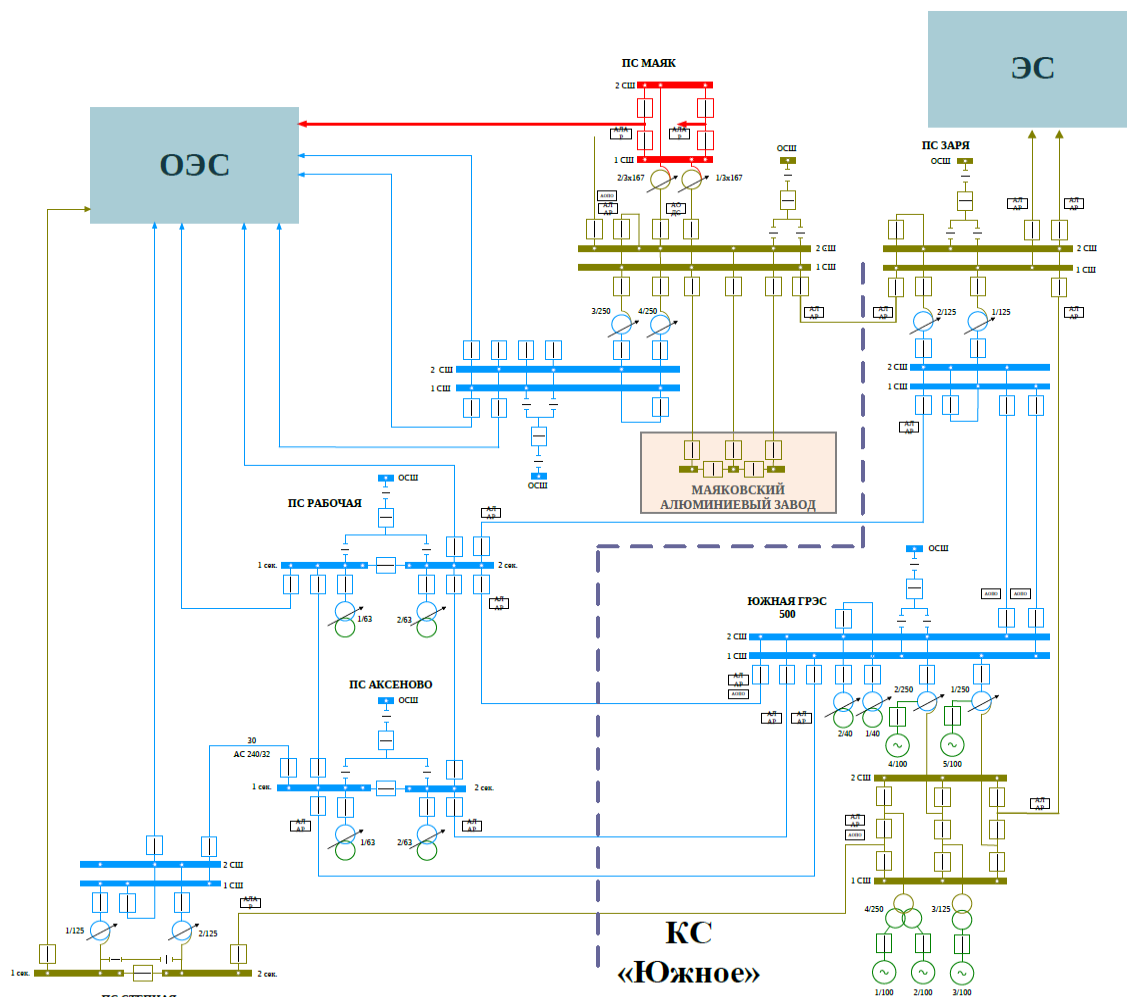


Рисунок 1 Схема исследуемой сети

МДП активной мощности рассчитаны для контролируемого сечения «Южное», состоящего из:

- 1) ВЛ 220 кВ Южная ГРЭС – Степная;
- 2) ВЛ 220 кВ Маяк – Заря;
- 3) ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Рабочая;
- 4) ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Аксёново I цепь;
- 5) ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Аксёново II цепь;
- 6) ВЛ 110 кВ Заря – Рабочая.

На ВЛ 220 кВ Южная ГРЭС – Степная, ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Рабочая установлена автоматика ограничения перегруза оборудования (далее – АОПО), имеющей управляющие воздействия на:

- 1) отключение одного из ТГ-1 или ТГ-2 на Южной ГРЭС;
- 2) отключение ТГ-3 на Южной ГРЭС.

Установленная мощность Южной ГРЭС составляет 500 МВт (5 турбогенераторов по 100 МВт).

В Таблице 1 представлены результаты расчёта МДП в контролируемом сечении «Южное» на основании описания исследуемой сети в нормальной и ремонтных схемах.

Таблица 1 Результаты расчётов МДП в контролируемом сечении «Южное»

№	Схема	Технолог		СМЗУ		Увеличение пропускной способности	
		МДП, МВт	МДП с ПА, МВт	МДП, МВт	МДП с ПА, МВт	МДП, МВт (%)	МДП с ПА, МВт (%)
1	Нормальная	580	-	581	-	1 (0)	-
2	Ремонт ВЛ 220 кВ Маяк – Заря	320	440	418	538	98 (31)	98 (22)
3	Ремонт ВЛ 220 кВ Южная ГРЭС – Заря	500	550	598	621	98 (20)	71 (13)
4	Ремонт ВЛ 220 кВ Южная ГРЭС – Степная	320	440	406	526	86 (27)	86 (20)
5	Ремонт ВЛ 110 кВ Заря – Рабочая	470	590	559	-	86 (18)	-
6	Ремонт ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Аксеново	530	650	559	-	29 (5)	-
7	Ремонт ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Рабочая	540	-	551	-	11 (2)	-

Вявлено, что в четырёх из семи предложенных режимов (схемы 1, 5, 6, 7) критерием определения МДП является аварийно допустимая токовая нагрузка ВЛ 220 кВ Маяк – Заря, на которой отсутствует устройство противоаварийной автоматики, в послеаварийных режимах. Поэтому в целях увеличения пропускной способности сети предлагается рассмотреть установку АОПО на ВЛ 220 кВ Маяк – Заря с подключением к существующим выходными цепям управляющих воздействий на отключение двух турбогенераторов на Южной ГРЭС. Результаты расчёта МДП с учётом новой АОПО приведены в Таблице 2.

Таблица 2 Результаты расчётов МДП в контролируемом сечении «Южное» с АОПО на ВЛ 220 кВ Маяк - Заря

№	Схема	Технолог		СМЗУ		Увеличение пропускной способности	
		МДП, МВт	МДП с ПА, МВт	МДП, МВт	МДП с ПА, МВт	МДП, МВт (%)	МДП с ПА, МВт (%)
1	Нормальная	580	700	581	701	1 (0)	1 (0)
5	Ремонт ВЛ 110 кВ Заря – Рабочая	470	590	559	679	86 (18)	89 (15)
6	Ремонт ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Аксеново	530	650	559	679	29 (5)	29 (4)
7	Ремонт ВЛ 110 кВ Южная ГРЭС – Рабочая	540	-	551	642	11 (2)	102 (19)

Анализируя результаты расчетов в Таблицах 1 и 2 можно отметить, что для рассматриваемого контролируемого сечения «Южное»:

1. Внедрение СМЗУ увеличивает пропускную способность сети в среднем от 1 до 30 % в отдельных ремонтных схемах посредством уточнения расчёта МДП относительно расчёта технолога. Максимальный эффект достигнут в ремонтных схемах, минимальный в нормальной схеме. Эффект увеличения МДП нестабилен и зависит от схемно-режимной ситуации в прилегающей сети и от выбора траектории утяжеления режима. Расчёт СМЗУ уточняет критерии определения МДП в контролируемом сечении, что позволяет выбрать наиболее эффективные мероприятия по повышению пропускной способности, на основе анализа ретроспективы полученных результатов расчета.

2. Установка АОПО на ВЛ 220 кВ Маяк – Заря позволяет повысить пропускную способность сети на 120 МВт (21 %) за счёт снятия перегрузки в послеаварийных режимах для схем 1, 5, 6, 7. При этом наблюдается стабильный положительный эффект увеличения МДП.

Применение различных средств повышения пропускной способности сети требует оценки их технико-экономических эффективности. Внедрение СМЗУ для расчета МДП в контролируемых сечениях в региональной энергосистеме позволяет повысить пропускную способность сети, при этом максимальный комплексный результат достигается при комбинации с техническими средствами повышения пропускной способности. Это положительно скажется на технико-экономических показателях функционирования энергосистемы за счёт возможности передачи большого объёма электроэнергии от наиболее экономичных электростанций в дефицитные узлы, а также на цене электроэнергии для конечных потребителей [5].

Список литературы

1. Требования к обеспечению надёжности электроэнергетических систем надёжности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем». Утверждены приказом Минэнерго России от 03.08.2018 № 630.
2. Ахметшина Л.Х. «Эффект от внедрения системы мониторинга запасов устойчивости в филиале АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана» // Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции; отв. ред. А.Г. Арзамасова. – Казань, 2022. – С. 6 – 8.
3. СТО 59012820.27.010.004-2020, СТАНДАРТ Правила определения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях, а также допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях при работе в вынужденном режиме. – разработан: акционерным обществом «Системный оператор Единой энергетической системы».
4. Томалев А.А. «Система мониторинга запаса устойчивости (СМЗУ). Опыт эксплуатации и перспективные направления развития СМЗУ ОЭС Сибири» // Материалы юбилейной X международной научно-технической конференции ЭЭГМ : в 3 т. Т. 2. – 2019. – С. 83 – 84
5. «Что такое СМЗУ?» / А. Соколова, Е. Сацук // Энергия без границ : журнал. – 2023. – № 5(82). – С. 28 – 31.

*В.В. Давыдов, студ.; Я.В. Капранов, студ.; Д.Д. Желтякова, студ.;
рук. Е.С. Андреенков, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРА В ЭЛЕКТРО- УСТАНОВКАХ ДО 1000В

Пожары в жилых и промышленных помещениях из-за возгорания электропроводки являются серьёзной проблемой. Возгорание может быть вызвано сверхтоками из-за коротких замыканий и критических перегрузок, а также дуговым пробоем. Защита от токов перегрузки осуществляется автоматическими выключателями и предохранителями, но эти устройства не защищают от дуговых пробоев. Ток дугового пробоя слишком низок для обнаружения. Это является проблемой, поскольку для инициирования им пожара может потребоваться как несколько минут так, и многие месяцы. С целью обнаружения и защиты от этих процессов были созданы устройства защиты от дугового пробоя (УЗДП).

УЗДП в нашей стране приняты обязательными к установке Постановлением Правительства №510 от 30 марта 2023 года. Общие требования к таким устройствам прописаны в ГОСТ IEC 62606-2016. Принцип работы УЗДП заключается в реагировании на изменения напряжения и тока в цепи. При последовательном пробое, т.е. при повреждении проводника питающей сети, сила тока в цепи уменьшается, что делает невозможным обнаружить его автоматом. При параллельном пробое, он же пробой между нулём и фазой или фазой и землёй, сила тока возрастает, но времени до возгорания оказывается недостаточным для срабатывания обычного автомата.

В месте пробоя также возникают электромагнитные помехи, искажающие синусоидальную форму напряжения (рисунок 1).

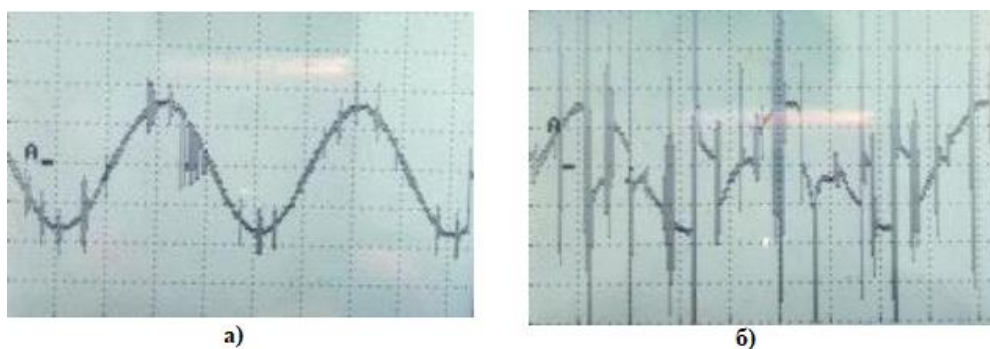


Рисунок 1 – а) – Искрение в цепи с активной нагрузкой;
б) – Искрение в цепи с индуктивной нагрузкой ($\cos\varphi < 0.2$)

Устройство защиты от дуговых пробоев относится к микропроцессорной технике (Схема представлена на Рисунке 2.). Встроенный микроконтроллер делает спектральный анализ тока и напряжения в нагрузке, и по завершению, в случае обнаружения, ошибки цепь отключается. Устройство чувствительно к помехам от искрения на его выходе. УЗДП состоит из силового разъединителя, который обычно имеет два модуля: в первый помещается блок обнаружения

дугового пробоя (БОДП), во второй – механизм автоматического выключателя с тепловым и электромагнитным расцепителями. Силовой разъединитель отключает только фазный провод [1].

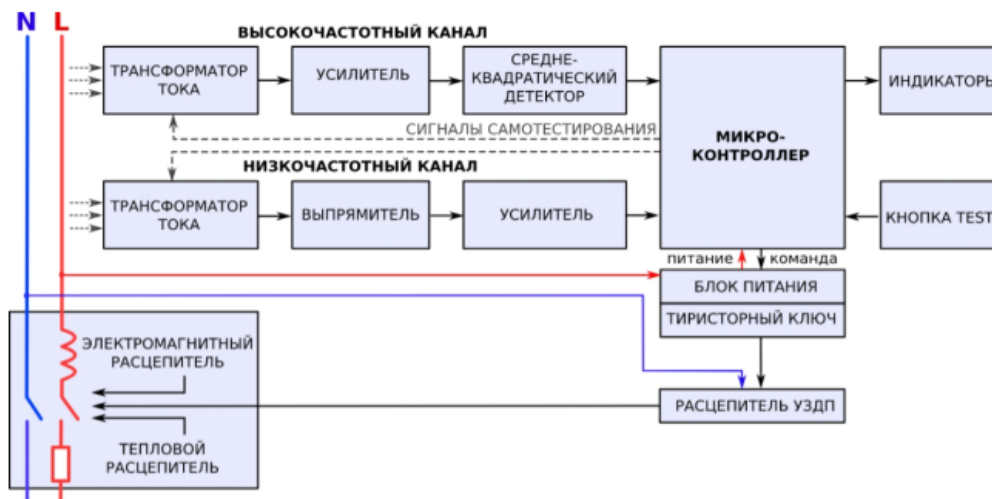


Рисунок 2 – Блок-схема УЗДП

Задачу по обнаружению дуг осложняет необходимость устройством УЗДП непрерывно отличать рабочие броски тока от изменений, возникающих в сигнале из-за дуги. Рабочие броски тока возникают, например, из-за включения в сеть приборов с электродвигателями, такие как пылесосы и фены, и нагревательных приборов, типа утюгов или радиаторов. Также проблемой являются приводы переменной скорости, к которым можно отнести источники питания в компьютерах и других электронных устройствах. Эти устройства могут генерировать обрезанные волны, которые могут быть ошибочно идентифицированы как опасные дуговые неисправности.

В США с 2012 года и по сей день используют УЗДП. Эта страна имеет многолетний опыт использования данного устройства. Благодаря этому была собрана следующая статистика по пожарам – таблица 1, рисунок 3 [2].

Таблица 1 – Пожары в жилом секторе США

Год	Число пожаров		
	В жилом секторе США	От электрооборудования	
		Распределения*	Всего**
2021	353500	24200	48400
2020	372000	23400	46200
2019	354400	24200	47500
2018	379600	25700	50800
2017	371500	24100	48100
2016	364300	23500	47600
2015	380900	24500	49800
2014	379500	23900	48000
2013	380300	23100	47400
2012	374000	20200	43500

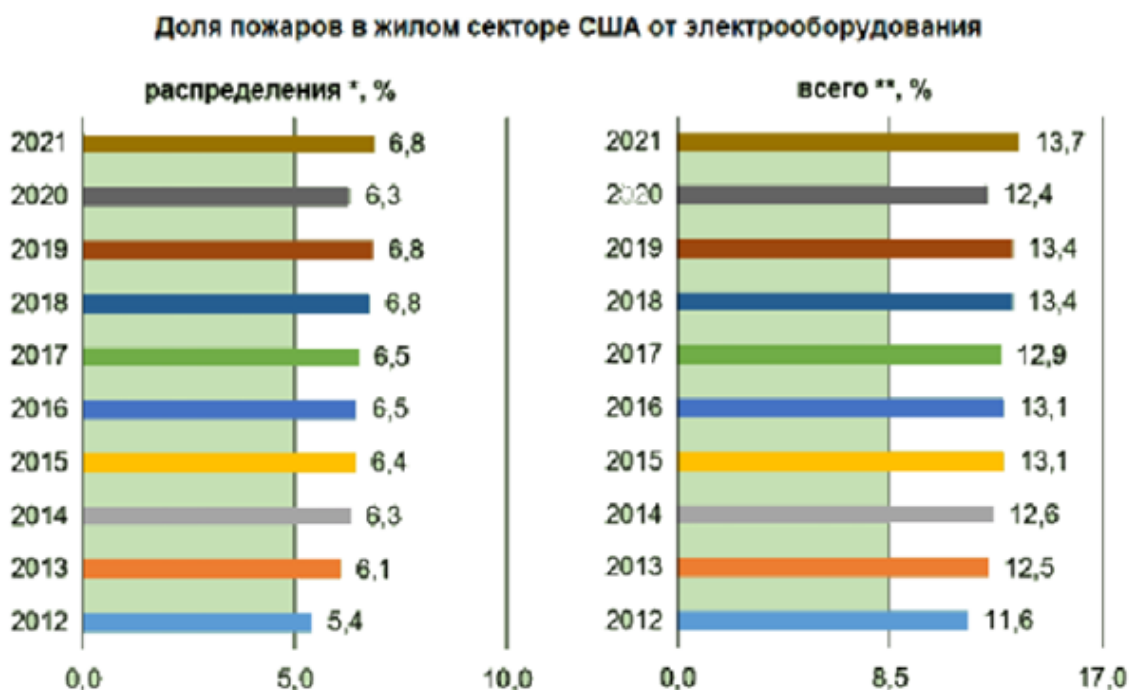


Рисунок 3 – График доли пожаров в жилом секторе США от электрооборудования

* – в электрооборудование распределения входит электропроводка, трансформаторы, коробки счётчиков, устройства переключения питания, розетки, шнуры, вилки, устройства защиты от перенапряжения, осветительные приборы;

** – полный перечень, также включает электрооборудование распределения и дополнительно бытовые приборы

Несмотря на инновационность устройства защиты от дугового пробоя, как показывает практика, его внедрение не дало значительных положительных изменений в статистике возникновения пожаров в электроустановках до 1кВ. Это значит, что не стоит считать УЗДП абсолютным решением проблемы возгораний. Для обеспечения пожаробезопасности необходимо использовать и другую имеющуюся автоматику защитного отключения электроустановок.

Самым распространенным примером иных устройств автоматики защитного отключения являются автоматические выключатели (АВ). Они отключают цепь при перегрузках и коротких замыканиях, предотвращая перегрев и возможные пожары. Эти устройства работают на основе механизма, который реагирует на превышение установленного тока.

Так же причиной пожара являются токи утечки на землю, поэтому имеет место применение УДТ. Для защиты рекомендуется стандартная установка на вводе электроустановки с токами 300-500 мА. УДТ отключает цепь, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при установленных значениях, что может указывать на утечку и потенциальную опасность пожара.

Следующий немаловажный элемент – это устройство защиты от импульсного перенапряжения УЗИП, которое защищает от скачков в питающей сети, связанных с включением мощных потребителей и с возникновением грозовых разрядов.

Современные системы контроля и управления включают в себя датчики дыма, тепла и угарного газа, которые автоматически активируют системы оповещения и отключения электроустановок в случае обнаружения опасных условий. Датчики температуры могут мониторить состояние в электрических щитах и других критических местах, предотвращая перегрев.

Системы мониторинга и диагностики позволяют выявлять потенциальные проблемы в реальном времени, что помогает предотвратить аварии. Пожарные сигнализации, как ручные, так и автоматические, обнаруживают дым или тепло и активируют оповещение, что критически важно для быстрой эвакуации людей.

Также существуют системы газовой защиты, которые обнаруживают утечки газов и могут отключать электрооборудование в случае опасности.

Таким образом, комплексная система защиты, включая УЗДП, УЗО, АВ и другие устройства, является необходимым условием для обеспечения безопасности на объектах с электрическими установками и минимизации риска возникновения пожаров [3].

Список литературы

1. Ерашова Ю.Н., Ившин И.В., Ившин И.И., Тюрин А.Н. Испытания устройства защиты от дугового пробоя и искровых промежутков на срабатывание // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 3. С. 168-180. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-168-180.
2. Мельников В.С. Статистика пожаров и безопасность электроустановок / Евразийский Союз Ученых . – 2023. – №4 (130) – DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.112.1876
3. Мельников В.С. Пожарная автоматика защитного отключения электроустановок. Монография – М.: Мир науки, 2019. – Режим доступа: <http://izdmn.com/PDF/08MNNPM19.pdf> – Загл. с экрана.

*В.К. Евстафьев, студ.; рук. В.С. Петров, к.т.н., доц
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г.Смоленске)*

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ EXCEL

В современном мире, где энергоэффективность становится ключевым фактором конкурентоспособности, анализ графиков электрических нагрузок играет важнейшую роль. Эти графики позволяют выявлять закономерности потребления, оптимизировать использование электроэнергии и снижать затраты. Традиционно построение и анализ графиков электрических нагрузок – трудоемкий процесс, требующий значительных временных затрат и высокой точности. В рамках данной работы была разработана методика автоматизированного построения и анализа графиков электрических нагрузок с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. Предлагаемый алгоритм позволяет значительно сократить время, необходимое для построения графиков, минимизировать вероятность ошибок, связанных с ручным построением, и обеспечивает гибкость при внесении изменений в исходные данные. Возможность оперативной перестройки графиков после корректировки данных делает разработку особенно ценной для оперативного мониторинга и анализа энергопотребления [1].

Практическая ценность разработанного алгоритма была подтверждена в ходе его использования студентами СФ МЭИ при выполнении лабораторной работы по дисциплине “Электроснабжение”. Применение Excel-файла с автоматизированными расчетами позволило студентам значительно (в несколько раз) сократить время, затрачиваемое на построение графиков электрических нагрузок, что позволило уделить больше времени анализу полученных результатов и формулированию выводов. Кроме того, исключение ручного построения графиков позволило избежать ошибок, повысив тем самым качество выполнения лабораторной работы и обеспечив более глубокое понимание материала.

Разработанный Excel-файл предоставляет студентам интуитивно понятный инструмент для анализа графиков электрических нагрузок. Для работы с программой обучающемуся необходимо внести собственные данные в предварительно подготовленные таблицы (исходные таблицы являются пустыми и предназначены для заполнения данными). После указания варианта лабораторной работы программа автоматически строит следующие типы графиков электрических нагрузок:

1. **Типовой график:** Отображает график нагрузки в относительных единицах.
2. **Упорядоченный график:** График нагрузки, упорядоченный по убыванию мощности.
3. **Периодический график:** График нагрузки, демонстрирующий суточный или иной периодический цикл потребления энергии.

Кроме того, программа позволяет визуализировать потребление энергии в каждом временном интервале и автоматически рассчитывает:

1. **Максимальное значение мощности:** Наибольшее значение потребленной мощности за период.
2. **Минимальное значение мощности:** Наименьшее значение потребленной мощности за период.
3. **Усредненное значение мощности:** Среднее значение потребленной мощности за период (осреднение Δt) [2].”

Представление графиков электрических нагрузок в виде гистограмм было выбрано для обеспечения максимальной наглядности и простоты анализа. Гистограммы позволяют легко визуализировать изменение потребляемой мощности во времени. Высота каждого столбика (пика) гистограммы прямо пропорциональна значению мощности в соответствующий временной интервал. Таким образом, студенты могут мгновенно оценить динамику нагрузки, сравнивая высоту пиков гистограммы. Разная высота столбцов наглядно отображает, в какие промежутки времени потребляется больше или меньше энергии, что позволяет легко выявлять пики и провалы нагрузки, а также оценивать ее неравномерность.

Помимо гистограмм, программа позволяет визуализировать данные о потреблении электроэнергии с помощью точечной диаграммы. В точечной диаграмме каждый элемент данных представлен точкой на графике. Это позволяет студентам увидеть распределение данных, выявить выбросы (аномальные значения) и

проанализировать взаимосвязи между переменными (например, потреблением энергии и временем). Использование точечной диаграммы предоставляет еще один способ визуализации данных и может быть полезным для более глубокого анализа.

Одной из ключевых особенностей разработанного Excel-файла является возможность автоматического построения упорядоченного графика электрической нагрузки. В отличие от типового графика, где данные отображаются в хронологическом порядке, упорядоченный график строится путем сортировки значений потребляемой мощности от максимального к минимальному. Это позволяет наглядно увидеть распределение мощности и оценить вклад каждого уровня мощности в общее потребление энергии.

Периодические графики электрических нагрузок, создаваемые в разработанном Excel-файле, позволяют визуализировать работу электроустановок, характеризующуюся повторяющимися циклами. На графике четко прослеживается работа установки в течение определенного периода времени, после чего следует перерыв, и цикл повторяется. Важной особенностью является то, что второй и последующие циклы графиков строятся на основе данных о работе установки в первом цикле, что отражает стабильность и повторяемость режима работы электроустановки. Особенностью периодических графиков электрических нагрузок позволяет прогнозировать потребление электроэнергии и выявлять отклонения от ожидаемого поведения.

Для демонстрации принципов формирования групповых графиков электрических нагрузок был рассмотрен пример с двумя электроприемниками, работающими в несинхронном режиме. В начальный момент времени включается первая электроустановка, что приводит к увеличению суммарного потребления электроэнергии. Затем, спустя некоторое время, включается вторая установка, и суммарный график нагрузки отражает сумму мощностей обеих установок. Далее, первая установка отключается, что вызывает резкий провал на групповом графике, так как суммарное потребление снижается до уровня потребления только второй установки. После определенного периода времени первая установка вновь включается, и суммарный график нагрузки снова отражает сумму мощностей обеих установок.

Кроме студентов наличие данного файла позволяет преподавателям быстро и легко проверять правильность выполнения лабораторных работ студентами. Преподаватели могут быстро просматривать графики, проверять расчеты и оценивать понимание материала студентами.

Разработанный Excel-файл может быть использован в качестве демонстрационного материала на лекциях и практических занятиях. Преподаватели могут использовать программу для наглядной демонстрации принципов построения и анализа графиков электрических нагрузок, а также для модели их творческих способностей и формированию навыков самостоятельной работы.

Для корректного построения точечных графиков в Excel потребовалось дублирование данных о мощности и времени. Это было реализовано с использованием следующих формул:

1. **Формула для значений мощности:** =ИНДЕКС(I:I;ЦЕЛОЕ((СТРОКА()-1)/2)+1)
2. **Пояснение:** Данная формула позволяет получить значение мощности из столбца I, повторяя каждое значение для двух последовательных строк. Это необходимо для того, чтобы каждой точке на точечном графике соответствовало значение мощности. ИНДЕКС(I:I;... выбирает значение из столбца I, а ЦЕЛОЕ((СТРОКА()-1)/2)+1 вычисляет номер строки, из которой нужно взять значение.
3. **Формула для временного промежутка (от 0 до 8760 часов):** =ЕСЛИ(ОСТАТ(СТРОКА();2)=1;ИНДЕКС(A:A;ЦЕЛОЕ(СТРОКА()/2)+1);ИНДЕКС(A:A;ЦЕЛОЕ(СТРОКА()/2)+1))
4. **Пояснение:** Данная формула обеспечивает корректное отображение временных меток на оси X точечного графика. Она проверяет, является ли номер строки четным или нечетным (ОСТАТ(СТРОКА();2)=1). Для каждой пары строк формула выбирает соответствующее значение времени из столбца A. ИНДЕКС(A:A;... выбирает значение из столбца A, а ЦЕЛОЕ(СТРОКА()/2)+1 вычисляет номер строки, из которой нужно взять значение.

Использование этих формул позволило создать точечные графики, корректно отображающие зависимость мощности от времени. Из-за привязки значений к определённым ячейкам необходимо приравнять значения активной мощности G3:G10 к столбцу I1:I8. Значение ячейки J1 приравнять к значению I1. После с помощью функции =ИНДЕКС(I:I;ЦЕЛОЕ((СТРОКА()-1)/2)+1) задать значения ячейкам (J2:J16). Благодаря этому мы получим значения для построения точечного графика. Для удобства перенесём продублированные значения в столбец C20:C35 с помощью операции присваивания. Автоматически будет построен Сменный групповой график электрической нагрузки узла 0,4 кВ. Скопируем значения C20:C35 и перенесём в столбец E20:E35, отсортируем по убыванию. Автоматически будет построен Упорядоченный график электрической нагрузки 0.4кВ.

Файл может быть легко модифицирован и адаптирован под конкретные требования учебного процесса. Преподаватели могут добавлять новые функции, изменять формулы, настраивать графики и адаптировать программу под конкретные лабораторные работы и курсовые проекты.

Важно отметить, что разработанная программа не может полностью заменить практическую работу на физических стендах, которая позволяет студентам получить непосредственный опыт работы с оборудованием и измерительными приборами. Однако, в тех случаях, когда выполнение лабораторной работы на стенде невозможно (например, из-за ограниченного доступа к оборудованию или пропусков занятий по уважительным причинам), разработанный Excel-файл может служить ценной альтернативой. Преподаватель, предоставив студентам предварительно подготовленные данные, может обеспечить им возможность выполнения основных расчетов, построения графиков и анализа резуль-

татов, что позволит закрепить полученные знания и выполнить требования учебной программы [3].

Разработанная структура таблицы данных в Excel-файле обеспечивает максимальное удобство и простоту использования как для студентов, так и для преподавателей. Чёткая организация данных и понятная маркировка полей позволяют студентам быстро находить нужные ячейки и вносить правильные значения, не тратя время на поиск информации или исправление ошибок. Преподаватели, в свою очередь, могут быть уверены, что студенты используют корректные данные для построения графиков и проведения анализа.

В условиях ограниченности доступа к зарубежному программному обеспечению, актуальность разработки отечественных, бесплатных и доступных инструментов для обучения и анализа в энергетике возрастает многократно. Разработанный Excel-файл представляет собой именно такое решение, позволяя студентам и преподавателям эффективно изучать графики электрических нагрузок, не прибегая к дорогостоящим и труднодоступным зарубежным аналогам. Кроме того, владение навыками работы с Excel является универсальным и востребованным, повышая конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

В качестве примера приведём исходные данные таблицы эксель с графиками.

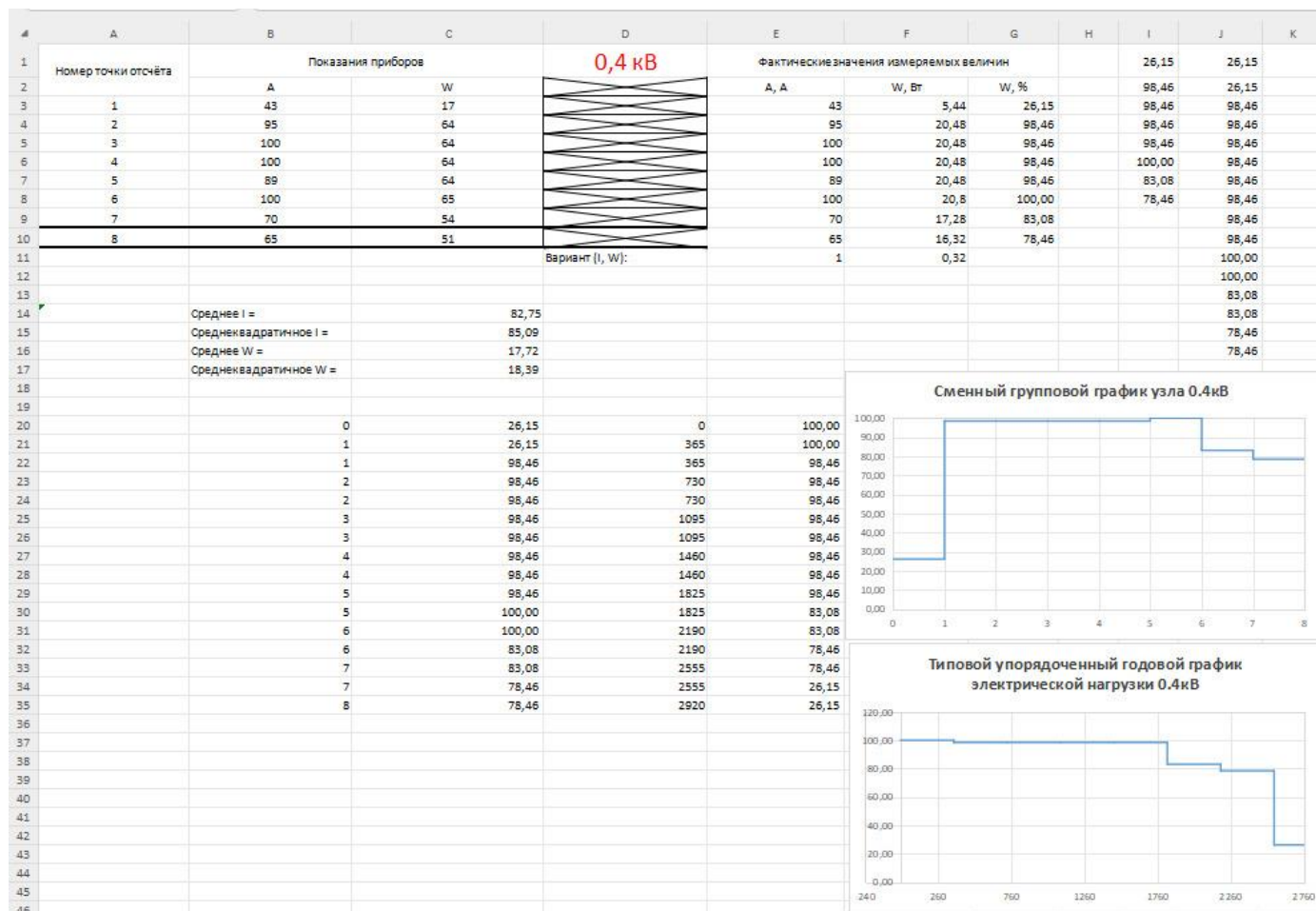


Рисунок 1. Исходные данные таблицы эксель с графиками

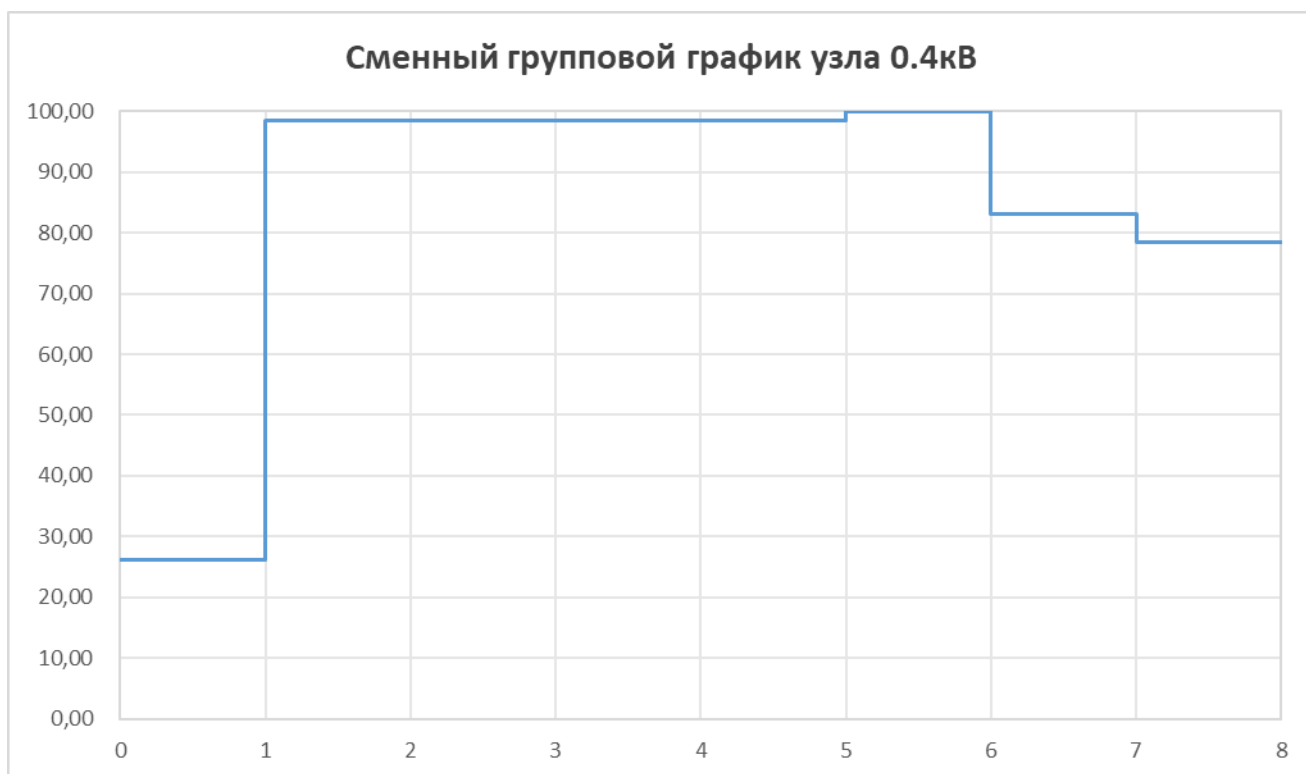


Рисунок 2. Сменный групповой график электрической нагрузки узла 0,4 кВ

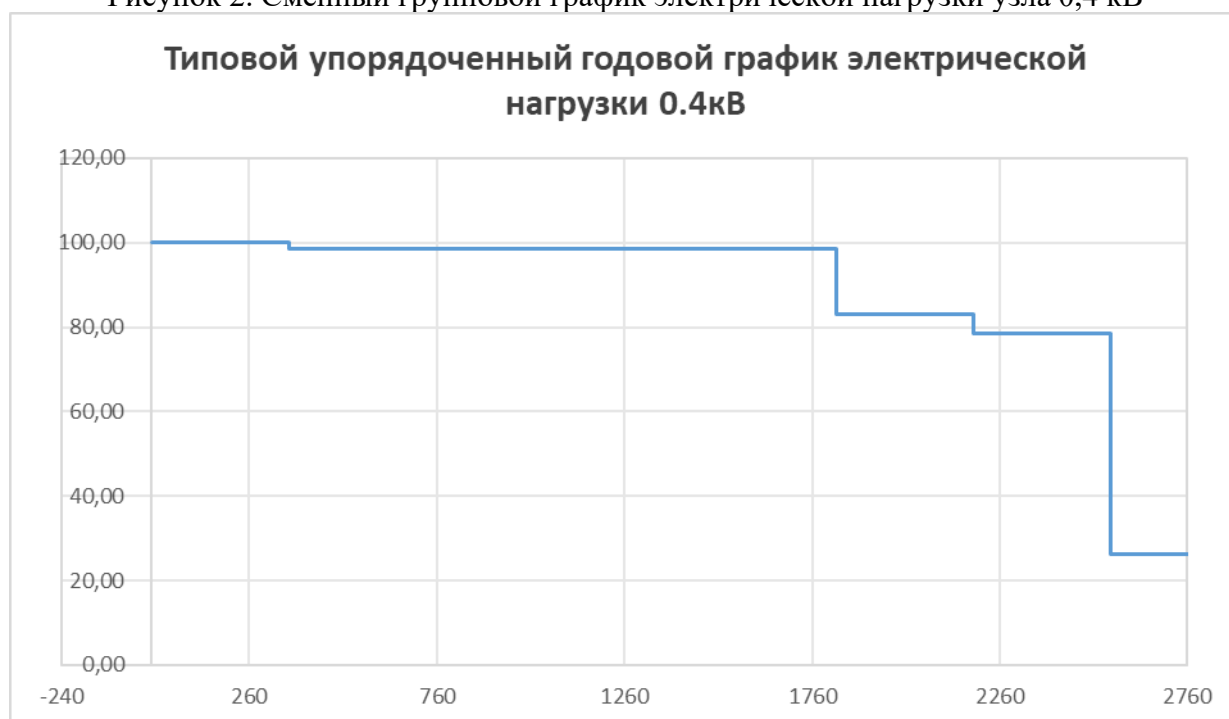


Рисунок 3. Упорядоченный график электрической нагрузки 0.4кВ

Литература

1. Графики электрических нагрузок [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://histrf.ru/read/articles/noyabrskaya-revolyuciya-v-germanii> (дата обращения: 03.03.2025)
2. Теория электротехники. Графики электрических нагрузок [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://eti.su/articles/electrotehnika/electrotehnika_685.html (дата обращения: 05.03.2025)
3. Графики нагрузок индивидуальных приемников [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6761330/page:2/> (дата обращения: 06.03.2025)

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ - ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

При передаче электрической энергии в различных элементах электрической сети неизбежно возникают потери. Уровень этих потерь в электрических сетях нашей страны значительно превышает, что создает серьезную проблему в области энергосбережения, требующую немедленного и эффективного решения.

Потери электроэнергии в сетях приводят к финансовым убыткам для энергетических компаний. Сэкономленные средства за счет снижения потерь могут быть использованы на техническое обслуживание и модернизацию электрических сетей, что, в свою очередь, повысит надежность и качество электроснабжения для потребителей и позволит снизить тарифы на электроэнергию.

Проблема значительных потерь электроэнергии была признана на государственном уровне, что подчеркивает актуальность и необходимость исследований в этой области. Снижение потерь электроэнергии является одним из наиболее сложных задач, связанных с особенностями распределительных сетей. Поэтому в филиале ПАО «Россети-Центр» - «Смоленск-энерго» постоянно разрабатываются меры по уменьшению этих потерь.

Уровень потерь электроэнергии при ее передаче по сетям является ключевым показателем их энергоэффективности. В рамках потерь можно выделить четыре основные категории:

1. Технические потери возникают из-за холостого хода трансформаторов, нагрева проводников, создания электромагнитных полей и утечек тока через изоляторы и арматуру линий электропередачи.

2. Расход электроэнергии на собственные нужды станций и подстанций необходим для работы приводов выключателей и разъединителей, обогрева ячеек, а также для аварийного и дежурного освещения, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала.

3. Потери электроэнергии могут возникать из-за допустимых погрешностей в системах учета.

4. Коммерческие потери связаны с безучетным потреблением электроэнергии, включая хищения, несоответствия или недостоверные данные в показаниях счетчиков и оплате бытовыми потребителями, а также задержки и неоплату счетов, что связано с недостатками в организации контроля за потреблением энергии.

В таблице 1 представлены фактические годовые потери «Смоленск-энерго».

Потери электроэнергии в электрических сетях неизбежны, поэтому важно, чтобы они оставались в пределах экономически оправданного

уровня. Превышение установленных норм технологических потерь указывает на наличие проблем. Для решения данной ситуации необходимо выявить причины ненужных расходов и определить способы их уменьшения. Информация, представленная в данной статье, охватывает множество аспектов этой сложной задачи.

Таблица 1 – Годовые потери электроэнергии «Смоленскэнерго»

Потери:	Единица измерения	Сеть 35 - 110 кВ	Всего по «Смоленскэнерго»
Технические потери	тыс. кВт. ч.	~156 000	~330 000
	%	4,3	8,5
Коммерческие потери	тыс. кВт. ч.	~8 800	~170 000
	%	0,25	4,4
Всего:	тыс. кВт. ч.	164 800	500 000
	%	4,55	12,9

Динамика изменений потерь электроэнергии в распределительных сетях России всё больше указывает на ряд нерешённых проблем:

- замена устаревшего и изношенного электрооборудования на более безопасные и современные установки;
- улучшение систем коммерческого и технического учёта электроэнергии, в первую очередь путём замены старых индукционных счётчиков, а также создания систем для оперативного дистанционного сбора данных о выработанной электроэнергии;
- обеспечение своевременной оплаты за электрическую энергию со стороны потребителей;
- организация совместной работы электросетевых и энергосбытовых компаний для составления точных фактических и прогнозных балансов электроэнергии в сетях.

Таким образом, на рисунке 1 представлена динамика потерь электроэнергии в филиале ПАО «Россети - Центр» - «Смоленскэнерго», которая обусловлена реализацией комплекса мероприятий, направленных на снижение уровня потерь электроэнергии в целом. Следовательно, разработка мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии в электрических сетях является крайне важной задачей.

Существует несколько мероприятий, направленных на уменьшение потерь электроэнергии:

1. Оптимизация режимов работы электрических сетей и улучшение их эксплуатации.
2. Строительство, реконструкция, модернизация и развитие электрических сетей, а также внедрение энергосберегающего оборудования.
3. Совершенствование методов расчета и технического учета, а также метрологического обеспечения измерений электроэнергии.

4. Уточнение расчетов нормативов потерь и балансов электроэнергии по фидерам, центрам питания и электрической сети в целом.

5. Выявление, предотвращение и снижение хищений электроэнергии.

6. Улучшение организации работ, стимулирование снижения потерь, повышение квалификации сотрудников и контроль за эффективностью их работы.

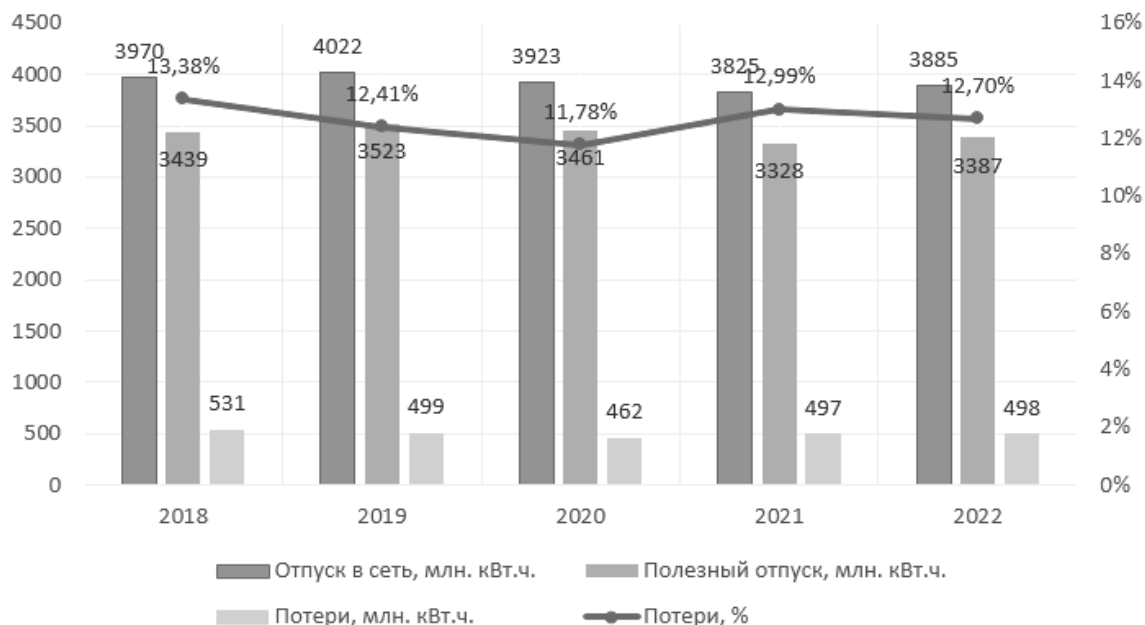


Рис 1 – Динамика потерь в сети в филиале ПАО «Россети - Центр» - «Смоленскэнерго»

Снижение потерь электроэнергии в сетях может быть достигнуто как путем общей оптимизации сети, где уменьшение потерь является одной из задач комплексного плана, так и через целенаправленные мероприятия, сосредоточенные исключительно на снижении потерь. В зависимости от этого, все мероприятия по снижению потерь можно условно разделить на три категории:

- Организационные меры, которые включают в себя улучшение эксплуатации электрических сетей и оптимизацию их схем и режимов (мероприятия, требующие минимальных затрат для снижения потерь);

- Технические меры, которые охватывают реконструкцию, модернизацию и строительство новых сетей (мероприятия, требующие дополнительных финансовых вложений для снижения потерь);

- Мероприятия по улучшению учета электроэнергии, которые могут быть как без вложений, так и связанными с дополнительными расходами (например, при создании новых точек учета).

Классификация мероприятий по снижению потерь представлена на рисунке 2.

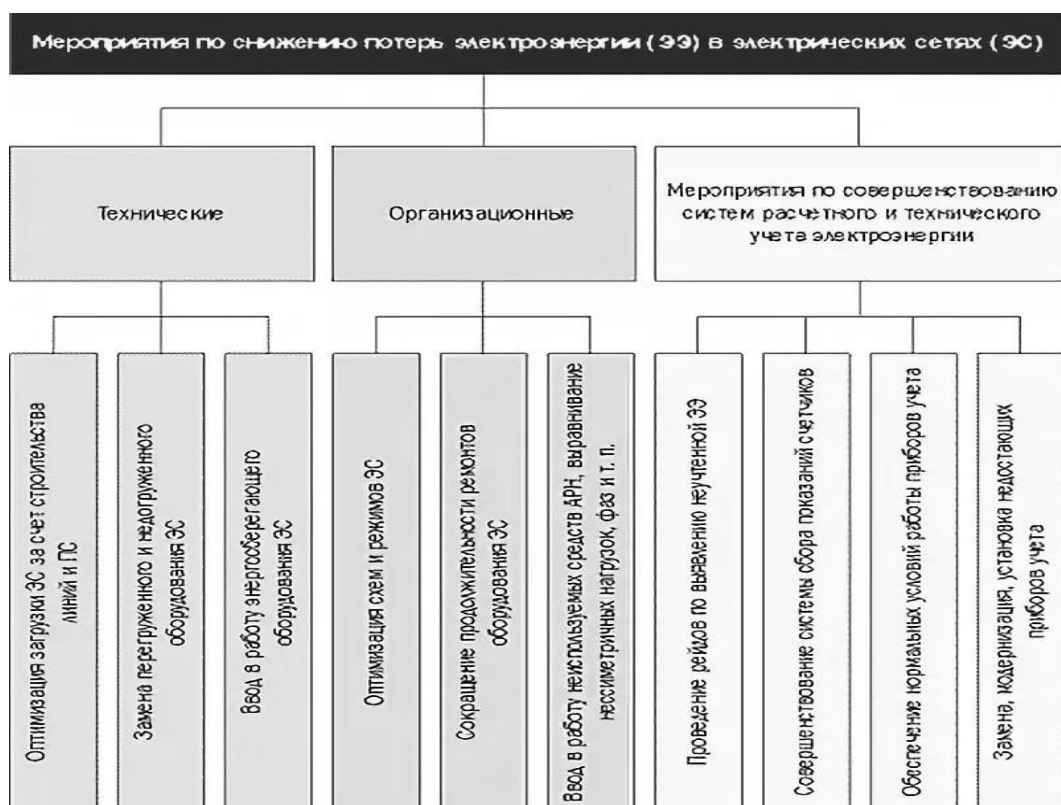


Рисунок 2 - Классификация мероприятий по снижению потерь в электрических сетях

Определены объемы снижения потерь электроэнергии в «Смоленскэнерго» при реализации предложенных мероприятий. Результаты расчётов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Организационные мероприятия по снижению потерь «Смоленскэнерго»

Наименования мероприятия	Единица измерения, выполненных объемов	Эффект
Организационные мероприятия		
Отключение трансформаторов в режимах малых нагрузок на подстанциях с двумя и более трансформаторами	шт.	1080
	тыс. кВт.ч.	~3100
Отключение трансформаторов с сезонной нагрузкой	шт.	21
	тыс. кВт.ч.	~26
Выравнивание нагрузок фаз распределительных сетей 0,4 кВ	шт.	283
	тыс. кВт.ч.	~24
Перераспределение нагрузки основной сети путем производства переключений	шт.	85
	тыс. кВт.ч.	~850
Итог:	тыс. кВт.ч.	~4000

Уменьшение потерь электроэнергии в электрических сетях представляет собой сложную и многогранную задачу, которая требует значительных капитальных инвестиций. Эти средства необходимы для оптимизации развития сетевой инфраструктуры, улучшения систем учёта электроэнергии, внедрения современных информационных технологий в сфере энергоснабжения и управления режимами работы сетей, а также для подготовки и оснащения персонала средствами проверки измерительных устройств.

Список литературы

1. Галыгина, О.С. О некоторых аспектах учета и потерь электроэнергии в предприятиях электросетей / О.С. Галыгина, В.Ф. Заугольников // Энергетик. – 2018. – № 5. – С. 18–22.
2. Потребич, А.А. Эффективность выбора мероприятий по снижению потерь энергии в электрических сетях энергосистем / А.А. Потребич // Электрические станции. – 2017. – № 5. – С. 34–36.
3. Потери электроэнергии в электрических сетях [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asutpp.ru/poteri-jelektroenergii-v-jelektricheskikh-setjah.html> (дата обращения: 01.03.25).
4. Россети Центр - Смоленскэнерго: о филиале [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mrsk-1.ru/about/branches/smolenskenergo/about/> (дата обращения: 15.03.25).

*В.О. Захаров, студ.; И.С. Кинденкова, студ.; рук. Р.В. Солопов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ЦИФРОВОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTECH

В последнее время огромное внимание уделяется внедрению цифровых моделей электроэнергетических объектов. Данные цифровые модели способствуют лучшему пониманию нюансов работы изучаемого объекта, благодаря возможности проведения различных опытов. Применение имитационных цифровых моделей для релейной защиты, работа которой зависит от исходных данных сети и защищаемого объекта, позволяет проанализировать рабочие процессы защиты при разных заданных исходных данных.

Для разработки и исследования блока релейной микропроцессорной защиты на основе трехступенчатой токовой защиты применяем среду динамического моделирования технических систем SimInTech. Для исследования селективности работы релейной защиты в данном комплексе моделирования была разработана имитационная модель сети 110 кВ. Схема исследуемой сети представлена на рис.1. Данная сеть состоит из источника питания, линий электропередачи и двухобмоточных трансформаторов [1].

Логическая схема защиты выполняется на каждую фазу отдельно, высоковольтные выключатели будут работать также пофазно. Все три ступени защиты – МТЗ, ТО и НО, выполняются на каждую фазу. Максимальная токовая защита (МТЗ) – токовая защита максимального типа, ее селективность обеспечивается выбором различных выдержек времени срабатывания. В данном случае МТЗ выполнена с ускорением, которое позволяет выполнять отключения выключателя (или настраивать защиту на отключение выключателя). Ускорение МТЗ может быть использовано для дополнительной быстрой диагностики короткого замыкания и отключения, более быстрого, чем МТЗ. Таким образом, защита

срабатывает с минимальной выдержкой времени и длительность КЗ минимизируется. ТО – токовая отсечка, выполненная по трехфазной трехрелейной схеме. Неселективная отсечка (НО) – токовая защита максимального типа, действует не только при авариях в пределах контролируемого объекта, но и за его пределами [2].

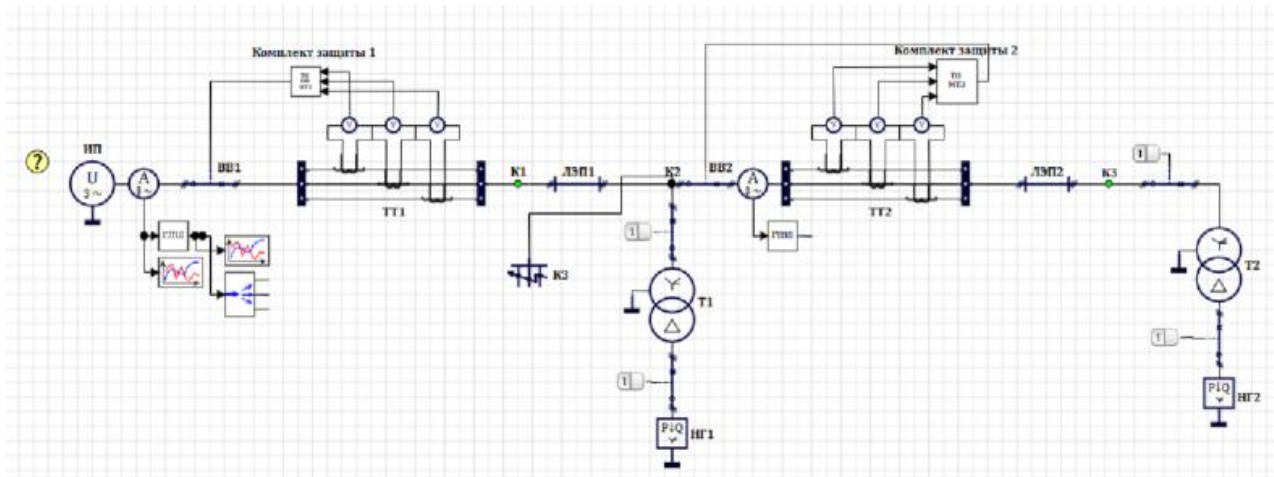


Рис. 1. Схема исследуемой сети 110 кВ.

Блок релейных защит подключается к первичной схеме сети через трансформаторы тока ТТ (ТТ1, ТТ2). Трансформаторы тока соединены по схеме полная звезда. Сигнал от трансформаторов тока подается на токовые реле ступеней в каждой фазе. Коэффициенты трансформации ТТ заданы с учетом максимального рабочего тока. Сигналы вторичных токов ТТ поступают в блок релейной защиты с последующей их дискретизацией по времени и цифровой обработке. При возникновении короткого замыкания происходит сравнение значения тока с уставкой и затем сработавшие токовые реле формируют на выходе единицу. Сигнал на выходе логических элементов поступает на блок выдержки времени, обеспечивающий селективность защит и затем сигнал подается на отключения выключателя [3].

Работа токовой ступенчатой защиты производится следующим образом:

1. При наличии короткого замыкания в зоне действия первой ступени при превышении значения заданной уставки срабатывают пусковые органы в каждой фазе из трех ступеней. Далее сигнал подается на блок выдержки времени каждой ступени с следующим соотношением времени срабатывания:

$$t_{TO} < t_{HO} < t_{MT3}$$

Отсюда можно сделать вывод, что первым сработает токовая отсечка, а короткое замыкание отключится без выдержки времени.

2. При наличии короткого замыкания в зоне действия второй ступени сработают пусковые органы в каждой фазе второй и третьей ступени. Первым сработает неселективная токовая отсечка, и короткое замыкание отключится с заданной выдержкой времени для этой ступени.

3. Третья ступень срабатывает при отказе первой или второй ступени или при отказе защиты смежного участка.

На рис. 2 представлена разработанная модель блока релейной микропроцессорной защиты, которая позволяет оперативно управлять защитой, а также повышает наглядность работы защиты в целом.

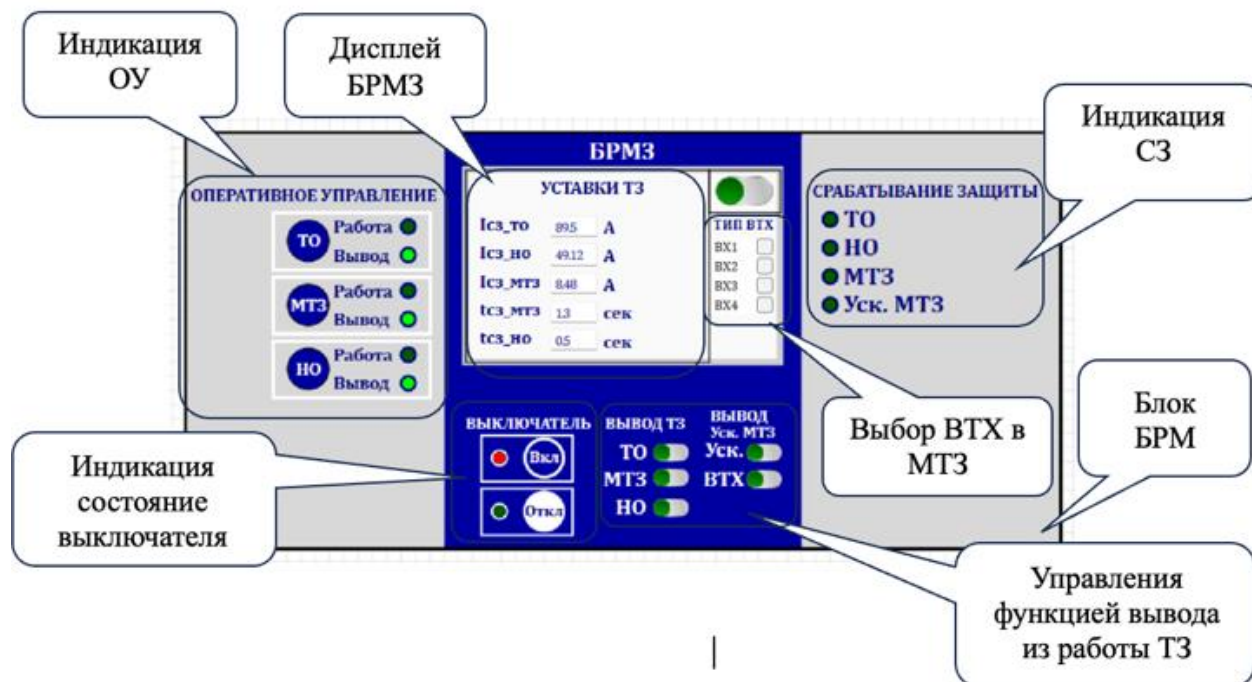


Рис. 2. Модель блока микропроцессорной защиты

В данной работе для третьей ступени была разработана возможность выбора вида выдержки времени (времятоковой характеристики блока БРМЗ): инверсная, сильно инверсная, длительно инверсная, чрезвычайно инверсная. МТЗ с независимой времятоковой характеристикой получила наибольшее распространения, помимо ее применяется также МТЗ с зависимой от тока характеристикой выдержки времени, которая обеспечивает меньшее время срабатывания защиты, расположенной ближе к источнику. В настоящее время в микропроцессорных блоках БРМЗ возможен выбор одной из четырёх зависимых времятоковых характеристик которые соответствуют госту IEC 60255-3, что и было реализовано в данной имитационной модели [4].

На рис. 3 изображен дисплей блока микропроцессорной релейной защиты при работе модели БРМЗ при трехфазном коротком замыкании в выбранной точке сети. На дисплее наглядно видно, какая защита сработала в данный момент, какой выключатель отключился. Так же отображается выбранная для данного опыта ВТХ.

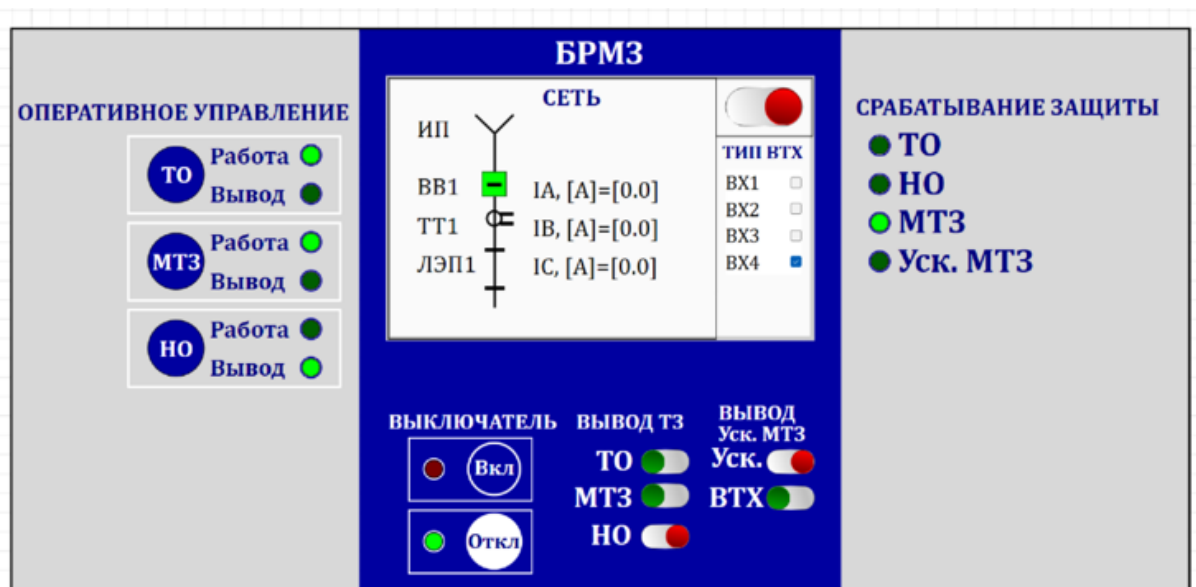


Рис. 3. Пример работы модели БМРЗ при трехфазном КЗ в точке К2

Таким образом, в данной работе была смоделирована трехступенчатая цифровая релейная защита, а также стенд для визуального отображения работы релейной защиты. Разработанная модель стенда цифровой релейной защиты значительно повышает наглядность при проведении экспериментальных опытов, позволяет подробно изучить работу релейной защиты на каждом этапе работы и в зависимости от исходных данных, а также предоставляет возможность самостоятельного выбора характеристик для проведения исследований.

Список литературы

1. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пос. для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 336 с.
2. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита / Э.М. Шнеерсон. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - 549 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей/под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.
4. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита // М.: Энергоатомиздат, 2007. С. 173-183.

*Д.А. Иванов, маг.; рук. Е.С. Андреенков к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Современные реалии информационной сферы привели к накоплению огромных массивов данных в цифровом формате, что затрудняет применение традиционных методов их обработки. Кроме того, это делает невыгодным долгосрочное хранение подобных объемов информации, что, в свою очередь, стимулировало развитие интеллектуального анализа данных (ИАД). Этот процесс обусловлен стремительным прогрессом в области вычислительных технологий и программных решений, предназначенных для представления и обработки информации.

В связи с эволюцией программного и аппаратного обеспечения базы данных сталкиваются с необходимостью адаптации и трансформации значитель-

ных объемов накопленной информации. Это, в свою очередь, может вызывать определенные риски, включая вероятность манипуляций и утраты ценных сведений.

Одним из направлений машинного обучения является процесс извлечения знаний из базы данных. Он представляет собой особый метод анализа информации, позволяющий формировать актуальные сведения независимо от первоначальной цели анализа. Однако этот процесс может иметь свои ограничения. В рамках интеллектуального анализа данных активно применяются математические модели и алгоритмы, среди которых можно выделить методы обобщения, классификации, прогнозирования диапазона значений, организации, регрессии и последовательного анализа.

Классификация представляет собой метод обобщения, позволяющий перейти от анализа конкретного объекта к формированию обобщенной концепции, описывающей целую группу объектов и обеспечивающей их идентификацию. В процессе создания такой концепции необходимо определить модель, относящуюся к определенному классу.

Формирование понятий на основе примерных описаний осуществляется с использованием двух ключевых этапов: обучения и проверки. В ходе обучения на основе набора обучающих объектов формируются классификационные правила, которые затем проходят проверку путем их применения к новым образцам. Если результаты тестирования оказываются удовлетворительными, процесс обучения завершается. В противном случае корректировка правил продолжается до достижения требуемого уровня точности.

Постановка задачи классификации сводится к следующему: необходимо определить множество X , включающее описания объектов, и конечное множество Y , состоящее из числовых меток или наименований классов. Также имеем неизвестную целевую зависимость (отображение y^*) $X \rightarrow Y$, значения которой известны только на объектах конечной обучающей выборки $X_m = (x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$. На основе исходных данных построить алгоритм $a: X \rightarrow Y$, который способен классифицировать произвольный объект $x \in X$.

Кластеризация – это распределение информации (записей) из БД по сегментам или группам (кластерам) с одновременным определением этих групп [1]. В отличие от классификации, для анализа не требуется предварительное задание классов. Метод k-средних – это один из наиболее распространенных методов кластеризации, который заключается в минимизации суммарного квадратичного отклонения точек от центров кластеров:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2, \quad (1)$$

где S_i – полученные кластеры; k – число кластеров; $i=1, 2, \dots, k$; μ_i – центры масс векторов $x_j \in S_i$.

Когда взаимосвязь между характеристиками объектов в базе данных мож-

но выразить числовыми зависимостями, применяется регрессионный анализ [1]. С его помощью, используя сформированное уравнение регрессии, можно вычислить значение зависимого атрибута на основании заданного значения независимого параметра. Линия регрессии на практике чаще всего находится в виде линейной функции $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$ (линейная регрессия), самым лучшим образом приближающей искомую кривую.

Анализируя поведения временных рядов, можно прогнозировать значения исследуемых характеристик [2]. Существующие методы прогнозирования временных рядов разбиваются на несколько основных групп: нейросетевые методы; регрессионные методы.

Прогнозируемая переменная при регрессионном методе зависит от нескольких независимых переменных различной природы. Вид модели множественной регрессии выглядит следующим образом:

$$Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon, \dots \quad (2)$$

где F – функция от n независимых переменных, ε – ошибка.

Модель линейной регрессии является частным случаем:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon, \quad (3)$$

где $\beta_0, \dots, \beta_n$ – подбираемые коэффициенты регрессии.

В настоящее время нейросетевые методы являются самыми современными и все более развивающимися методами, которые используют нейронные сети для прогнозирования.

Метод ассоциаций позволяет выявлять устойчивые группы объектов со скрытыми связями между ними. Частота встречаемости отдельного элемента или их комбинации, выраженная в процентах, называется показателем распространенности. Если показатель ниже 0,001%, то взаимосвязь между объектами считается незначительной.

Процесс выявления ассоциаций с течением времени называется упорядочиванием. В рамках этого метода формируются правила, описывающие закономерности возникновения определенных групп событий. Эти правила используются для построения сценариев и прогнозирования последующих событий.

Нейронные сети относятся к категории нелинейных адаптивных систем, и их архитектура подобна структуре нейронных тканей, состоящих из множества нейронов. Их математическая модель основана на общем нелинейном элементе, который может быть настроен на основе входных данных. Для понятия сущности искусственных нейронных сетей (ИНС) рассмотрим подробную модель искусственного нейрона, показанный на рисунке 1.

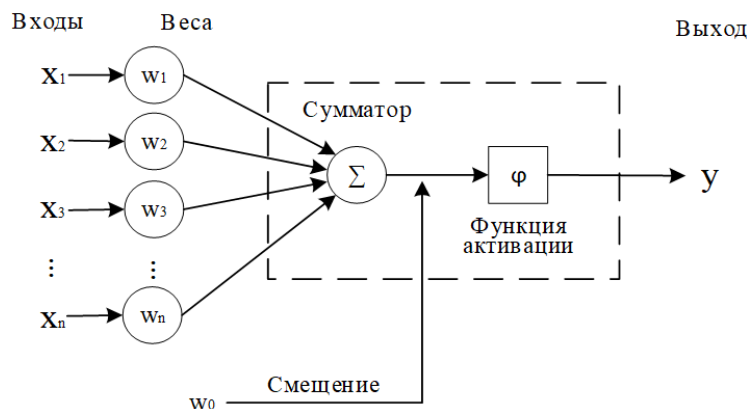


Рисунок 1 – Модель искусственного нейрона

Состояние нейрона можно определить следующим образом [3]:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i + w_0, \quad (4)$$

где x_i – значение i -го входа нейрона; n – число входов нейрона; w_i – вес i -го сигнала.

После чего вычисляется значение аксона нейрона:

$$Y = f(S), \quad (5)$$

где f – активационная функция.

В основном в роли активационной функции выступает сигмоида:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}. \quad (6)$$

Главное преимущество сигмоиды в том, что она дифференцируема на всей оси абсцисс, а также у нее есть простая производная:

$$f'(x) = \alpha f(X)(1 - f(X)). \quad (7)$$

Как видно из (7), уменьшение параметра α делает сигмовидную форму более плоской, в то время как ее увеличение приближает сигмовидную форму к форме одного скачка.

Нейронные сети наиболее широко используются в задачах классификации. Их работа начинается с этапа "обучения", на котором сетевой анализ включает примеры заранее известных входных данных и ожидаемых результатов. В процессе обучения отрегулируйте вес внутреннего соединения и измените внутренние параметры функции активации. После выполнения этого шага сеть может классифицировать новые объекты, но принцип принятия решения все еще неизвестен пользователю [4].

Нечеткая логика используется для обработки данных с нечеткими значениями истинности, выраженными в виде языковых переменных. В системах логического мышления этот метод широко используется для решения задач прогнозирования и классификации, поскольку он позволяет эффективно представлять знания в расплывчатой форме. Нечеткая логика применяется в системах нечеткого вывода.

Система нечетких рассуждений - это процесс формирования нечетких выводов о методах управления объектами на основе нечетких условий и предпо-

сылок, отражающих текущее состояние системы.

Этот процесс основан на ключевых принципах теории нечетких множеств, включая языковые переменные, функции принадлежности, методы нечеткой импликации и другие методы. Разработка и внедрение этих систем прошли несколько этапов: создание базы правил, классификация, подмножества, активация подмножеств и дефаззификация.

База правил в системе нечетких рассуждений формализует профессиональные знания в виде нечетких производственных правил. Эти правила описывают методику управления объектами, их функционирование и другие характеристики, основанные на опыте экспертов.

Эволюционное программирование предполагает, что компьютерная система сама строит предположения о зависимости целевых переменных от других факторов и представляет их в виде программ на специализированных языках. Процесс разработки этих программ организован по принципу эволюции: система сначала создает программу, которая точно отражает выявленные зависимости, затем постепенно модифицирует ее и выбирает наиболее точный вариант. Впоследствии найденные зависимости переводятся в удобную для пользователя форму – например, в виде математических формул или таблиц.

Применение ИАД имеет большие перспективы, поскольку значительно повышает доходы организации, помогая выбирать правильные стратегии. В электроэнергетических организациях используются программные продукты без методов интеллектуального анализа данных, хотя они необходимы для принятия лучших управленческих решений при диагностике и ремонте оборудования для его длительной работоспособности.

Для электроэнергетики наиболее подходящими методами интеллектуального анализа данных являются нечеткие экспертные системы и нейронные сети для прогнозирования и классификации состояния оборудования. Нейронные сети выявляют нелинейные зависимости между будущими и фактическими значениями процессов, а их параллельная структура ускоряет вычисления, что важно для обработки больших объемов данных. Таким образом, использование этих методов для диагностики электроэнергетического оборудования может стать отдельной научной проблемой и темой дальнейших исследований.

Список литературы

- 1 Dr. Matthew A North Data Mining for the Masses : Monograph. USA : Global Text Project, 2012. 264 p.
- 2 Viktor Mayer-Schönberger, Kenneth Cukier. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think : Monograph. Boston : Houghton Mifflin Harcourt, 2013. 242 p.
- 3 Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории: Монография. М.: Горячая линия–Телеком, 2012. 496 с
- 4 Munasypov, R.A., Idrisova, Y.V., Masalimov, K.A. et al. Real-Time Diagnostics of Metal-Cutting Machines by Means of Recurrent LSTM Neural Networks. Russ. Engin. Res. 40, 416–421 (2020). <https://doi.org/10.3103/S1068798X20050160>

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ БАТАРЕЙ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTECH

В электрических сетях падение напряжения и ухудшение его качества в определенных точках системы могут быть вызваны перегрузками оборудования, большим количеством энергоемких потребителей, авариями, а также недостаточной компенсацией реактивной мощности. Для поддержания напряжения в пределах нормы необходимо производить регулирование напряжения сети. В центрах питания это можно достичь за счет установки трансформаторов с РПН и использованием компенсирующих устройств.

В данной работе мы будем рассматривать батареи статических конденсаторов (БСК).

Конденсаторная батарея, оборудованная коммутационной аппаратурой, средствами защиты и управления, образует конденсаторную установку, которая показана на рисунке 1.

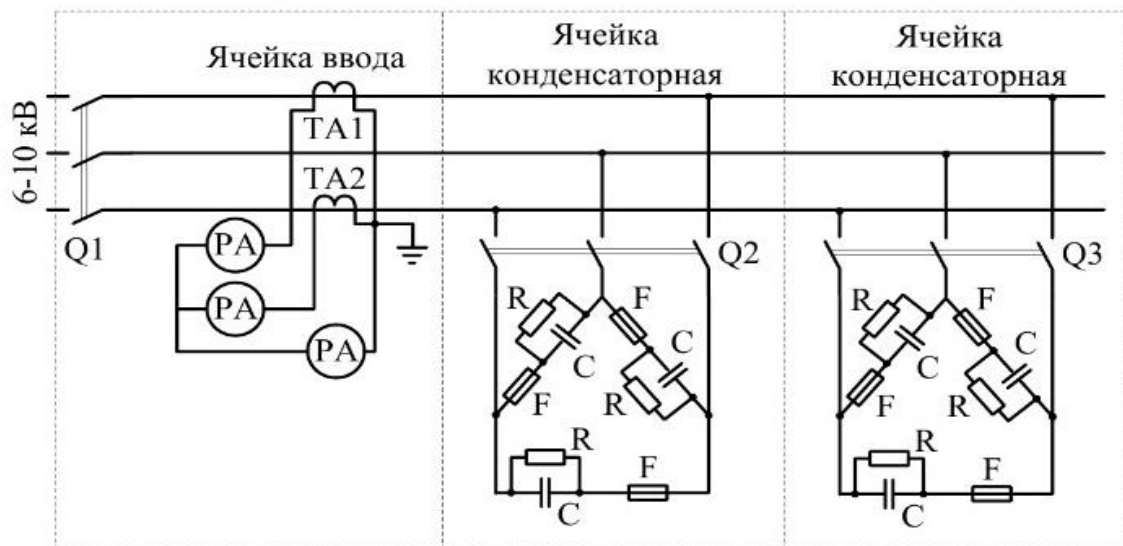


Рисунок 1 – Схема комплектной конденсаторной установки напряжением 6 - 10 кВ.

Мощность, генерируемая КБ, при ее заданной емкости C пропорциональна квадрату приложенного напряжения и частоте:

$$Q_{\text{КБ}} = U^2 \cdot \omega \cdot C$$

Для полного использования конденсаторной мощности конденсаторы батареи, как правило, соединяют в треугольник и включают на линейное напряжение. Общая мощность такой батареи равна:

$$Q_{\text{КБ}} = 3 \cdot U^2 \cdot \omega \cdot C$$

где C – ёмкость конденсаторов, включенных между каждой парой фаз, мкФ.

Для обеспечения безопасного обслуживания отключенных БСК параллельно конденсатором наглухо включаются разрядные резисторы.

Величина сопротивления резистора определяется по следующему выражению:

$$R = 15 \cdot 10^6 \cdot \frac{U_{\phi}}{Q_{\text{КБ}}},$$

где U_{ϕ} – фазное, напряжение сети, кВ;

$Q_{\text{КБ}}$ – мощность БК, квар.

В процессе практических расчетов мы можем определить и рассчитать место установки БСК. Однако, в некоторых случаях, таких как короткое замыкание, это может занять значительное время. Поэтому в настоящее время активно используется математическое и имитационное моделирование.

Существует множество программных комплексов для моделирования, таких как *MATLAB*, *Simulink*, *Multisim* и другие. Среди отечественных решений популярностью пользуются *RastrWin* и *SimInTech*. В *RastrWin* осуществляется модуляция, что позволяет решать определенные процессы методом итераций. Однако для других расчетов требуется имитация модели в реальном времени. Для моделирования электрической сети будем использовать программный комплекс *SimInTech*, который позволяет проводить расчеты как в динамическом, так и в статическом режимах.

В рамках исследования была смоделирована сеть напряжением 110 кВ, заранее определена структурная схема энергетических объектов и параметры всех элементов. На рисунке 2 представлена магистрально-радиальная сеть 110 кВ, а параметры сведены в таблицах 1-3 [1].

Таблица 1 – Нагрузка 5-ти потребителей в режиме наибольших нагрузок

№	Тип	$U_{\text{ном}}$	$P_{\text{н}}$	$Q_{\text{н}}$
1	Нагрузка	10	10	4,3
2	Нагрузка	10	20	9,2
3	Нагрузка	10	15	6,9
4	Нагрузка	10	14	6,02
5	Нагрузка	10	9	4,32

Таблица 2 – Параметры всех ВЛ

ВЛ	ИП-1	ИП-2	ИП-4	1-3	2-5
$U, \text{кВ}$	110	110	110	110	35
$L, \text{км}$	19,79	21,47	28,8	29,2	19,2
$r_0, \text{Ом/км}$	0,301	0,301	0,422	0,422	0,301
$x_0, \text{Ом/км}$	0,434	0,434	0,444	0,444	0,421
$b_0, \text{см/км}$	2,611	2,611	2,547	2,547	–
$F_{\text{ном}}, \text{мм}^2$	95	95	70	70	95

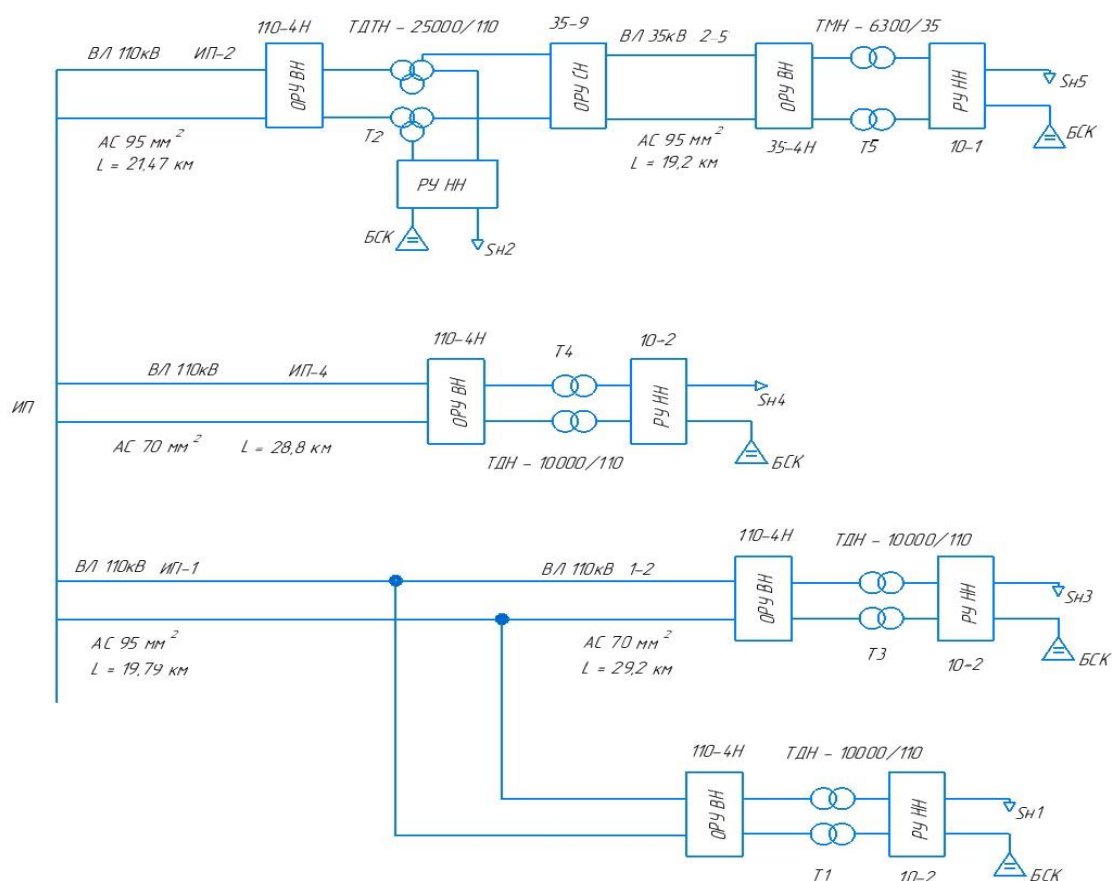


Рисунок 2 – Структурная схема сети

Таблица 3 – Параметры всех трансформаторов

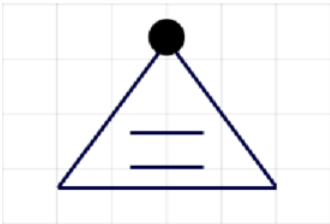
ПС	ПС1	ПС2	ПС3	ПС4	ПС5
Трансформатор	ТДН-10000/110	ТДТН-25000/110/35	ТДН-10000/110	ТДН-10000/110	ТМН-6300/35
$U_{\text{ном ВН}}, \text{кВ}$	115	115	115	115	35
$U_{\text{ном СН}}, \text{кВ}$	—	38,5	—	—	—
$U_{\text{ном НН}}, \text{кВ}$	11	11	11	11	11
$\Delta P_{\text{х}}, \text{кВт}$	14	31	14	14	9,2
$Q_{\text{х}}, \text{квар}$	70	175	70	70	56,7

Данная электрическая схема будет моделироваться из библиотеки блоков ЭЦ-Динамика (ЭЦД) 2.0. и линиями связи, являющихся активными элементами схемы. Для создания проекта используем расчетную схему «Схема модели общего вида» [2]. Для удобства чтения модели расположим ее элементы так, чтобы она повторяла чертеж сети.

Для вывода на экран значений: активной, реактивной мощности, а также напряжения используется блок датчик, который позволяет отображать измеряемые величины. В процессе моделирования учитывались только основные оборудования: трансформатор, воздушные линии, выключатели и разъединители. Остальные элементы не моделировались, чтобы не делать модель огромной [3].

Согласно схемам замещения и формулам, упомянутым ранее, мы смоделировали БСК в виде схемы соединения конденсаторов и реактивных сопротив-

лений в треугольник. Формулы были включены в скрипт данного программного комплекса, что позволило нам создать свойства объекта и выводимые параметры для удобства работы с моделью. В свойствах объекта, как показано на рисунке 3, можно задать номинальную частоту, мощность самого конденсатора и напряжение.



)

Свойства : БСК

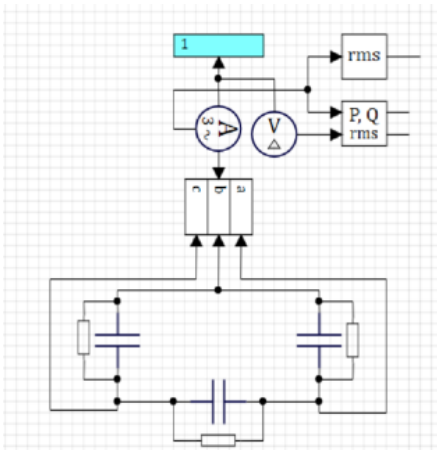
Свойства	Параметры	Общие	Порты	Визуальные слои
Название	Имя	Формула ▲	Значение	
Номинальная частота, Гц	fnom		50	
Номинальная емкостная реактивная мощность, вар	QСnom		5000	
Номинальное напряжение (линейное, rms), В	Unom		10000	

б)

Свойства : БСК

Свойства	Параметры	Общие	Порты	Визуальные слои
Название	Имя	Значение		
Ток, А	Ibsc_out	[0.2887702671 , 0.2887702671 , 0.2887702671]		
Реактивная мощность, Вар	Qbsc_out	-5001.644366		
Потери активной мощности, Вт	dP	5.812254163		

в)



г)

Рисунок 3 – Моделирование БСК и её параметры:
а - модель БСК; б, в – свойства БСК; г – схема замещения БСК.

Проведем эксперимент до установки БСК. На рисунке 4 представлено моделирование сети без установки БСК, где наблюдается просадка напряжения до 9,7 кВ.

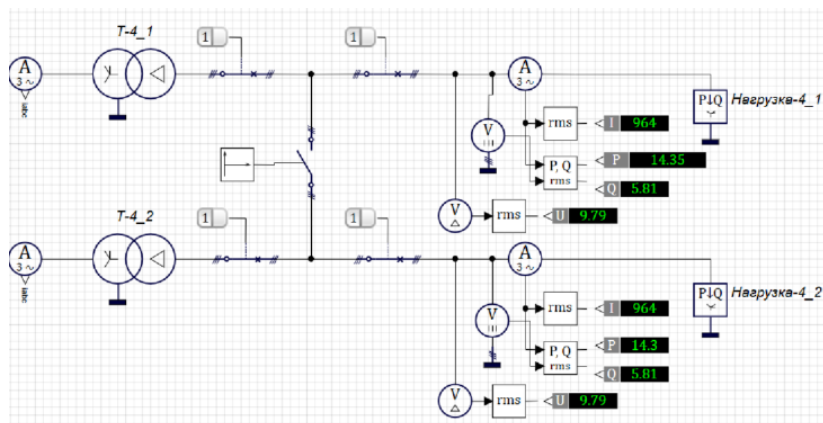


Рисунок 4 – Результаты до установки БСК

Проведем эксперимент с установленной БСК. Добавим в данную сеть БСК мощностью 2,8 МВт. Мы видим, что генерируемая реактивная мощность снизилась, а напряжение поднялось до 10,1 кВ, что находится в пределах допустимых норм. Таким образом, мы подтвердили, что БСК выдает мощность 2,8 МВт, а потери БСК, согласно полученным данным, минимальны. На основе проведенного эксперимента делаем вывод об адекватной работе разработанной модели.

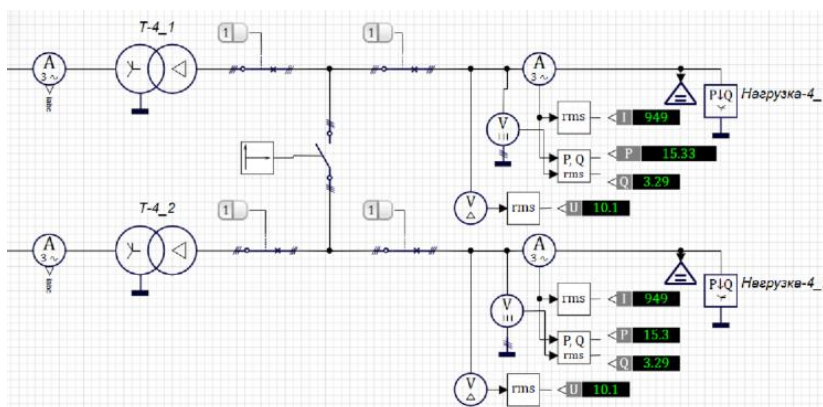


Рисунок 5 – Результаты после установки БСК

Таким образом, разобрана проблема регулирования реактивной мощности распределительной сети, а также рассмотрено одно из средств компенсации реактивной мощности – батареи статических конденсаторов. Смоделирована модель БСК, в виде схемы замещения треугольника, с учетом разрядки конденсаторов при отключении, то есть с учетом потерь в самом БСК. Проведены опыты работы до и после установки БСК на базе программного комплекса SimInTech.

Результаты эксперимента показали, что применение БСК позволяет снизить потери реактивной мощности и повысить напряжение в сети.

Список литературы

1. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.
2. Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]. URL: https://help.simintech.ru/#1_spravochnaya_sistema_i_ee_nastrojka/DIR_spravochnaya_sistema_i_ee_nastrojka.html (дата обращения 16.03.2025).
3. Среда динамического моделирования технических систем «SimInTech» [Электронный ресурс]. URL: https://help.simintech.ru/oxy_ex-1/webhelp_docs/SIT_SimInTech_ECD.pdf (дата обращения 16.03.2025).

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ИХ ПРИМЕ- НЕНИЕ

Силовые трансформаторы играют ключевую роль в системах электро-снабжения, обеспечивая передачу и распределение электрической энергии. Эффективное моделирование этих устройств необходимо для повышения надежности и оптимизации их работы. В последние годы инновационные методы моделирования становятся все более актуальными, позволяя улучшить характеристики трансформаторов и снизить затраты на их обслуживание. В данной статье мы рассмотрим современные методы моделирования силовых трансформаторов и сравним их с традиционными подходами.

Традиционные методы моделирования силовых трансформаторов основываются на линейных электрических характеристиках.

Электрические схемы: Обычные модели включают сопротивления, индуктивности и емкости, которые используются для описания работы трансформаторов в статических режимах.

Физические модели: Эти методы требуют понимания физики процессов, происходящих в трансформаторе, включая магнитный поток, теплоперенос и механические напряжения.

Однако традиционные методы имеют свои ограничения. Они не учитывают нелинейные эффекты, такие как магнитные насыщения и температурные зависимости, которые могут существенно влиять на производительность трансформатора. Также они менее эффективны в оценке динамического поведения оборудования под воздействием переменных нагрузок и нестабильных сетевых условий.

В свою очередь, современные численные методы предоставляют более продвинутое решение для анализа и моделирования силовых трансформаторов.[1]

Метод конечных элементов (МКЭ): Этот метод позволяет разбить сложную геометрию трансформатора на мелкие элементы, что упрощает вычисление электрических и магнитных полей, а также механических напряжений. [3] МКЭ применяется для анализа магнитного поля: Определение распределения магнитного потока в сердечнике и обмотках, теплообмена: моделирование теплоотводов и предотвращение перегрева трансформатора.

Метод конечных разностей (МКР): Этот метод может использоваться для анализа временных изменений в электрических полях. Он полезен для динамического моделирования поведения трансформаторов при изменении нагрузки или коротких замыканиях. [3]

Оба метода позволяют значительно повысить точность моделирования, но требуют значительных вычислительных ресурсов и времени на обучение.

Современные программные решения позволяют автоматизировать процесс моделирования и значительно ускорить получение результатов. Вот примеры некоторых программ.

ANSYS Maxwell — это мощный инструмент для электромагнитного моделирования, который использует метод конечных элементов (МКЭ).

Функциональные возможности включают в себя. Моделирование магнитных полей, электрических цепей и теплопередачи. Визуализация магнитных потоков, распределения напряжений и температур. Оптимизация конструкции трансформаторов для повышения эффективности.

Широко используется для разработки и анализа трансформаторов, двигателей и других электромагнитных устройств. [4]

COMSOL является многофункциональной платформой для многопараметрического моделирования. Возможность интеграции различных физических процессов: электрических, тепловых, механических и химических. Простота создания моделей с использованием графического интерфейса и возможностей программирования. Расширяемость через пользовательские модули и интерфейсы для специфических задач. Широко используется для синхронного анализа сложных физических процессов, что позволяет получить надежные результаты для различных систем, включая трансформаторы. [4]

EMTP-RV — это программа для моделирования электромагнитных переходных процессов в электрических сетях. Анализ событий, таких как короткие замыкания, отключения и переключения. Новый подход к моделированию динамического поведения трансформаторов под воздействием различных условий. Полезен для анализа работы трансформаторов в сложных электрических сетях, особенно в условиях турбулентных переходных процессов. [4]

Применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в области моделирования силовых трансформаторов и энергетических систем в целом стало одной из самых перспективных и быстро развивающихся областей. Эти технологии позволяют значительно улучшить точность прогнозов, оптимизацию процессов и повышение надежности оборудования. Рассмотрим подробнее, как ИИ и МО используются в моделировании и анализе силовых трансформаторов.

Искусственный интеллект включает в себя различные методы и алгоритмы, которые позволяют машинам выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта, такие как обучение, восприятие, принятие решений и предсказание. Машинное обучение, в свою очередь, является одной из основных областей ИИ, сосредоточенной на разработке алгоритмов, которые позволяют компьютерам автоматически улучшаться с течением времени на основе изучаемых данных. [5]

Применение ИИ и МЛ в моделировании силовых трансформаторов:

Прогнозирование отказов. Модели предсказания, основанные на ИИ и МЛ, могут анализировать исторические данные о работе трансформаторов, включая параметры нагрузки, температуры, напряжения и возникающие неисправности. С помощью методов классификации и регрессии можно предсказать

вероятность отказа на основе различных факторов, что позволяет проводить профилактические работы заблаговременно.

Оптимизация конструкции. ИИ может использоваться для автоматизированного проектирования трансформаторов, позволяя создавать оптимальные геометрические и физические параметры конструкции. Алгоритмы генетического программирования и другие методы событийной оптимизации используются для поиска решений, которые обеспечат минимальные потери и максимальную эффективность.

Анализ больших данных. Современные трансформаторы генерируют огромные объемы данных, включая информацию о работе, условиях эксплуатации и многом другом. ИИ-алгоритмы могут эффективно обрабатывать и анализировать эти данные, выделяя полезную информацию, такие как тенденции и аномалии в работе трансформатора.

Улучшение методов диагностики. Использование методов глубокого обучения (нейронные сети) позволяет разработать более точные диагностические инструменты для мониторинга состояния трансформаторов. Модели могут анализировать данные с датчиков и выявлять отклонения от нормального состояния, что способствует быстрому реагированию на потенциальные проблемы. [5]

Преимущества и недостатки применения искусственного интеллекта и машинного обучения.

Преимущества. Повышение точности анализа: Модели на основе ИИ могут учитывать сложные взаимосвязи между параметрами, что улучшает точность прогноза и анализ данных. **Динамическое адаптирование:** алгоритмы могут адаптироваться к изменениям условий работы и новым данным без необходимости пересмотра моделей. **Снижение затрат:** эффективное предсказание отказов и оптимизация процессов могут помочь сократить затраты на обслуживание и улучшить эксплуатационные характеристики.

Недостатки. Необходимость больших объемов данных: для успешного обучения моделей требуется много данных, что может быть проблемой для новых или нестандартных трансформаторов. **Сложность алгоритмов:** некоторые модели могут быть трудны для интерпретации, что затрудняет понимание результатов и принятие решений на их основе. **Зависимость от качества данных:** качество выходных данных напрямую зависит от надежности и точности входных данных. Неполные или некачественные данные могут привести к плохим результатам.

Таким образом, инновационные методы моделирования позволяют достичь значительных преимуществ. **Повышение эффективности:** более точные модели помогают снизить потери энергии и улучшить КПД трансформаторов. **Снижение затрат:** оптимизация конструкции влияет на снижение материальных и эксплуатационных затрат. **Улучшение надежности:** прогнозирование возможных неисправностей и аспектов, влияющих на надежность, позволяет избежать ненужных простоев.

Инновационные методы моделирования силовых трансформаторов, включая численные методы, современные программные решения и технологии искусственного интеллекта, открывают новые возможности при разработке конструктива трансформаторов, позволяя оптимизировать и автоматизировать процесс моделирования, значительно сокращая затраты человеко-часов при проектировании. Внедрение данных технологий будет способствовать не только увеличению эффективности и надежности трансформаторов, но и обеспечению устойчивого развития энергетических систем в целом. На фоне продолжающегося прогресса в области электроэнергетики, исследование и развитие новых методов становится необходимым условием для достижения поставленных целей. Данное исследование актуально для конструкторской и проектной деятельности в сфере сетевых технологий. На сегодняшний день исследования оптимизации моделирования продолжаются.

Список литературы

1. Алексеев, В. Н. "Проблемы моделирования трансформаторов с учетом нелинейных эффектов." Электрические станции, 2017.
2. Григорьев, В. П. "Силовые трансформаторы: основы проектирования и расчета." Москва: Энергоатомиздат, 2005.
3. Костюков, А. Б. "Моделирование динамики трансформаторов с использованием метода конечных элементов." Журнал электроника и энергетика, 2018.
4. Поляков, С. В., Бочарников, И. А. "Искусственный интеллект в электроэнергетике." Электрические сети, 2019.
5. Кулаков, А. В., "Методы и средства моделирования электроэнергетических объектов." Санкт-Петербург: Политехнический университет, 2015.

*А.А. Лазарев, студ.; Д.И. Хуторов, студ.; рук. Л.И. Долецкая, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ НА ВЛ 6–20 кВ

В настоящее время более 70% аварийных отключений происходит в электрических сетях напряжением 6-20 кВ, поскольку эти линии наиболее подвержены воздействию разных видов погодных условий. Данные значения аварийности свидетельствуют о низкой надежности линий на данный класс напряжения. Существует множество способов повышения технической эффективности воздушных линий (ВЛ). Перспективным направлением для улучшения эффективности и обеспечения надежности ВЛ напряжением 6-20 кВ является использование защищенных проводов. Самонесущие изолированные провода имеют ряд преимуществ перед традиционными ВЛ, которые, в совокупности, приносят положительный эффект.

В данной статье изложена оценка параметров технической эффективности при использовании самонесущих изолированных проводов на ВЛ 6-20 кВ. К показателям технической эффективности при замене ВЛ на ВЛЗ с использованием СИП-3 относятся такие показатели, как:

1. Изменение потерь напряжения, ΔU_0 ;
2. Время аварийных отключений на, $T_{ав}$;

3. снижением годового недоотпуска электроэнергии, $W_{нд}$.

Неизолированные провода на ВЛ имеют ряд недостатков, применение и замена таких проводов на СИП устраняют эти недостатки и способствуют улучшению технических, эксплуатационных и экономических факторов:

Технические факторы:

- Опасность поражения электрическим током при обрыве провода. Путем замены ВЛ на ВЛЗ снизился риск случайного прикосновения к токоведущей жиле, что способствовало уменьшению случаев поражения электрическим током при обрыве провода или электромонтаже.

Эксплуатационные факторы:

- Налипание снега и влажность из-за дождя. Воздействие погодных факторов на прямую влияет на срок службы провода. Изоляция токоведущих жилы проводов типа СИП не подвержены влиянию погодных факторов и всегда остаются сухие, что значительно продлевает срок службы провода

- Сниженная вероятность возникновения короткого замыкания;

- Необходимость обязательной обрезки деревьев и ветвей вблизи проводов;

Экономические факторы:

- Незаконное потребление электроэнергии. Изоляция провода СИП предотвращает несанкционированное потребление электроэнергии.

- Большие потери электроэнергии и напряжения, вследствие значительного реактивного сопротивления

- Снижение недоотпуска электроэнергии. СИП имеют более низкое сопротивление, чем неизолированные провода.

Оценка изменения потерь напряжения.

Для оценки изменения потерь напряжения вводится коэффициент изменения потерь напряжения $\Delta U_0, \%$ (1).

$$\Delta U_0 = \frac{\Delta U_0^{\text{СИП-З}}}{\Delta U_0^{\text{АС}}} \cdot 100\% = \frac{Q \cdot X_0^{\text{СИП-З}}}{U_H^2} \cdot \frac{U_H^2}{Q \cdot X_0^{\text{АС}}} = \frac{X_0^{\text{СИП-З}}}{X_0^{\text{АС}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где:

$\Delta U_0^{\text{СИП-З}}$ – потери напряжения в линии с применением самонесущего изолированного провода, кВ;

$X_0^{\text{АС}}$ – потери напряжения в линии с применением неизолированного провода, кВ.

Таблица 1 – Изменение потерь напряжения при использовании СИП на ВЛЗ [3]

Сечение провода, мм ²	X, Ом/км		$\Delta U_0, \%$
	АС	СИП-3	
50	0,366	0,299	81,71
70	0,356	0,291	81,71
95	0,345	0,284	82,33
120	0,339	0,278	82,01

Из данной таблицы видно, что изменение потерь напряжения при замене АС на СИП варьируются от 81,71% до 82,01% в зависимости от сечения провода.

Оценка времени аварийных отключений и годового недоотпуска электроэнергии.

Время аварийных отключений 1 км ВЛ в течение года $T_{ав}$, необходимое для определения ущерба от недоотпуска электроэнергии [1], определяется из выражения:

$$T_{ав} = \eta_{он} \cdot t_{он} + \eta_{нр} \cdot t_{нр}, \quad (2)$$

где:

$t_{он}, t_{нр}$ – среднее время восстановления 1 км ВЛ после повреждения опор, проводов;

$$\eta_{он} = \eta_{он}^Б + \eta_{он}^{БГ} + \eta_{он}^Г; \quad \eta_{нр} = \eta_{нр}^Г.$$

При замене неизолированных проводов на ВЛ 10 кВ на ВЛЗ с использованием СИП-3 снижаются значения повреждаемости проводов и опор, и как следствие, повышается надежность линий. Величину снижения времени аварийных отключений ВЛ ($\Delta T_{ав}, ч$) и, снижение годового недоотпуска электроэнергии ($\Delta W_{нд}, кВт \cdot ч$) потребителям используются для оценки эффективности замены неизолированных проводов на провода ВЛЗ [2].

$$\Delta T_{ав} = T_{авj} - T_{авi}, \quad (3)$$

$$\Delta W_{нд} = W_{ндj} - W_{ндi} = P_{откл} \cdot \Delta T_{ав}, \quad (4)$$

где $P_{откл}$ – нагрузка потребителей ВЛ, отключаемая при повреждениях, кВт;

$T_{авj}$ – время аварийных отключений на ВЛ, ч;

$T_{авi}$ – время аварийных отключений на ВЛЗ, ч;

$W_{ндj}$ – снижением годового недоотпуска электроэнергии на ВЛ, кВт · ч;

$W_{ндi}$ – снижением годового недоотпуска электроэнергии на ВЛЗ, кВт · ч.

Степень снижения недоотпуска электроэнергии оценивается в относительных единицах самого снижения недоотпуска $W_{нд}$ [2], и определяется следующим выражением (5).

$$W_{нд} = \left(\frac{\Delta W_{нд}}{W_{ндi}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{\Delta T_{ав}}{T_{авi}} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Значения времени $\Delta T_{ав}$ и недоотпуска электроэнергии $\Delta W_{нд}$ являются техническими показателями эффективности замены ВЛ на ВЛЗ.

Таблица 2 – Снижение времени аварийных отключений и недоотпуска электроэнергии при замене проводов

ВЛ	ВЛЗ	Время $\Delta T_{ав}$, ч/км при поврежд. линий	$W_{нд}$, %
А-35	СИП-50	0,87	69
А-50	СИП-50	0,83	68
А-70	СИП-70	0,81	66
АС-25	СИП-50	0,64	62
АС-35	СИП-50	0,61	61
АС-50	СИП-50	0,60	61
АС-70	СИП-70	0,60	61

На основе анализа таблицы 2, делается вывод, что замена неизолированных проводов на СИП-3 на ВЛЗ приводит к снижению времени аварийных отключений в сетях в диапазоне от 61% до 69% в зависимости от сечения и марки провода снижению недоотпуска электроэнергии от 0,60 до 0,87 ч/км.

Список литературы

1. Андреев Е.С., Долецкая Л.И., Петров В.С. Показатели надежности воздушных линий 10 кВ с защищенными проводами при гололедно-ветровых воздействиях // Энергетика, информатика, инновации-2011, посвященная 50-летию ГОУВПО «МЭИ(ТУ)» в г. Смоленске. Сб. трудов Межд. науч.-техн. конф. – Смоленск, 2011. – С. 24 – 27.
2. ГОСТ Р 52373—2005. Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередачи. Введ. 01.07.2006.
3. Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 – 20 кВ с самонесущими изолированными и защищенными проводами. Книга 4. Система защищенных проводов 6 – 20 кВ. Том 1 / А. В. Логинов, С. Е. Логинова и др. С-Пб.: ENSTO – ОАО «РОСЭП», 2005.

*А.А. Лемешева, студ.; рук. Л.В. Вайтеленок, ст. преп.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Потери электроэнергии представляют собой одну из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкиваются энергетические системы по всему миру [1]. Эти потери могут возникать на различных этапах генерации, передачи и распределения электроэнергии, что приводит к значительным экономическим убыткам. Одной из составляющих фактических потерь сети являются технические потери. Они обусловлены физическими процессами при передаче электроэнергии и делятся на нагрузочные и условно-постоянные потери. Нагрузочные потери преобладают в тех элементах сети, которые находятся соответственно под значительной нагрузкой, таких как силовые трансформаторы и линии электропередачи, особенно в условиях пикового спроса. В то же время условно-

постоянные потери имеют наибольшее значение в силовых трансформаторах, за счет потерь на холостой ход.

При проектировании распределительных сетей важно учитывать вышеуказанные потери для оптимизации выбора проводников, трансформаторов и другого оборудования, а также сети в целом. Расчет потерь позволяет проводить анализ работы сети при различных факторах, включая режим работы, параметров оборудования и нагрузки, что позволяет использовать модель в исследовательских целях.

В первой части разработки модели [2] по расчету потерь электроэнергии в программе SimInTech [3] авторы данной работы использовали показания ваттметров для определения суммарных потерь в линии и трансформаторе. Для получения потерь электроэнергии использовался блок «Интегрирования» в главном окне модели, таким образом, результаты выводились как в численном виде, так и в виде графиков.

В данной исследовательской работе предлагается усовершенствованная модель для расчета и учета потерь мощности и электроэнергии в зависимости от их характера.

Для уже разработанной модели (рис.1) в скрипте программы были добавлены формулы для расчета нагрузочных и условно-постоянных потерь мощности, которые учитывают параметры линии и трансформатора (рис. 2). Для расчета нагрузочных потерь линии использовались измеренные параметры, полученные непосредственно в самом блоке линии: полная мощность в начале линии, напряжение в начале линии, удельное активное сопротивление и длина линии.

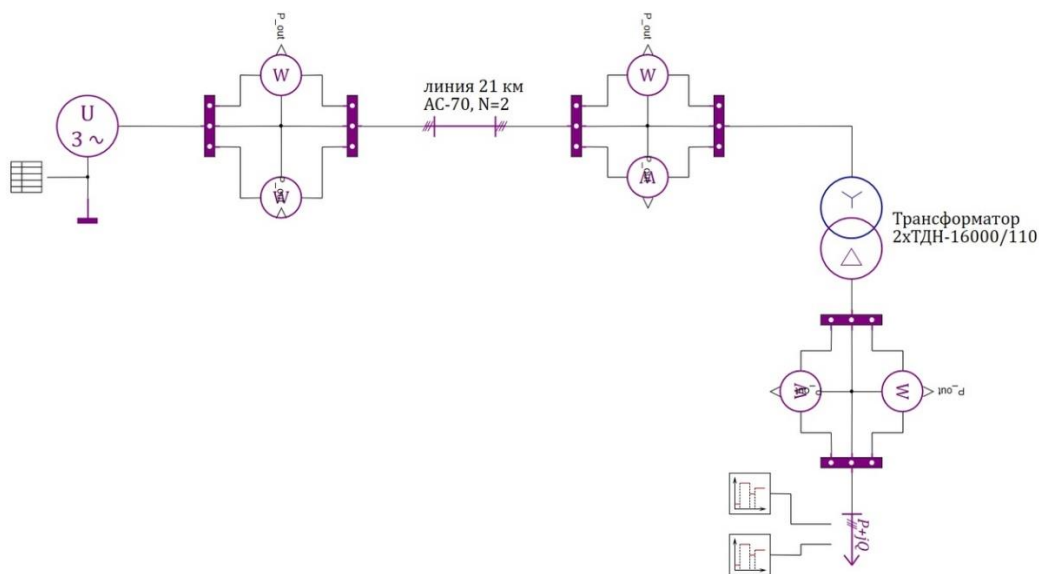


Рисунок 1 – Модель электрической сети

```

Png=(((((w3ph1.S1_out[1])^2)/(w3ph1.Uabc1_rms[1]*sqrt(3))^2)*w3ph1.Z1[1]*w3ph1.L1ep) // нагрузочные потери линии
Pnu=deltaPL-Png //условно-постоянные потери линии
Pnt=(3*((T3F2W2T1.Ihv_rms[1])^2)*(T3F2W2T1.Zhpu[2]*2)*Zb)*10^(-6) //нагрузочные потери в трансформаторе
Put=deltaPT-Pnt //потери XX

```

Рисунок 2 – Скрипт раздельного расчета потерь мощности в зависимости от характера потерь

Для определения нагрузочных потерь в трансформаторе также использовались параметры из характеристик блока, расчеты проводились через фазный ток трансформатора. Условно-постоянные потери вычислялись как разница между суммарными, полученными по показаниям ваттметров, и нагрузочными потерями.

Для получения потерь электроэнергии выполняется интегрирование полученных из скрипта программы потерь мощности (рис.3).



Рисунок 3 – Вычисление потерь электроэнергии и результаты модели

Однако для разработанного варианта расчета потерь мощности через программный скрипт возникают трудности, поскольку каждому из параметров присваивается индивидуальное имя блока и эти значения зависят от особенностей конкретного блока. При внесении изменений, таких как добавление нового объекта схемы, потребуется повторное формулирование расчетов для обновленного блока, а это, в свою очередь, увеличивает вероятность возникновения ошибок, как и для ручного расчета.

В связи с данной проблемой на текущем этапе модернизации компьютерной модели выполнена интеграция формул для расчета потерь мощности непосредственно в скрипт самого блока, для того чтобы они выводились в свойстве объекта как отдельный параметр.

Для этого в свойстве блока из вкладки «Общие» было выполнено редактирование «Интерпретируемого скрипта» посредством введения формул для расчета технических потерь, используемых ранее в скрипте программы, только в этом случае к параметрам не присваивается имя самого блока. В формуле ис-

пользуются обозначения, используемые и указанные в том же скрипте (рис. 4). Особенность и различие расчета потерь холостого хода и суммарных в трансформаторе от используемых ранее, обуславливается использованием параметра, таких как напряжение на вводе трансформатора (R4.Ure_out), получаемое из схемы замещения блока.

Рисунок 4 – Формулы для расчета технических потерь в интерпретируемом скрипте блока трансформатора

В командном окне произведена модификация блока, а также добавление вычисленных параметров (рисунок 5).

Свойства : T3F2W2T1		
Свойства	Параметры	Общие
Порты		
Визуальные слои		
Название	Имя	Значение
Суммарные потери	deltaP	[0.06190666661]
Потери XX	deltaPx	[0.03368057837]
Нагрузочные потери	deltaPn	[0.02822608824]

Рисунок 5 – Результат вычисления потерь мощности во вкладке «Параметры» блока трансформатора

Результаты вычисления потерь мощности в графическом виде представлены на рис. 6-8.

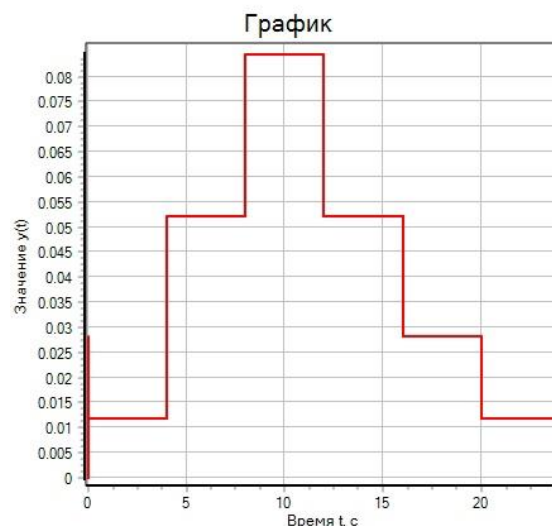


Рис. 6 – Результат вычисления нагрузочных потерь мощности в трансформаторе

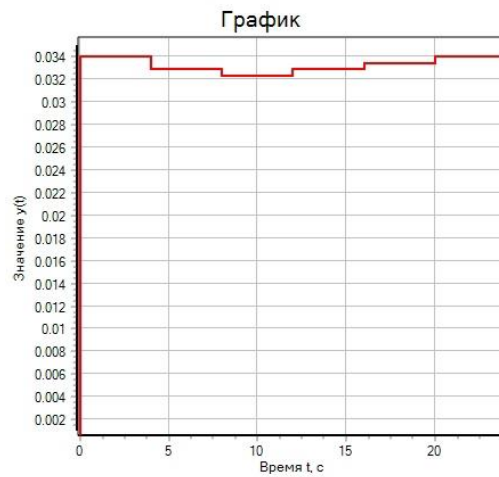


Рис. 7 – Результат вычисления условно-постоянных потерь мощности в трансформаторе

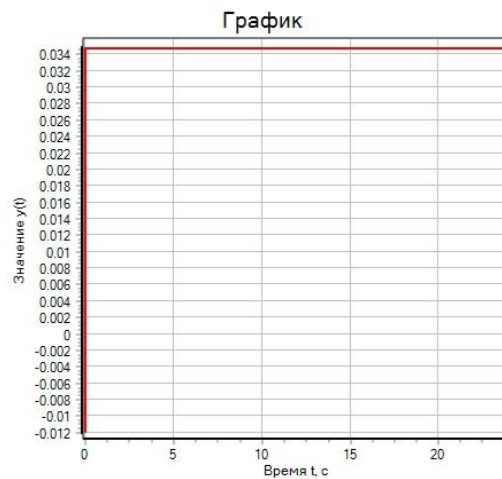


Рис. 8 – Результат вычисления условно-постоянных потерь мощности в трансформаторе при отсутствии нагрузки

Для приведенных зависимостей условно-постоянных потерь в трансформаторе характерно изменение данных потерь при наличии нагрузки в виду значительного изменения напряжения на вводе трансформатора с изменением нагрузки и постоянный характер при отсутствии нагрузки. Данные результаты соответствуют реальным физическим закономерностям, что свидетельствует об адекватности модели.

Данная модификация расчетной модели позволяет применять готовые блоки линии и трансформатора для анализа более сложных и разветвленных сетевых структур, что существенно расширяет спектр возможностей для проведения исследовательских работ. Тем не менее, остаются определенные недостатки, которые можно устранить, например, возможность интеграции блока в библиотеку данных может повысить его доступность и упростить дальнейшее использование на практике. Это открывает новые горизонты для дальнейшего развития и улучшения модели, подчеркивая необходимость продолжения исследований в этой области.

Таким образом, дальнейшая оптимизация и расширение функциональности модели представляют собой важные шаги к повышению ее эффективности и удобства в использовании.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года» СПС «Гарант»: Режи доступа <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/>
2. Вайтеленок, Л. В. Разработка модели расчета потерь электроэнергии с учетом изменения нагрузки / Л. В. Вайтеленок, А. А. Лемешева // Энергетика, информатика, инновации - 2024 : труды участников XIV Международной научно-технической конференции, Смоленск, 13–14 ноября 2024 года. – Смоленск: Универсум, 2024. – С. 24-29.
3. Справочная система SimInTech Справочная система SimInTech (v24.09.2024).

*А.М. Мартынов, студ., рук. Л.И. Долецкая, к.т.н, доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБЗОР МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В системах распределения и передачи электроэнергии необходимо обеспечивать нормальное функционирование силовых трансформаторов в течение всего срока службы. Для этого необходимо проведение постоянного диагностирования их технического состояния.

Обнаружить нарушения состояния всех систем и узлов силовых трансформаторов позволяет совокупное комплексное диагностическое обследование в процессе эксплуатации. Такое обследование делает возможным выработку рекомендаций по ликвидации дефектов, приведение трансформатора в рабочее состояние и дальнейшее их использование.

Комплексное обследование включает в себя следующие этапы [1]:

1. Исследование трансформаторов на предмет аварийности и типичных дефектов;
2. Получение необходимой технической информации: рабочего напряжения, уровней токов короткого замыкания, режима работы, нагрузки, особенностей эксплуатации, климатических условий и пр.;
3. Исследование результатов эксплуатационных измерений и анализ технической документации;
4. Выполнение традиционных электрических измерений на отключенном трансформаторе, включая потери холостого хода, тангенс угла диэлектрических потерь, сопротивление изоляции обмоток и вводов, сопротивление (напряжения) короткого замыкания и пр.;
5. Исследование режимов холостого хода, режима нагрузки с целью обнаружения частичных разрядов, в том числе их местоположения при помощи акустических приборов, проведение тепловизионного контроля узлов трансформатора, вибрационный анализ бака и маслонасосов системы охлаждения;
6. Осуществление отбора проб масла из бака трансформатора, маслонеполненных вводов и контакторов РПН с целью проведения физико-химического анализа в лабораторных условиях;

7. Составление технического отчета, содержащего результаты обследования, их анализ, заключение о техническом состоянии трансформатора и рекомендации по дальнейшей эксплуатации и регулярному диагностическому контролю. При необходимости – определение объема и методики проведения ремонтных работ;

Проведение комплексного обследования производится как традиционными, так и современными методами диагностики.

Для проведения традиционной диагностики электрооборудования необходим временный вывод в ремонт с риском окончательного вывода его из строя, например, при испытаниях с повышенным напряжением. Иной проблемой является то, что такие методы контроля производятся значительно реже, чем скорость развития дефекта. Из-за отсутствия прямых методов определения старения твердой изоляции, часто используются косвенные методы, отражающие процессы поляризации, абсорбции, ионизации и проводимости.

По причине наличия значительных недостатков традиционных методов и необходимости вывода из работы электрооборудования, предлагаются современные методы диагностики, обеспечивающие возможность дистанционного контроля и тестирования оборудования. К таким методам можно отнести:

- Тепловизионный контроль – при перегрузках, возникновении локальных повреждений, нарушениях контакта появляются зоны повышенной температуры, которые можно обнаружить тепловизорами или пирометрами;

- Обнаружение частичных разрядов – при возникновении повреждений в изоляции появляются микроскопические вспышки, которые не приводят к пробое, но приводят к повреждению материала. Для выявления таких состояний используют датчики электромагнитного излучения, фиксирующие импульсы разрядов. С нарастанием частоты и интенсивности импульсов увеличивается вероятность аварии;

- Вибрационный анализ – во время эксплуатации, трансформаторы постоянно вибрируют под действием магнитных полей и при возникновении повреждений, характер вибраций меняется. Датчики фиксируют изменение вибраций и анализ их спектра позволяет выявить проблемы на ранних стадиях;

- Хроматографический анализ растворенных газов (ХАРГ) – во время перегревов, частичных разрядов, пробоев в масле накапливаются газы, по концентрации которых можно предсказать наличие дефекта или его развитие.

Самым эффективным методом из представленных можно считать ХАРГ. ХАРГ позволяет: предсказывать формирование дефектов оборудования на ранних этапах в реальном времени, что невозможно при использовании традиционных методов; помогает определить характер повреждения и его уровень, а также место протекания неблагоприятных процессов.

Для приведения соотношений с целью оценки состояния маслонаполненного оборудования способом ХАРГ используются следующие газы: водород (H_2), метан (CH_4), этан (C_2H_6), этилен (C_2H_4), ацетилен (C_2H_2), угарный газ (CO), углекислый газ (CO_2). Азот и кислород присутствуют всегда, но их концентрация может изменяться, в зависимости от герметичности корпуса транс-

форматора, так же могут быть растворены и другие газы, которые не учитываются при поиске дефектов [2].

Посредством ХАРГ можно провести диагностику значительной части элементов электрооборудования, в таблице 1 представлены дефекты активной части трансформатора.

Таблица 1 «Карта возможных дефектов трансформатора в активной части» [3]

Подсистема (узел)	Дефекты (и повреждения)
Активная часть	1.1 Развивающиеся дефекты (и повреждения)
	Повышенный нагрев элементов конструкции (наличие короткозамкнутых контуров, ухудшение контактов обтекаемых рабочим током)
	Перегревы в магнитопроводе
	Распрессовка магнитопровода
	Деформация обмоток
	Наличие источников разрядов и нагревов на электромагнитных шунтах
	1.2 Износные дефекты
	Увлажнение изоляции
	Загрязнение поверхности изоляции
	Старение изоляции
	Загрязнение масла
	Старение масла
	Механическое ослабление крепления обмоток

Значительная часть диагностики может быть автоматизирована, включая не только измерения, но и оценку результатов. Современные технологии с использованием компьютера, позволяют повысить надежность контроля и значительно снизить влияние субъективных факторов на результат.

В данной статье для примера приведены результаты первичного хроматографического анализа трансформаторного масла трансформатора ТДТН - 16000/110 со свободным дыханием и сроком эксплуатации 10 лет.

После обработки отобранного из бака масла был получен состав и концентрация растворенных в масле газов, которые приведены в таблице 2. Также в этой же таблице указаны допустимые концентрации газов для трансформаторов 110 кВ сроком службы более 5 лет [2].

Таблица 2 Концентрации растворенных газов

Газ	H_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	CO	CO_2
Концентрация, % па анализу	0,0221	0,0241	0,0053	0,0172	0,01342	0,05	0,15
Допустимая кон- центрация	0,002	0,001	0,002	0,008	0,0008		

Анализ данных таблицы 2 показывает, что допустимая концентрация водорода превышена в 11 раз, метана более чем в 20 раз, этана в 2,5 раза, этилена более чем в 2 раза, ацетилена в 17 раз.

Далее было выполнено определение вида дефекта по диаграмме состава газов, для этого:

- определяется величина отношений каждого из газов к концентрации газа, имеющего наибольшую концентрацию, в данном случае это газ CH_4 (для него отношение равняется 1);

- на оси абсцисс равномерно располагаются газы в порядке: водород (H_2), метан (CH_4), этан (C_2H_6), этилен (C_2H_4), ацетилен (C_2H_2), а на оси ординат вычисленные отношения с газом, имеющим наибольшую концентрацию;

- выполняется сравнение полученной диаграммы с образом дефекта [4];

Результат формирования диаграммы газов, а также образ дефекта «Нагрев в диапазоне средних температур» изображены на рисунке 1.

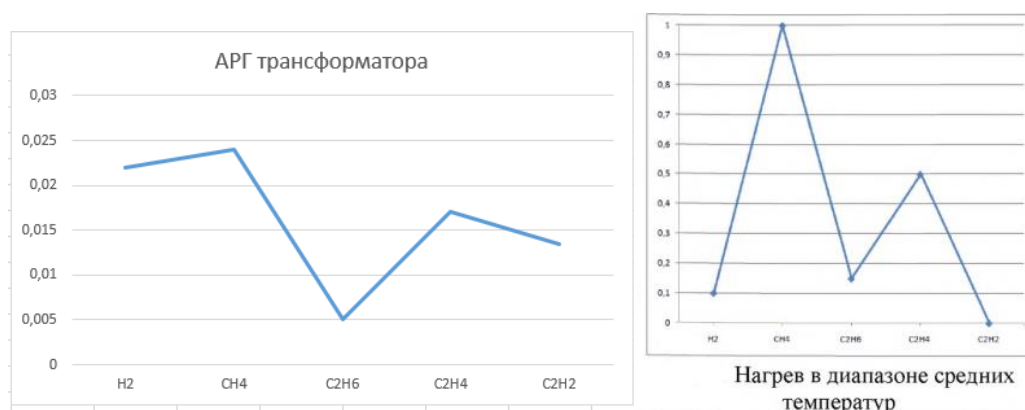


Рисунок 1 Диаграмма АРГ трансформатора и предполагаемый дефект

На основе полученных данных можно прогнозировать термический дефект в диапазоне средних температур (от 300 до 700 °С) [4]

Исходя из соотношения концентраций $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}} = 3$ можно сделать вывод о возможном повреждении целлюлозной изоляции и вероятно наличие искрения или горячей точки с температурой более 200 - 250 °С [4].

Чаще всего, единоразового ХАРГ недостаточно и дефект не определяется, в таком случае продолжается наблюдение за скоростью нарастания концентрации газов и уже на основе этого принимается решение о выводе в ремонт или других дальнейших операциях над трансформатором. В данном же примере рекомендуется вывод в ремонт трансформатора из-за наличия большого нагрева.

Список литературы

1. Дегтярев С.А., Долин А.П., Першина Н.Ф., Смекалов В.В. Основные концепции комплексного диагностического обследования силовых трансформаторов // Электро. 2003. № 2. С. 17-23.
2. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. РД 153.34.0-46.302-00 – М., ОАО «ЭНИИЗ», 2001.
3. Методические указания по оценке состояния и продлению срока службы силовых трансформаторов РД ЭО 0410-02 – М.: Альвис, 2014.
4. Методические указания по техническому диагностированию развивающихся дефектов маслонеполненного высоковольтного электрооборудования по результатам анализа газов, растворенных в минеральном трансформаторном масле СТО 34.01-23-003-2019 ПАО "РОССЕТИ" от 17.04.2019.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОВОДОВ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Электроснабжение является критически важным элементом инфраструктуры современного общества. Системы электропередачи высокого напряжения, такие как линии 110 кВ, играют ключевую роль в обеспечении надежного электроснабжения. Однако на фоне растущего потребления энергии и непредсказуемых климатических условий вопрос о надежности этих систем становится все более актуальным. В данной статье мы рассмотрим применение современных проводов в воздушных линиях электропередачи 110 кВ и их преимущества по сравнению с традиционными материалами.

Традиционные провода, часто представляющие собой медные или алюминиевые конструкции, имеют ряд значительных проблем, которые могут негативно сказываться на надежности, экономичности и эффективности систем электроснабжения. Рассмотрим основные из этих проблем:

1) Большая масса и конструктивные ограничения

- Традиционные алюминиевые и медные провода имеют значительную массу, что увеличивает нагрузку на опоры и фундаменты линий электропередачи.

- С увеличением длины линии необходимость в использовании крепких и дорогостоящих конструкций для поддержки проводов возрастает, что влияет на стоимость строительства.

- Повышенные требования к прочности конструкций могут увеличить время и стоимость проектирования и монтажа.

2) Подверженность коррозии

- Традиционные провода, особенно медные, подвержены коррозии, что существенно сокращает срок их службы. Влага, загрязнения и атмосферные воздействия могут привести к разрушению проводов.

- Использование покрытий для защиты от коррозии часто не решает проблему полностью и может потребовать повторного нанесения, что увеличивает эксплуатационные расходы.

- Коррозия снижает проводимость проводов, что приводит к увеличению энергетических потерь на линии. Это особенно критично для длинных линий, где потери могут достигать значительных величин [1].

3) Механические повреждения

- Традиционные провода подвержены механическим повреждениям от падения веток, града или других объектов, что может привести к перерывам в электроснабжении.

- В условиях сильного ветра или снегопада риск возникновения обрывов возрастает, что ведет к дополнительным затратам на восстановление и ремонт.

4) Поддержка и обслуживание

- Из-за коррозии и устойчивости к механическим повреждениям традиционные провода требуют более частого обслуживания и проверки, что приводит к дополнительным затратам на технические работы.

- Процесс мониторинга состояния проводов может быть затратным и трудоемким: необходимо использовать специализированное оборудование и проводить регулярные инспекции.

- Частые отключения и ремонты также негативно сказываются на надежности системы в целом.

В свою очередь, с переходом на современные провода, изготовленные из высокопрочных композитных материалов и алюминиевых сплавов, появилась возможность значительно повысить эксплуатационные характеристики линий электропередачи. Рассмотрим, какие преимущества имеют современные провода перед традиционными:

1) Уменьшение веса

Современные провода, такие как алюминиевые сплавы и композитные материалы, значительно легче традиционных. Это позволяет:

- Снизить нагрузку на опоры: меньшая масса проводов уменьшает требования к прочности конструкций, что положительно сказывается на стоимости строительства и установки.

- Упростить монтаж и обслуживание: легкие провода легче транспортировать и устанавливать, что снижает затраты на монтаж.

2) Улучшенная проводимость

Современные провода предлагают повышенную проводимость:

- Снижение потерь энергии: благодаря более низкому сопротивлению, потери электроэнергии на длинных линиях уменьшаются на 30-40%, что повышает экономическую эффективность.

- Увеличение пропускной способности: современные материалы позволяют передавать большее количество электроэнергии без необходимости увеличения размеров проводов.

3) Устойчивость к внешним воздействиям

Инновационные провода более устойчивы к неблагоприятным условиям окружающей среды:

- Долговечность: современные материалы, как правило, имеют срок службы более 30 лет благодаря своей высокой коррозионной стойкости.

- Защита от механических повреждений: эластичность и прочность новых материалов позволяют им выдерживать сильные ветры, снег и другие неблагоприятные факторы, снижая риск обрывов.

Причины повреждаемости ЛЭП и их процентное соотношение можно наглядно пронаблюдать на графике (рис. 1).

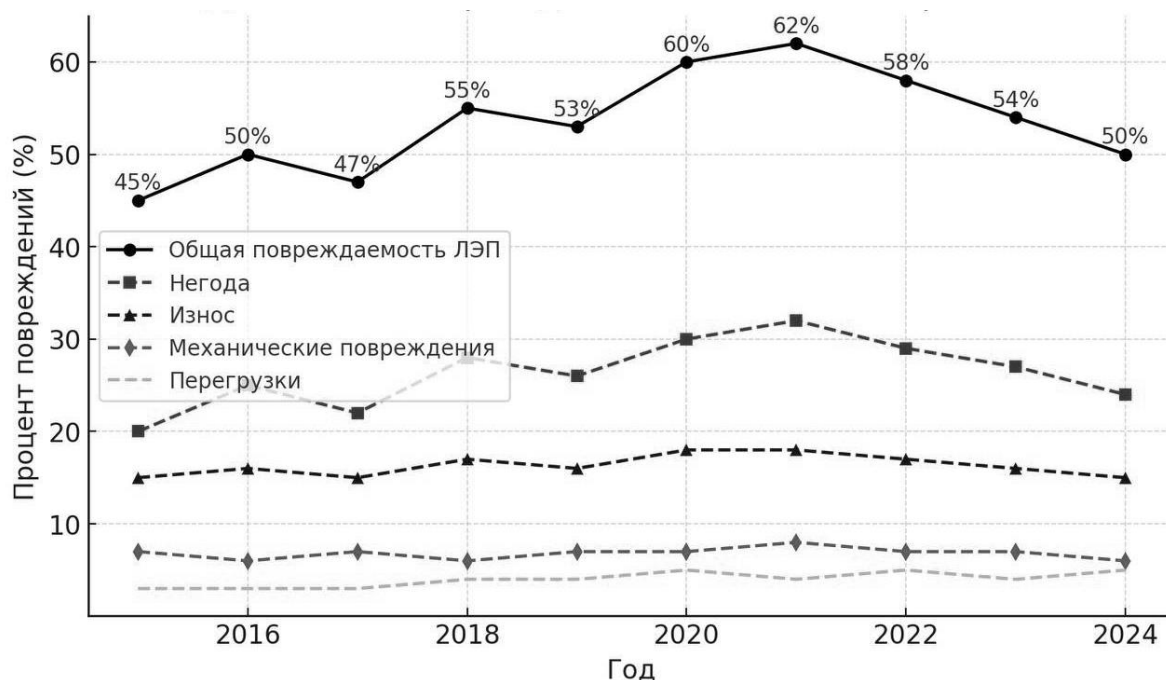


Рисунок 1. Динамика повреждаемости ЛЭП и ее причины

Из графика (рис. 1) видно, что основным фактором повреждаемости является непогода, а следом за ней следует износ, что еще раз подчеркивает необходимость модернизации проводов.

В России в последние годы наблюдается тенденция внедрения новых проводов для линий электропередачи. Ниже приведены несколько типов и марок современных проводов, которые устанавливаются в стране:

Провода из алюминиевых сплавов

АААС (All Aluminum Alloy Conductor):

- Изготавливается из алюминиевых сплавов, которые обладают высокой коррозионной стойкостью и легкостью.
- Эти провода обеспечивают лучшую прочность на сжатие и длительный срок службы по сравнению с традиционными алюминиевыми проводами.

ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced):

- Хотя ACSR не является полностью новым, в России начали использовать усовершенствованные версии с легковесными и высокопрочными стальными сердечниками.
- Повышенная прочность и устойчивость к механическим повреждениям являются основными преимуществами этих проводов [2].

Исследования показывают, что современные провода по многим параметрам превосходят традиционные:

Параметр	Традиционные провода (ACSR)	Современные провода (АААС, композитные)
Проводимость (См/м)	3,5–4,0	4,0–5,0 (выше на 15-25%)
Масса (кг/км)	300–500	150–300 (уменьшение до 50%)

Параметр	Традиционные провода (ACSR)	Современные провода (AAAC, композитные)
Срок службы (лет)	20–30	30–50 (увеличение на 50%)
Потери энергии (Вт/100 км)	15–20	10–14 (снижение на 30-40%)
Потребность в обслуживании	Высокая	Низкая (уменьшение затрат)
Стоимость (рубль/метр)	150-300	200-400 (выше на 33%)

На диаграмме (рис. 2) превосходство современных проводов показано наглядно.

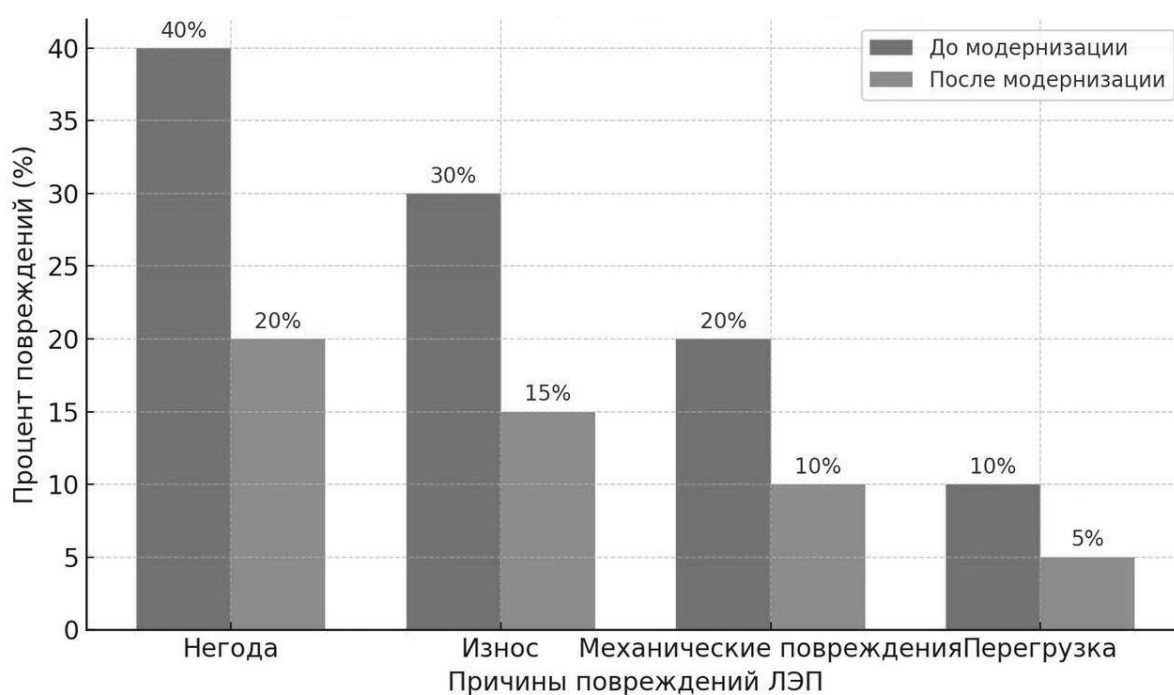


Рисунок 2. Влияние современных проводов на повреждаемость ЛЭП

Приведенные марки проводов производятся и могут быть приобретены в России. Место производства расположено в Ярославской области, городе Углич. Несмотря на то, что современные провода имеют большую начальную цену, их экономическая выгода связана с меньшими эксплуатационными расходами и большим сроком службы.

В России существуют несколько проектов по внедрению новых проводов:

1) Проект модернизации электросетей. В рамках различных национальных и региональных программ ведется работа по замене старых проводов на современные, что позволяет значительно повысить надежность и устойчивость электроснабжения.

2) В регионах с экстремальными климатическими условиями (например, на севере страны), начинают внедрять провода, устойчивые к переохлаждениям и обледенениям, которые помогают снизить риск аварий и отключений.

Таким образом, можно сделать вывод: переход на современные провода для воздушных линий электропередачи 110 кВ позволяет не только повысить надежность и эффективность систем, но и существенно снизить затраты на их эксплуатацию. Улучшенные характеристики проводов, такие как легкость, высокая проводимость, коррозионная стойкость и долговечность, делают их более подходящими для современных требований к электроснабжению.

Список литературы

1. **Зиновьев, А. И.** (2019). *Проблемы и решения в области коррозии проводов при эксплуатации линий электропередачи*. Журнал "Коррозия и защита материалов", № 2, стр. 34-39.
2. **Куликов, И. С.** (2020). Надежность и экономичность воздушных линий электропередачи. Журнал "Энергетика", № 5, стр. 25-30.
3. **Государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ)** (2022). *Провода для воздушных линий электропередачи*. [Стандарт ГОСТ Р 52770-2007].
4. **Сидоров, Е. А.** (2022). *Линии электропередачи 110 кВ: проблемы и решения*. Энергетическая политика, № 3, стр. 45-52.
5. **Гаврилов, А. Н., & Смирнов, В. А.** (2021). *Современные технологии в электроснабжении*. Издательство "Энергоатомиздат".

*А.А. Поляков, студ.; рук. Р.В. Солопов, к.т.н, доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КЭС В ПРОГРАММЕ «ЛАБОРАТОРИЯ РЗА» И РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ

Расчет токов короткого замыкания играет ключевую роль в выборе оборудования и проверке различных элементов электроустановок, таких как шины, изоляторы и кабели, на их электродинамическую и термическую стойкость. Этот процесс также необходим для определения параметров срабатывания защитных устройств и оценки их чувствительности, а также для разработки алгоритмов, позволяющих выявлять место повреждения на линиях электропередачи. По этой причине такие показатели, как качество электроэнергии, пропускная способность сети, надежность энергосистемы и ее экономическая эффективность, напрямую зависят от правильного учета переходных процессов.

Усложнением конфигурации схемы сети значительно возрастает трудоемкость расчетов, что подчеркивает необходимость использования специализированных программных комплексов для вычисления токов короткого замыкания в энергосистемах.

В данной работе производится моделирование и расчет токов КЗ в программе «Лаборатория РЗА», выбор пал на эту программу так как в отличие от своих популярных аналогов «RastrKZ», «SimInTech», «ТКЗ++» она не требует установки так как является облачным сервисом, так же она достаточно проста в использовании. В качестве объекта исследования выбрана схема КЭС 220 кВ.

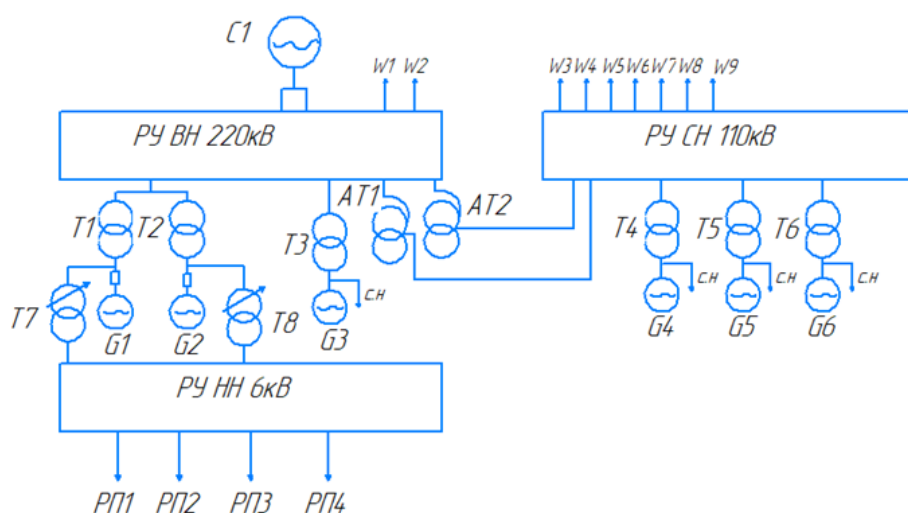


Рисунок 1 – Структурная схема КЭС

В данной КЭС установлено 6 генераторов напряжением 10,5 кВ, мощностью 100 МВт. Сопротивление генераторов равно 0.191 о.е. Система имеет мощность 2500 МВт и сопротивление 0,9 о.е. Связь с системой осуществляется 2 линиями электропередачи протяженностью 105 км. Так же схема имеет ряд автотрансформаторов и блочных трансформаторов.

Таблица 1 – Данные по трансформаторам

Трансформатор	Марка
T1	ТДЦ-125000/220 У1
T2	ТДЦ-125000/220 У1
T3	ТДЦ-125000/220 У1
T4	ТДЦ-125000/110 У1
T5	ТДЦ-125000/110 У1
T6	ТДЦ-125000/110 У1
T7	ТМН-10000/35(10,5)/6 У1
T8	ТМН-10000/35(10,5)/6 У1

Рассмотрим облачный программный комплекс «Лаборатория РЗА» основным направлениями деятельности которого являются расчеты токов короткого замыкания, режимов самозапуска электродвигателей, а также выбор трансформаторов тока.

Комплекс достаточно прост в использовании. При запуске программы открывается поле нового проекта, которое содержит ряд областей: область главного меню и команд по управлению моделью (1), область размещения графической однолинейной интерпретации модели исследуемой сети (2), библиотека элементов (3).

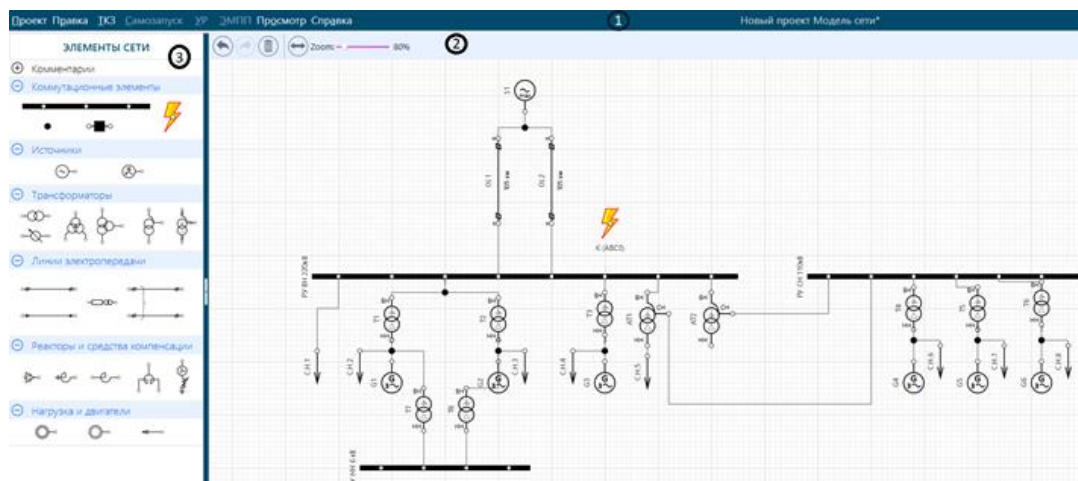


Рисунок 2 – Поле проекта в «Лаборатория РЗА»

Моделирование производится путем простого перетаскивания элементов из библиотеки элементов в рабочую область. Моделирование короткого замыкания производится при помощи элемента из библиотеки (Узел КЗ) или заданием параметров короткого замыкания в самом элементе.

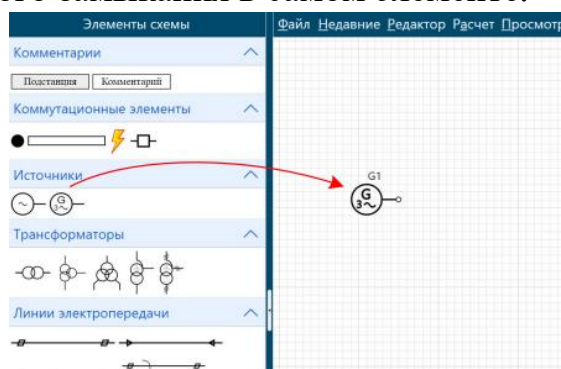


Рисунок 3 – Добавление элементов в рабочую область

В «Лаборатория РЗА» выбранная нами схема КЭС имеет следующий вид.

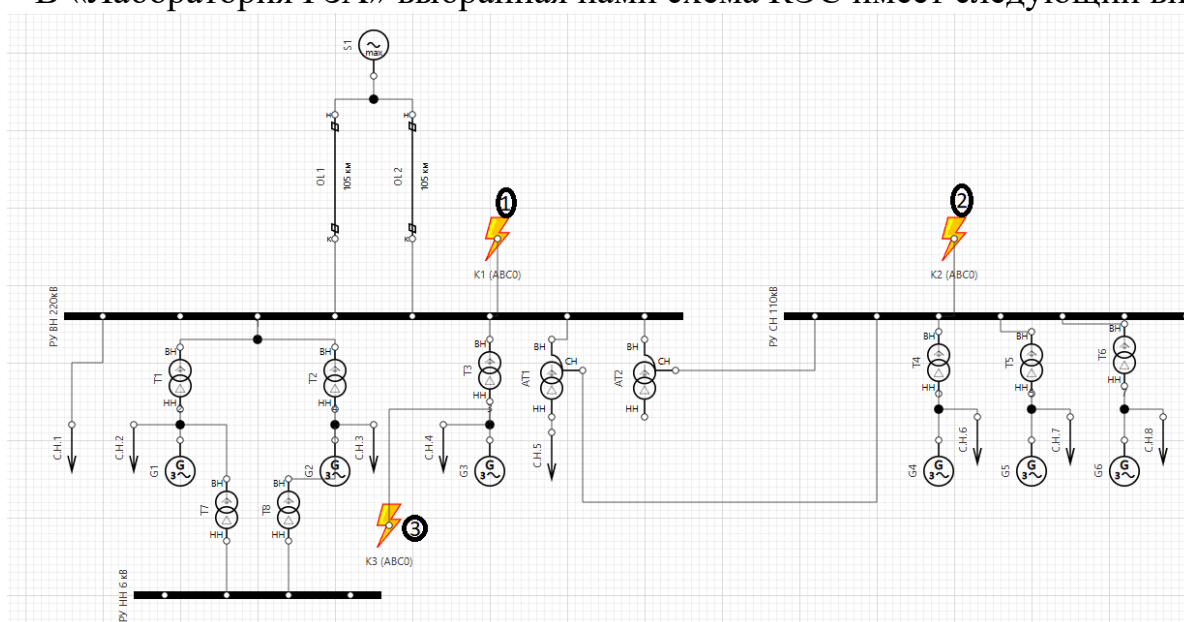


Рисунок 4 – Модель исследуемой КЭС в «Лаборатория РЗА»

Параметры задаются в меню каждого элемента. Особенностью данной программы является, то что у пользователя есть возможность выбрать из уже существующих в библиотеке элементов, так и задать вручную рассчитанные данные, в случае с уже существующими элементами программа автоматически пересчитает данные в расчетные.

Автотрансформатор

Наименование

АТ1

Подстанция

Параметры

КЗ в элементе

Настройки

- задавать расчётными параметрами

Паспортные параметры:

Марка

АТДЦТН-125

Параметр	Значение	Ед.изм.
Трёхфазное исполнение	☒	-
Sном ВН	63	MVA
Sном СН		MVA
Sном НН	32	MVA
Uном ВН	230	кВ
Uном СН	121	кВ
Uном НН	10,5	кВ
Uкз вн-сн	11	%
Uкз вн-нн	35	%
Uкз сн-нн	22	%
ΔРкз вн-сн		кВт
ΔРкз вн-нн		кВт
ΔРкз сн-нн		кВт
ΔРкз вн-сн отнесены к		MVA

Отмена

Сохранить

Автотрансформатор

Наименование

АТ1

Подстанция

Параметры

КЗ в элементе

Настройки

- задавать расчётными параметрами

Расчетные параметры:

Параметр	Значение	Ед.изм.
Uном ВН	230	кВ
Uном СН	121	кВ
Uном НН	10,5	кВ
Rвн	0	Ом
Xвн	100,761904761!	Ом
Rсн	0	Ом
Xсн	-2,323968254	Ом
Rнн	0	Ом
Xнн	0,4025	Ом
Rсн , приведенное к ВН	0	Ом
Xсн , приведенное к ВН	-8,3968253968	Ом
Rнн , приведенное к ВН	0	Ом
Xнн , приведенное к ВН	193,126984127	Ом
X0 / X1	1	о.е.
Rнейтрали	0	Ом
Xнейтрали	0	Ом

Рисунок 5 – Задание параметров в «Лаборатория РЗА»

Расчет токов КЗ производится через нажатие кнопки ТКЗ – Рассчитать или быстрой клавишей F9, данные выводятся сразу на рабочую область, так же программа не начинает расчет в случаи если все элементы схемы не заполнены, незаполненные элементы программа подсвечивает цветом.

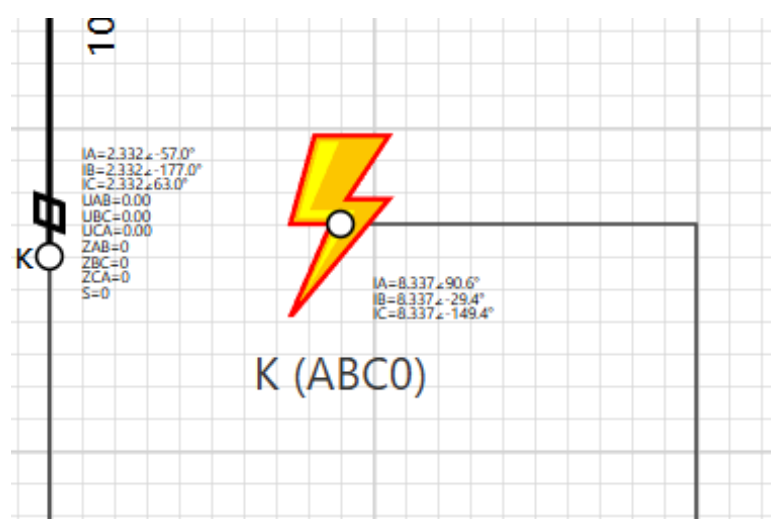


Рисунок 6 – Вывод данных в «Лаборатория РЗА»

В таблице 2 предоставлены результаты расчетов токов КЗ для исследуемой КЭС в программе «Лаборатория РЗА».

Таблица 4 – Данные по токам КЗ Ручного расчета и «Лаборатория РЗА»

Точка	Ток , кА	
	Ручной расчет	«Лаборатория РЗА».
К1	8,37	8,34
К2	10,49	10,39
К3	88,42	88,43

Различие в расчетах, может быть обусловлено погрешностью вычислений и округление в ручном расчете, а также тем, что «Лаборатория РЗА» учитывает падение напряжения на сопротивлении генератора, но при этом пересчитывает и ЭДС генератора.

Но это не отменяет того факта, что «Лаборатория РЗА» является хорошим облачным сервисом для моделирования и расчетов токов КЗ. Она достаточно проста в использовании, имеет большую наглядность и библиотеку каталожных данных для задания параметров элементов. Так же одним из плюсов является её облачное расположение и доступность, программу не нужно скачивать и устанавливать, и она полностью бесплатна. Помимо всего прочего она была создана командой Российских разработчиков, офис которой находится в Иваново.

Список литературы

1. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
2. Воробьева Е.А., Добрягина О.А., Лифшиц А.С. Расчеты токов короткого замыкания при проектировании дистанционных и токовых защит ЛЭП в облачном сервисе «Лаборатория РЗА»: Учебное пособие / ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2023. -76 с.
3. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989.-608 с.: ил.

**И.Н. Соколов, асп.; рук. Р.В. Солопов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)
Р.Е. Магидов, асп.; рук. В.В. Рожков, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)**

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ БАЛАНСИРОВКИ ВАЛОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Как известно, одним из важных аспектов функционирования любого предприятия, в том числе электростанции, является поддержание работоспособного состояния его основных фондов, в том числе используемых машин и механизмов.

В ряде статей ([1], [2]) было показано, что одним из наиболее распространенных и эффективных способов определения состояния машин и механизмов является проведение непрерывного мониторинга или же периодических измерений параметров вибрации. По данным таких вибродиагностических исследований можно определить степень износа, и, соответственно, необходимость вывода в ремонт, таких типов оборудования, как генераторы, подшипники, зубчатые передачи, турбины и т.д.

Однако, кроме определения состояния оборудования, данные вибрации могут быть использованы и в случае проведения ремонтных или пусконаладочных работ. Ярким примером таких работ является проведение баланси-

ровки валов энергетических паро- и газотурбинных установок тепловых и атомных электростанций. Основной целью балансировки является устранение повышенной вибрации оборудования, возникающей от неуравновешенности его вращающихся частей.

Основными причинами дисбаланса обычно являются:

- нарушения симметрии сечений ротора вследствие неточностей механической обработки;
- прогиб ротора;
- неравномерное смещение элементов обмотки ротора.

Несбалансированность может также проявиться после ремонта как следствие правки вала, частичного или полного его перелопачивания, снятия с вала и посадки на вал дисков, полумуфт и других крупных деталей.

Для устранения вибрации в ходе балансировки определяются массы и места установки грузов (корректирующих грузов), которые, будучи установленными, уменьшают неуравновешенность, а следовательно, и амплитуду вибрации ротора. Рассмотрим основные этапы и принципы проведения балансировки подробнее.

Процедура балансировки достаточно подробно описана в обширном ряде источников, однако, с учетом рассматриваемой области применения наибольший интерес представляет [3]. Для проведения балансировки как правило используется оборудование такого же класса, что применяется для проведения периодических виброобследований. Типовой комплект измерительной аппаратуры в данном случае состоит из:

- набора акселерометров, устанавливаемых на опорах вала, используемых для измерения амплитуды вибрации;
- фазометра (таходатчик или стробоскоп), используемого для определения фазы вибрации;
- программно-аппаратного комплекса, производящего обработку данных вибрации, а также необходимые для балансировки расчеты.

Из приведенного выше списка видно, что состав оборудования для проведения балансировки отличается от состава применяемого для стационарного вибромониторинга наличием отметчика фазы.

Таким образом целесообразно реализовывать в стационарных системах вибромониторинга дополнительный функционал балансировки, что сократит парк используемого оборудования и позволит проводить балансировку персоналом электростанции без привлечения сторонних служб.

Согласно [3], при проведении измерений акселерометры крепятся на опорах вала в трех взаимоперпендикулярных направлениях: вертикальном, горизонтально-поперечном и осевом по отношению к оси вала, однако на практике установкой датчика в осевом направлении зачастую можно пренебречь.

Необходимо отметить, что при балансировке измеряется не только амплитуда, но и фаза вибрации – угол поворота ротора, соответствующий пику ам-

плитуды вибрации. Для измерения фазы вибрации используется схема, показанная на рисунке 1.

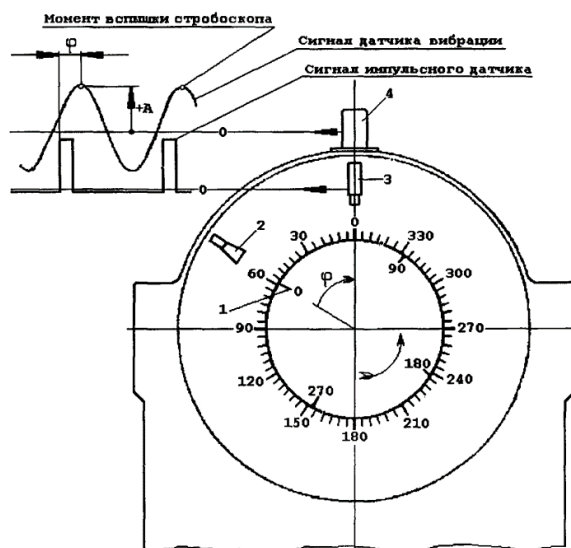


Рисунок 5 - Измерение фазы вибрации, 1 – нулевая отметка (начало отсчета фазы), 2 – стробоскоп, 3 – импульсный датчик, 4 – датчик вибрации, A – амплитуда вибрации, φ – фаза вибрации

В большинстве случаев измерения вибрации при проведении балансировки производятся в режиме, максимально близком к эксплуатационному, при этом частота вращения должна быть достаточно стабильна - $\pm 0,2$ Гц [3].

Необходимо отметить, что в зависимости от длины ротора, корректирующие грузы могут устанавливаться в нескольких местах, называемых плоскостями коррекции. Обычно количество плоскостей коррекции совпадает с количеством опор ротора.

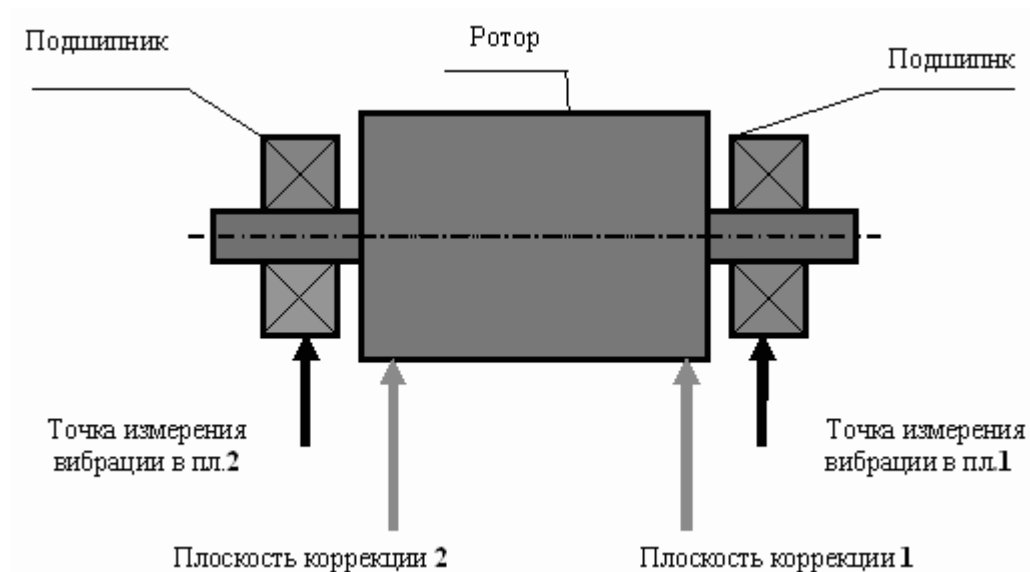


Рисунок 6 – пример установки датчиков вибрации и плоскостей коррекции

Сама процедура балансировки состоит из нескольких измерений, обычно называемых пусками. Сначала производится так называемый нулевой пуск, на

котором определяются начальные вектора вибрации на каждой из точек измерения $\overline{A_{0,i}}$. Далее производится ряд пробных пусков, на каждом из которых в одной из плоскостей коррекции закрепляют пробную массу $\overline{P_{k,i}}$; и определяют вектора вибрации в каждой из точек измерения $\overline{A_{k,i}}$. По завершении пуска пробную массу демонтируют с плоскости коррекции. По данным нулевого и пробных пусков определяют динамические коэффициенты влияния (ДКВ):

$$\overline{a_{k,i}} = (\overline{A_{k,i}} - \overline{A_{0,i}}) / \overline{P_{k,i}} \quad (1)$$

Необходимо отметить, что в связи с особенностями математического аппарата балансировки величины $\overline{A_{0,i}}, \overline{P_{k,i}}, \overline{A_{k,i}}$ представляют собой комплексные числа, т.е. могут быть представлены в виде пары амплитуды и фазы.

Далее по формуле (2) определяются значения масс корректирующих грузов и углы их установки:

$$\overline{R} = -[a^T \cdot a]^{-1} \cdot a^T \cdot \overline{A_0} \quad (2)$$

где:

$\overline{R} = (\overline{R_1}, \overline{R_2}, \dots, \overline{R_n})$ – столбец корректирующих масс;

$\overline{A_0}$ – столбец начальных векторов вибрации;

a^T – транспонированная матрица динамических коэффициентов влияния;

$$a = \begin{bmatrix} \overline{a_{1,1}} & \cdots & \overline{a_{n,1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{a_{1,n}} & \cdots & \overline{a_{n,n}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Далее на балансируемом роторе закрепляют корректирующие грузы и производят контрольный пуск, по результатам которого производится проверка факта нахождения вибрации в допустимых пределах.

В некоторых случаях динамические коэффициенты влияния могут быть известны, например, из опыта предыдущих балансировок или же из справочника. Примером справочника может являться [3], где приводятся динамические коэффициенты влияния для ряда наиболее распространенных турбоагрегатов.

При установке груза, как пробного, так и корректирующего, необходимо контролировать выполнение ряда правил, например:

- соответствие конструкции грузов требованиям завода-изготовителя балансируемого оборудования;
- необходимость обеспечения упора груза в конструктивные элементы ротора, такие как выступ, бурт, бандаж;
- обеспечение не превышения максимально допустимой массы балансировочных грузов, одновременно установленных на агрегате.

Некоторые из наиболее распространенных способов установки корректирующих грузов показаны на рисунке Рисунок 7.

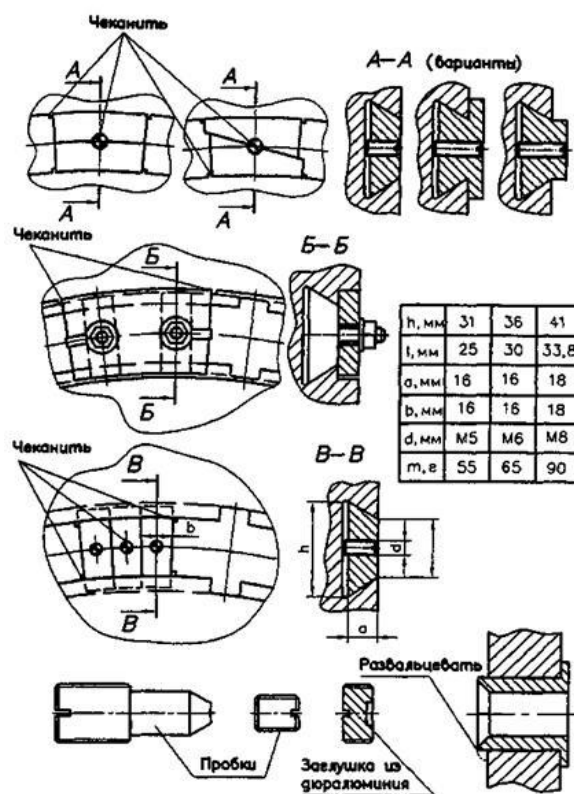


Рисунок 7 - Наиболее распространенные способы установки балансировочных грузов [3]

В случае, если расположение технологических отверстий не позволяет произвести установку корректирующего груза в расчетном местоположении, то с помощью векторной арифметики груз может быть представлен в виде двух грузов, устанавливаемых в местах расположения технологических отверстий.

В ситуации, когда места установки балансировочных грузов не предусмотрены, может быть применено высверливание части материала тела вращения либо приварка грузов.

Таким образом, можно утверждать, что, помимо мониторинга и определения состояния оборудования, данные вибрации можно использовать и в процессе наладки и ремонта оборудования. Наиболее распространённым примером такого применения данных является проведение балансировки валов энергетических паро- и газотурбинных установок тепловых и атомных электростанций, позволяющее устранить повышенную вибрацию, возникшую вследствие нарушения симметрии сечений ротора вследствие неточностей механической обработки, прогиба ротора, неравномерного смещения элементов обмотки ротора или других причин. Процедура балансировки состоит из нескольких пусков, по результатам которых рассчитываются массы и места установки корректирующих грузов. Дополнительным преимуществом использования стационарных систем для проведения балансировки является накопление статистики по данным ДКВ своего парка оборудования, по данным вибрации для проведения многорежимной балансировки.

Список литературы

1. Корпий В.Г., Солопов Р.В., Соколов И.Н. Методы и оборудование для определения состояния энергетического оборудования по данным вибродиагностического исследования // ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНО-

ЛОГИИ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика). Сб трудов XX-ой Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Смоленск. 2023. В 3 т. Т 1. стр. 82-86.

2. Солопов Р.В., Кавченков В.П., Соколов И.Н. Аналитический обзор отечественных и зарубежных стандартов вибрационного мониторинга состояния электроэнергетического оборудования // ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ – 2023 (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве). Сб. трудов XIII Межд. науч.-техн. конф. Смоленск. 2023. В 3 т. Т 1. стр. 45-49.

3. СО 34.30.604-00 Методические указания по балансировке многоопорных валов турбоагрегатов на электростанциях. Российское акционерное общество энергетики и электрификации "ЕЭС России" Москва: АО "ВТИ", 2004.

*В.О. Захаров, маг; Д.И. Баранова, маг; А.С. Знайденова, асс.;
рук. Р.В. Солопов, к.т.н., доц.*

(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTESCH

Автоматическое повторное включение (АПВ) линии электропередачи (ЛЭП) – одна из разновидностей противоаварийной автоматики (ПА), предназначенная для восстановления нормальной схемы электроснабжения, повышения надёжности и ускорения времени ликвидации аварийного режима работы. Восстановление подачи электроэнергии после кратковременных отключений (в результате возникновения коротких замыканий (КЗ) или грозовых разрядов) происходит автоматически. Таким образом, принцип действия АПВ состоит в максимально быстром выключении выключателя ЛЭП после его отключения. При обнаружении отключения релейная защита (РЗ) анализирует причину и время продолжительности отключения, затем, если время отключения не превышает определённого предела значений, а время возникновения источника отключения крайне мало, реле АПВ подаёт сигнал уже на повторное отключение выключателя. [1]

В данном докладе рассматриваются вопросы моделирования, исследования и проверки работы устройства АПВ ЛЭП для повышения устойчивости и надёжности электроэнергетических систем при возникновении КЗ.

Рассмотрим пример ускорения действия РЗ после срабатывания АПВ.

Если действие АПВ охватывает только защищаемую линию, имеет место применение ускорения действия РЗ после АПВ [2]. При повторном включении линии, с отсутствием быстродействующей защиты, на устойчивое повреждение могут возникнуть такие последствия, как: осложнение повреждения, угроза нарушения устойчивости энергосистемы в целом, и т.д. Ускорение РЗ после АВ применяется как для линий без быстродействующей защиты, так и при сложной защите линий (способ повышения надёжности защиты линии).

Алгоритм действия защиты ЛЭП при возникновении повреждения строится следующим образом:

1. В начальный момент времени установлен запрет на действие неселективной отсечки (НО), установленной на линии. Аналогично установлен запрет на ускорение селективной защиты линии. Следовательно, процесс отключения

повреждённой линии осуществляется только селективно с выдержкой времени [3];

2. При возникновении повреждения происходит аварийное отключение выключателя линии. В этот же время запускается устройство АПВ, выключатель включается;

3. Одновременно с этим разрешается действие НО или же происходит ускорение селективной защиты. Время действия разрешения устанавливается исходя из времени действия ускоренной защиты, отключения выключателя и запаса;

4. При успешном АПВ разрешение на действие НО и ускоренное действие селективной защиты снимается. Время действия аналогично п.3;

5. При неуспешном АПВ происходит неселективное отключение повреждённой линии либо ОН, либо ускоренное действие селективной защиты [4].

Моделирование принципа действия логической части АПВ.

Моделирование АПВ ЛЭП производится на базе российского программного комплекса SiminTech. На рис.1 представлен участок сети моделирования. Состоит из источника питания (ИП), логической схемы АПВ ЛЭП1, двух ЛЭП, двух выключателей, амперметра, двух нагрузок, трансформатора и точки КЗ (для проверки и анализа работы АПВ).

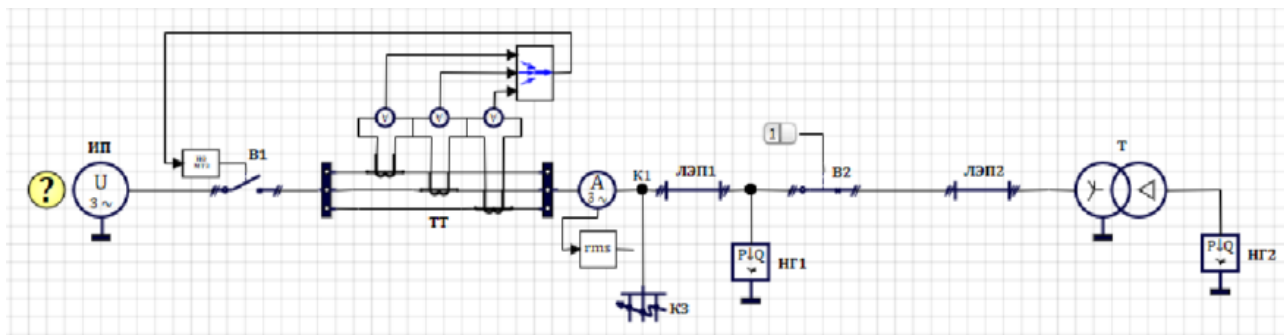


Рисунок 1 – Участок сети моделирования в ПК SiminTech

Далее подробно рассмотрим алгоритм логической части АПВ ЛЭП1.

Запуск АПВ выключателя осуществляется путём сравнения положения ключа управления и состояния выключателя (Рис.2).

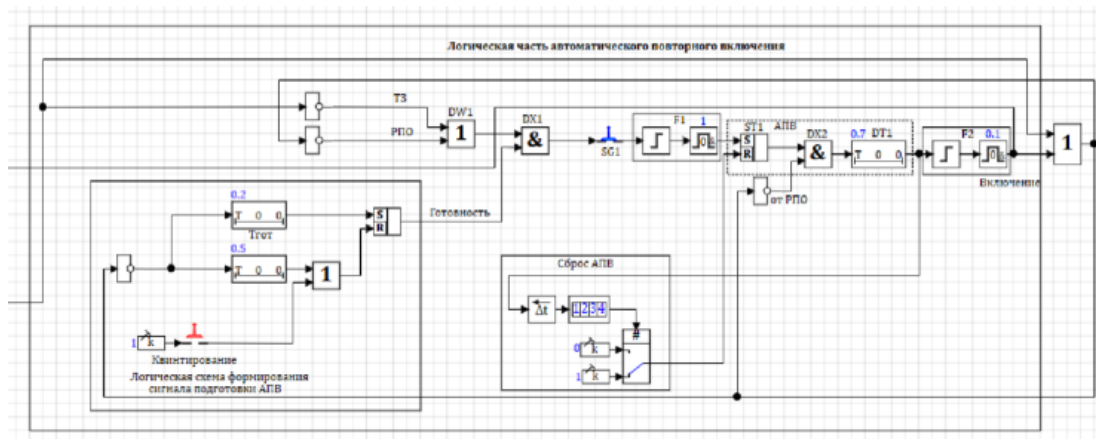


Рисунок 2 – Логическая часть автоматического повторного включения

Пуск производится дискретным сигналом (логической единицей) от токовой защиты ТЗ или (операция DW1) от реле РПО (Готовность к операции включения) отключённого положения выключателя и при готовности АПВ к действию (операция DX1). При включённом ключе SG1 релейный формирователь F1 выдаёт дискретный импульсный сигнал, который, поступает на вход S триггера ST1. Через операцию DX2 при наличии единичного логического сигнала об отключенном выключателе от РПО запускается таймер DT1, и после срабатывания АПВ, формирователь F2 через элемент или импульсным воздействием повторно включает выключатель.

В модели реализован цикл подготовки АПВ. Если АПВ не готово, отсутствуют условия блокировки АПВ и на входе РПВ (Готовность к операции отключения) есть сигнал логической «1» (выключатель включен), запускается таймер отсчета времени подготовки АПВ (Рис 4).

Исследование и проверка работы устройства АПВ. Рассмотрим два варианта работы АПВ, успешного и неуспешного. Результаты исследования приведены на рис. 3-6.

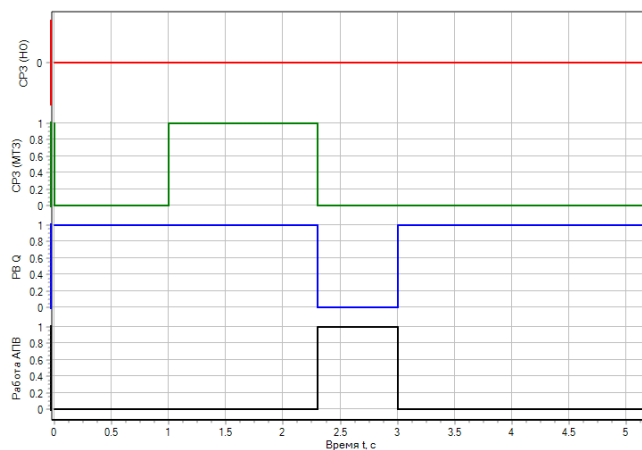


Рисунок 3 – Временная диаграмма цикла АПВ. Трёхфазное АПВ (ТАПВ)

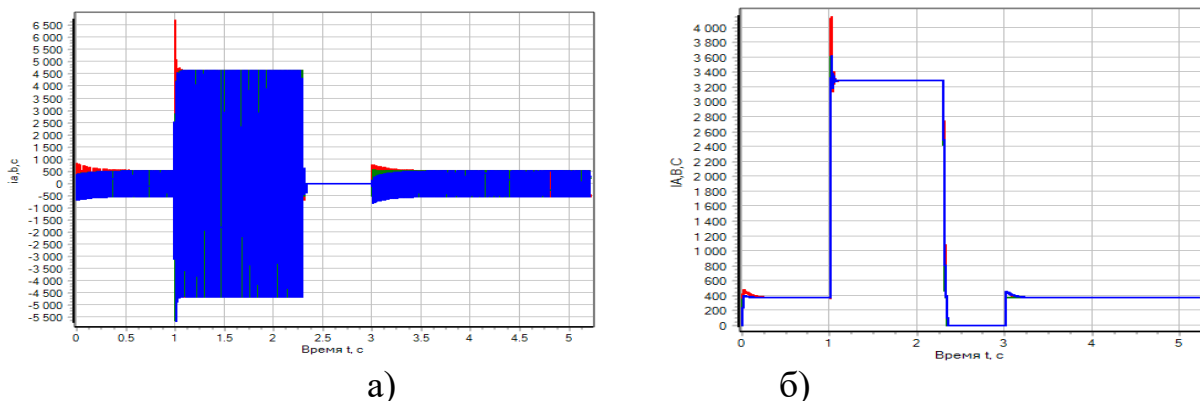


Рисунок 4 – а) Диаграмма мгновенного значения тока
б) Диаграмма действующего значения тока

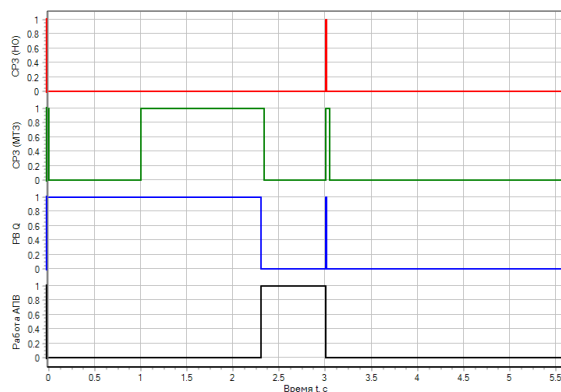


Рисунок 5 – Временная диаграмма цикла АПВ. Трёхфазное АПВ (ТАПВ)

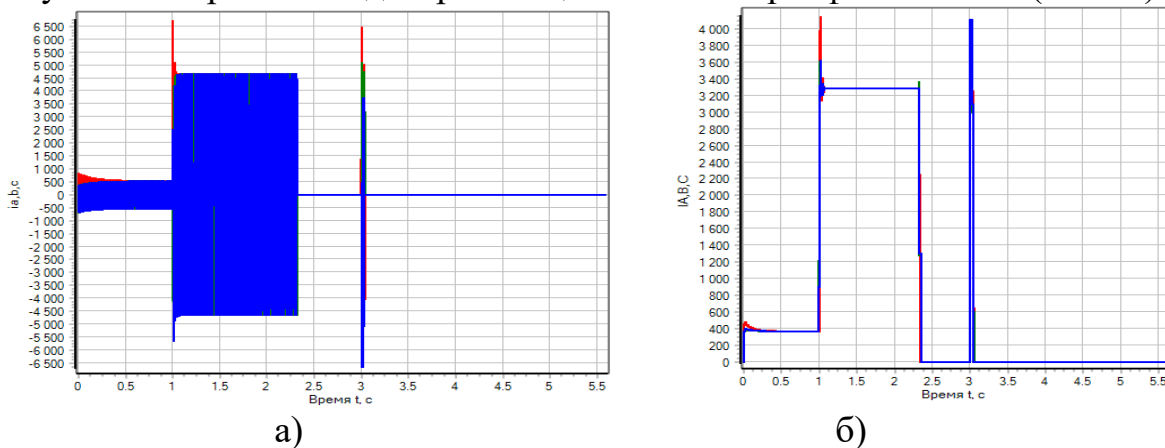


Рисунок 6 – а) Диаграмма мгновенного значения тока
б) Диаграмма действующего значения тока

Успешное АПВ. При внезапном возникновении КЗ релейная защита мгновенно обнаруживает аварию и отключает повреждённую линию. Система АПВ настроена на однократное автоматическое повторное включение с выдержкой времени в 0,5 секунды. Далее после отключения реле времени АПВ начинает отсчёт. Ввиду того, что источником возникновения аварии было кратковременное самоустранившееся КЗ, то по истечению времени 0,5 секунд реле АПВ подаёт сигнал на повторное включение выключателя. Таким образом, электроснабжение восстанавливается без ощутимых потерь.

Неуспешное АПВ. Аналогично с первым вариантом, при возникновении КЗ релейная защита обнаруживает аварию и отключает повреждённую линию. Система АПВ (так же настроенная на однократное автоматическое повторное включение с интервалом времени 0,5 секунд) срабатывает, выключатель отключается. Далее по истечению времени выдержки (0,5 секунд) АПВ включается выключатель, и далее подаётся сигнал на разрешение действия НО. Однако КЗ всё ещё сохраняется. Так как выключатель теперь включен, на реле НО протекают токи КЗ, срабатывает уставка НО, выключатель отключается снова. Таким образом, полностью блокируется повреждённый участок линии, электроснабжение не восстанавливается.

Список литературы

5. Глинский Е.В., Булойчик Е.В., Сапожникова А.Г. Противоаварийная и режимная автоматика. Конспект лекций. Под общей ред. Ф.А. Романюка. – Минск.: БНТУ. – 2013. – 135 с.

6. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп./ Н.И. Овчаренко; под ред. чл.-кор. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 476 с.: ил.

7. Овчинников В.В. Автоматическое повторное включение / / В.В. Овчинников. — Москва: Энергопрогресс, Энергетик, 2001. — 107 с.

8. Козлов А.Н. Автоматика управления режимами электроэнергетических систем: учебное пособие. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 64 с.

*А.О. Толстоус, студ.; рук. Л.И. Долецкая, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЫБОР УСТАВОК РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Огромные запасы природных ресурсов определяют значимую роль нефтегазовой промышленности в экономике страны. По данным Росстата доля нефтегазового сектора в валовом внутреннем продукте России в 2024 году составила примерно 17% в сравнении, например, со строительством – 8,4% ВВП или торговлей оптовой и розничной – 14,4% ВВП [1].

Процессы добычи и транспортировки нефти и газа, переработки углеводородного сырья невозможно представить без огромного количества высокотехнологичных установок и агрегатов, предназначенных для решения множества задач основного и вспомогательного характера.

Существует несколько типов электродвигателей, используемых в процессах добычи, переработки и транспортировки нефти и газа [2]:

- модели постоянного тока;
- синхронные двигатели;
- асинхронные двигатели.

Асинхронные двигатели сегодня составляют большую часть электрических машин в промышленности в целом и, в нефтегазовой отрасли в частности.

Асинхронный двигатель или асинхронный электродвигатель - это тип двигателя переменного тока, в котором обмотка статора использует электромагнитную индукцию для создания тока в роторе, что позволяет двигателю создавать крутящий момент [3].

К преимуществам асинхронных двигателей можно отнести следующие особенности:

- конструктивная простота. Обслуживание характеризуется меньшей квалифицированностью;
- удобство управления даже если речь идет об использовании в аварийном режиме, связанном с перепадами напряжения в сети. Нет необходимости в том, чтобы задействовать дополнительные средства для гашения поля;
- возможность эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью;
- упрощенная система, предназначенная для самозапуска.

Также электродвигатели приспособлены для работы во взрывоопасной среде.

Следует понимать, что асинхронные двигатели, как и любой другой тип двигателя, могут подвергаться различным повреждениям и замыканиям в процессе эксплуатации. Поломка может привести не только к браку в производстве, но и полной остановке рабочего процесса, производимого на оборудовании, связанным с этим двигателем, а также невозможности ремонта двигателя, особенно в суровых климатических условиях нефтегазодобычи.

Для защиты электродвигателей от ненормальных режимов (повреждений, недопустимых перегрузок) применяют устройства релейной защиты.

Основным видом защиты является максимальная токовая защита (МТЗ), в которой предусмотрено три ступени срабатывания на отключение двигателя:

1) 1 ступень – работает как с выдержкой времени, так и без нее. По своей сути является токовой отсечкой,

2) 2 ступень – работает с независимой от тока выдержкой времени с возможностью пуска по напряжению,

3) 3 ступень – работает с независимой или зависимой от тока выдержкой времени. Выполняет роль защиты от перегрузки.

МТЗ 1 ступени предназначена для защиты от междофазных коротких замыканий. Ввод в работу МТЗ-1 производится программным ключом К1. МТЗ 1 работает только в том случае, если действующее значение фазного тока будет превышать заданную уставку. И с выдержкой времени $T_{ср.1ст}$, или без нее, если задано $T_{ср.1ст} = 0$, формирует сигнал на отключение независимого расцепителя и аварийную сигнализацию.

Использование ненулевой выдержки времени $T_{ср.1ст}$ ($\sim 0,1$ с) токовой отсечки может потребоваться для лучшей отстройки от бросков тока при внешних КЗ и при пуске (самозапуске) двигателя.

МТЗ 2 ступени предназначена для защиты от междофазных коротких замыканий и резервирования действия остальных защит этого устройства.

Ввод в работу МТЗ-2 производится программным переключателем К4. МТЗ-2 работает только в том случае, если действующее значение фазного тока будет превышать заданную уставку. И с выдержкой времени $T_{ср.2ст}$ формирует сигнал на отключение независимого расцепителя и аварийную сигнализацию.

При организации защиты двигателя предусматривается ввод ускорения второй ступени МТЗ, ускорение МТЗ-2 можно ввести ключом К2. Ускорение МТЗ-2 необходимо для быстрого отключения двигателя от сети при включении его на КЗ. Время ускорения составляет 1 секунду после того, как запустили двигатель. Ускорение может работать как с выдержкой времени ТУМТЗ, так и без нее, если ТУМТЗ = 0, оно действует на отключение двигателя от сети и аварийную сигнализацию.

При выборе параметров уставок защиты можно применять техническую информацию [4].

В статье приведены результаты выбора уставок защиты асинхронного дви-

двигателя переменного тока, широко применяемого в нефтегазовой отрасли для привода насосов перекачки нефти.

Технические характеристики двигателя:

- 1) Наименование присоединения: насос перекачки нефти;
- 2) Тип двигателя 1BAO 450LB-2 У2,5;
- 3) Номинальная мощность двигателя $P_{д, ном}$, 500 кВт;
- 4) Номинальное напряжение $U_{ном}$, 6,0 кВ;
- 5) Номинальная частота сети $f_{ном}$, 50 Гц;
- 6) Номинальный ток $I_{ном}$, 44,2 А;
- 7) Номинальное число оборотов двигателя $n_{д, ном}$, 3000 об/мин;
- 8) Способ пуска (прямой, через реактор или иной) прямой;
- 9) Кратность пускового тока по отношению к номинальному в о.е. $k_{п}=7$;
- 10) Отношение максимального момента двигателя к номинальному и о.е. $m_{max}=2,6$;
- 11) Динамический момент инерции двигателя $J_{д}$, 13 кг.м²;
- 12) Максимально-допустимый динамический момент инерции приводимого механизма $J_{м, max}$, 220 кг.м²;
- 13) Допустимое наибольшее время заклиненного состояния при данном напряжении $t_{торм}$, 10 с;
- 14) Допустимое количество пусков из холодного и горячего состояний 2/1;
- 15) Минимальный промежуток времени между последующими пусками $\Delta t_{посл}$, 30 мин;
- 16) Расчетная температура окружающей среды $T_{окр}$, 40 °С;
- 17) Система охлаждения: замкнутая с воздухоохладителем типа «воздух-воздух»;
- 18) Коэффициент трансформации трансформаторов тока $n_{тт}$ 150/5;
- 19) Динамический момент инерции механизма $J_{м}$, 130 кг.м.

В результате расчёта получены следующие значения:

Уставка по току срабатывания защиты от перегрева равна 1,238 А;

Уставка по показателю времени охлаждения равна 1,02;

Уставка по уровню заперта повторного пуска двигателя равна 54%;

Уставка пускового тока равна 5,77;

Уставка по току срабатывания отсечки равна 7,42;

Уставка суммарного времени разрешённых пусков равна 84с;

Уставка по скорости возврата счётчика равна 168 с/ч.

Из расчётов следует, что выбранные уставки обеспечат достаточную чувствительность срабатывания защиты.

Данные виды защиты могут быть реализованы с использованием микропроцессора Сириус-Д. Устройство Сириус-Д предназначено для выполнения функций релейной защиты и автоматики, управления и сигнализации синхронных и асинхронных электродвигателей мощностью до 4,5 МВт.

Аппарат многофункционален, обеспечивает ряд защит, таких как:

- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ) от междуфазных повреждений с контролем двух или трех фазных токов;
- минимальная токовая защита;
- защита от перегрева электродвигателя;
- защита от затянутого пуска.

Аналогичные расчеты могут быть приведены для релейной защиты других современных терминалов.

Список литературы:

1) Нефтегазовый сектор в доле ВВП России поквартально за 2017–2024 годы// Statista [сайт], 13 ноября 2024 г. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.d634e507-67db17cd-0725a0aa-74722d776562/https://www.statista.com/aboutus/our-research-commitment (дата обращения 04.03.2025).

2) Электродвигатели - типы, параметры, принцип работы // Архимед. Инженерное решение [сайт] - URL: <https://engineering-solution.ru> (дата обращения: 06.03.2025).

3) Устройство и принцип действия асинхронных электродвигателей // Школа для электрика [сайт] – URL: <https://electricalschool.info/main/osnovy/413-ustrojstvo-i-princip-dejstvija.html>)дата обращения: 03 марта 2025).

4) Расчет уставок релейной защиты электродвигателей. Методические указания к расчетному заданию по курсу «Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения»./ Сост.: Ковженкин В.С., Певцова Л.С. - Смоленск: филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Смоленске, 2008.

*Д.И. Хуторов, студ., А.А. Лазарев, студ.; рук. Л.И. Долецкая, к.т.н, доц.;
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ ПРИ РАЗВИТИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

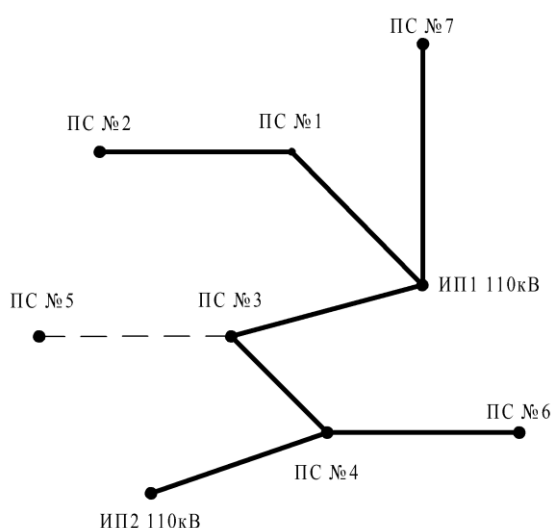
При росте потребления мощности необходимо развитие существующей электрической схемы сети.

Выбор технического варианта развития реконструкции электрической схемы сети необходимо производить с обоснованием и использованием укрупненных показателей экономической эффективности. Современным показателем экономической эффективности является чистый дисконтированный доход [1], определяемый по следующей формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T D_t \cdot (1 + E)^{-t} - \left(\sum_{t=1}^T K_t \cdot (1 + E)^{1-t} + \sum_{t=1}^T I_t \cdot (1 + E)^{-t} \right) \quad (1)$$

где: T – период инвестирования [лет]; $D_t \cdot (1 + E)^{-t}$ – дисконтированный доход, приведенный к году t [тыс.руб], $K_t \cdot (1 + E)^{1-t}$ – объем капиталовложений, приведенный к году t [тыс.руб]; $I_t \cdot (1 + E)^{-t}$ – эксплуатационные издержки, приведенные к году t [тыс. руб]; E – ставка дисконтирования.

В данной статье представлены результаты расчета ЧДД при выборе возможного варианта развития существующей электрической сети 35-110кВ. Точность расчетов капитальных вложений, доходов, эксплуатационных издержек напрямую влияет на рентабельность и эффективность работы энергетических объектов.



Наименование ВЛ	Характеристики линии	Номер ПС	Марка трансформатора
ИП1-3	АС-185, 24.72км	1	2хТДН-16000/110/10
ИП1-7	АС-70, 30км	2	2хТДН-10000/110/10
ИП1-1	АС-120 23.28км	3	2хТДТН-25000/110/35/10
1-2	АС-70, 24км	4	2хТДН-10000/110/10
3-5	АС-70, 16.97км	5	2хТМН-10000/35/10
ИП2-5	АС-120 23.28км	6	2хТДН-16000/110/10
5-6	АС-70 24км	7	2хТДН-16000/110/10
3-5	АС-150, 24км		

Рисунок 1 – Исходная схема сети

При развитии сети к точке №3 подключается ВЛ (на рисунке 1 показана пунктирной линией) и ПС №5 с двумя трансформаторами ТМН-10000/35/10. На ПС №3 устанавливаются две вводные ячейки с элегазовыми выключателями ВГТ-110 (У1, УХЛ1*).

В расчетах приняты следующие исходные данные:

- конфигурация существующей схемы сети с указанием: длины и марки провода линии, марки трансформатора на ПС, номера подстанции;
- активная мощность подключаемой линии в зимние и летние сутки (таблица 1, таблица 2);
- потери энергии в электрической сети представленной на рисунке 1.

Расчет ЧДД производится в следующем порядке:

1. С учетом выбора периода строительства (в среднем 5 лет) определяется составляющая дохода (таблица 5);
2. Производится расчет капиталовложений на сооружение ВЛ и ПС (таблица 3, таблица 4);
3. Производится расчет издержек (таблица 5).

Начиная с шестого года ПС будет полностью построена, начнет функционировать и приносить доход. Составляющую дохода определим исходя из объема переданной подстанцией электроэнергии по формуле:

$$D_t = W_t^{\text{год}} \cdot T_{\text{эл.эн}} \quad (2)$$

где: $W_t^{\text{год}}$ — отпуск сетью электроэнергии в год t [МВт·ч]; $T_{\text{эл.эн}}$ — тариф на электроэнергию. Тариф зависит от величины потребления. С потреблением свыше 6000 кВт·ч, по состоянию на первую половину 2025 года тариф составит 11,39 [руб/кВт·ч]. Отпуск электроэнергии и потери определим исходя из нагрузок для контрольных зимних (декабрь) и летних (июнь) суток:

Таблица 1 – Нагрузка в зимние сутки (декабрь)

Δt , ч	0 - 4	4 – 8	8 – 12	12 – 16	16 – 20	20 – 24
P	2,6	10,4	13	10,4	5,2	2,6

Таблица 2 – Нагрузка в летние сутки (июнь)

Δt , ч	0 - 4	4 – 8	8 – 12	12 – 16	16 – 20	20 – 24
P	1,56	6,24	7,8	6,24	3,12	1,56

Расчет капиталовложений на строительство ПС выполнен с использованием укрупненных нормативных цен (УНЦ) типовых технологических решений, которые включают не только стоимость оборудования, но и все сопутствующие затраты [2]. Расчет капиталовложений представлен в таблице 3, для ВЛ в таблице 4.

Таблица 3 – Расчет капиталовложений на сооружение ПС

Составляющая	Стоимость, тыс. руб	Количество, шт / площадь, м2	Таблица в приказе №131	Общая сумма, тыс. руб
Ячейка выключателя НУ 35 кВ	27 469,92	2	B2-06-1..2	54939,84
Ячейка вводного выключателя НУ 110 кВ	39 176,87	2	B1-02-1..2	78353,74
ТМН-10000/35/10	40 047,11	2	T4-06-1..6	80094,22
Подготовка и устройство территории ПС	4,12	1948	B1-02, C1	8025,76
Системы учета ЭЭ	1 235,33	2	A1-52	2470,66
АСУ ТП	54 220,84	1	A3-01-1	54220,84
Системы ВЧ-связи на ЛЭП 35 кВ	3 776,32	2	A6-01-1	7552,64
Постоянная часть	68 409,16	1	31-02	68409,16
Общая стоимость = 354066,86 тыс. руб				

Таблица 4 – Расчет капиталовложений на сооружение ВЛ

Составляющая	Стоимость, 1 км	Длина, км	Таблица в приказе №131	Общая сумма, тыс. руб
Строительно-монтажные работы без опор и провода	7 159,92	24	Л1-04-1..4	171838,08
Опоры	8 953,24	24	Л3-04-1..4	214877,76
Провод АС-150	1 289,61	24	Л5-04	30950,64
Грозотрос	353,82	24	Л6-04	8491,68
Устройство лежневых дорог	15 505,16	24	Л9-01	372123,84
Гирлянды изоляторов	427,87	24	Л10-02-1..3	10268,88
Общая стоимость = 808550,88 тыс. руб				

Общая сумма капиталовложений 1162617,74 тыс. руб. Разделим инвестиции на примерно на равные части таким образом чтобы капиталовложения, приведенные к пятому году, составляли эту сумму. Общий период расчета ЧДД 15 лет.

Издержки состоят из двух составляющих:

1. Издержки на обслуживание и ремонт. Для ВЛ на железобетонных и стальных опорах коэффициент нормы отчислений $\alpha_{ам.об} = 0,028$. Для ПС 150 кВ и ниже $\alpha_{ам.об} = 0,094$.

2. Издержки на возмещение потерь электроэнергии. Согласно данным ПАО «Россети Центр» тариф на возмещение потерь на январь 2025 года составляет в среднем 3,52 [руб/кВт·ч].

Таблица 5 – Расчет ЧЧД для исходной сети

t, год	K_t , тыс. руб	$K_t(1+E)^{1-t}$ тыс. руб	I_t тыс. руб	$I_t(1+E)^{-t}$ тыс. руб	D_t тыс. руб	$D_t(1+E)^{-t}$ тыс. руб	ЧЧД, тыс. руб
1	287965,6 0	287965,60	0,00	0,00	0,00	0,00	-287966
2	287965,6 0	545077,75	0,00	0,00	0,00	0,00	-575931
3	287965,6 0	774642,17	0,00	0,00	0,00	0,00	-863897
4	287965,6 0	979610,40	0,00	0,00	0,00	0,00	- 1151862
5	287965,6 0	1162617,74	0,00	0,00	0,00	0,00	- 1439828
6	0,00	1162617,74	67434,81	34164,57	602111,8 5	305048,60	- 1168944
7	0,00	1162617,74	67434,81	30504,08	602111,8 5	272364,82	-927083
8	0,00	1162617,74	67434,81	27235,79	602111,8 5	243182,88	-711136
9	0,00	1162617,74	67434,81	24317,67	602111,8 5	217127,57	-518326
10	0,00	1162617,74	67434,81	21712,20	602111,8 5	193863,90	-346175
11	0,00	1162617,74	67434,81	19385,90	602111,8 5	173092,77	-192468
12	0,00	1162617,74	67434,81	17308,84	602111,8 5	154547,11	-55229
13	0,00	1162617,74	67434,81	15454,32	602111,8 5	137988,50	67305
14	0,00	1162617,74	67434,81	13798,50	602111,8 5	123204,01	176710
15	0,00	1162617,74	67434,81	12320,09	602111,8 5	110003,58	274394

Для наглядности представим результаты в графическом виде, рисунок 2.

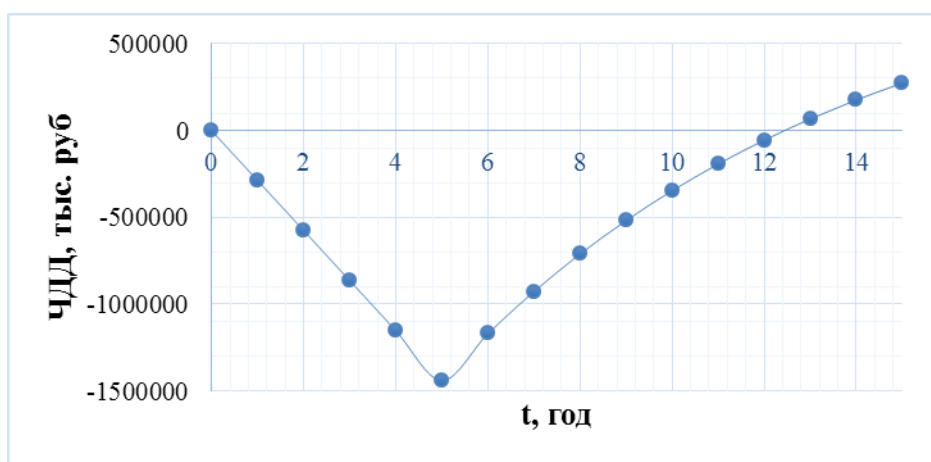


Рисунок 2 – График ЧДД по годам

Из графика следует, что ЧДД сети уже к середине двенадцатого года с момента начала инвестиций превышает нулевую отметку, это означает, что проект себя окупил. Следовательно, его можно считать рациональным с экономической точки зрения. При расчете чистого дисконтированного дохода следует учитывать срок службы оборудования.

Метод чистого дисконтированного дохода позволяет сравнивать альтернативные варианты развития сети и выбирать наиболее выгодный, а также даёт ясную оценку прибыльности инвестиций. К его недостаткам относятся высокая чувствительность к изменениям исходных данных и необходимость обоснованного выбора ставки дисконтирования.

Список литературы:

1. Ананичева С. С. Проектирование электрических сетей: учебное пособие: Рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / С. С. Ананичева, Е. Н. Котова ; научный редактор С. Н. Шелюг ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. — 164 с. — ISBN 978-5-7996-2040-0.

2. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 26.02.2024 № 131 «Об утверждении укрупненных нормативов цены типовых технологических решений капитального строительства объектов электроэнергетики в части объектов электросетевого хозяйства» (зарегистрирован 01.03.2024 № 77401) [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202403010042?index=4> (дата обращения 09.02.2025)

3. Справочник по проектированию электрических сетей/под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ SIMINTECH ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Трансформаторы тока (ТТ) применяются для обеспечения возможности измерения тока в электроустановках электроэнергетических систем. ТТ обеспечивают безопасность процедуры измерения, так как позволяют изолировать первичную цепь с высоким напряжением от вторичной измерительной цепи. Однако наиболее распространенные ТТ электромагнитного типа не лишены недостатков, одним из которых является насыщение [1]. Насыщение – это явление, при котором рабочая точка на характеристике намагничивания магнитопровода ТТ переходит на прямолинейный участок, на котором несмотря на изменение со временем первичного тока индукция остается постоянной. Основными причинами данного процесса являются наличие апериодической составляющей в первичном токе, а также значительной величины остаточной намагниченности магнитопровода ТТ [2].

Насыщение ТТ приводит к искажению формы тока во вторичной цепи, что в свою очередь, может повлиять на работу систем релейной защиты. Наиболее распространенными проявлениями влияния насыщения магнитопроводов ТТ на функционирование систем защиты являются [3]:

- замедление в срабатывании на определённый временной интервал переходного процесса;
- неселективное срабатывание при коротком замыкании (КЗ) вне зоны действия защит;
- отсутствие требуемой переориентации защиты при переходе внешнего КЗ в зону действия;
- неселективное срабатывание защиты в неповреждённой фазе при насыщении ТТ, обусловленном наличием в магнитопроводе ТТ этой фазы остаточной магнитной индукции неблагоприятного знака и падением напряжения на нулевом проводе вторичных токовых цепей [4].

Актуальность исследования процессов насыщения в трансформаторах тока обусловлена рядом произошедших аварийных ситуаций из-за насыщения ТТ и выходом Письма Министерства энергетики Российской Федерации от 2 апреля 2019 года № ЧА-3440/10 «О мерах по недопущению неправильной работы устройств релейной защиты».

Целью данной работы является оценка влияния постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ на степень насыщения ТТ. Для проведения исследования была составлена модель трехфазной схемы включения ТТ в среде SimInTech [5], представленная на рис. 1.

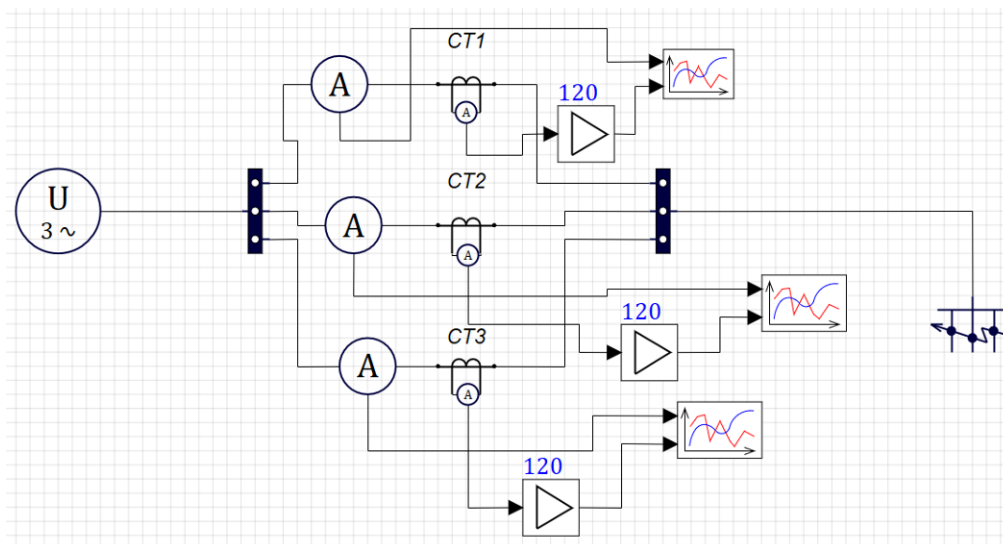


Рис. 1 – Схема модели трехфазной группы ТТ в «SimInTech»

При проведении исследования был рассмотрен трансформатор тока ТПОЛ-10 с номинальным током первичной обмотки 600 А и вторичной обмотки 5А. Для возможности учета насыщения в свойствах блока ТТ была задана аппроксимация характеристики намагничивания функцией $i\mu = 10^{-12} \sinh(19,04\varphi) + 18,1\varphi$.

Ток, проходящий через ТТ в режиме КЗ, задан через свойства источника напряжения в разделе «Расчет сопротивлений источника» (рис.2).

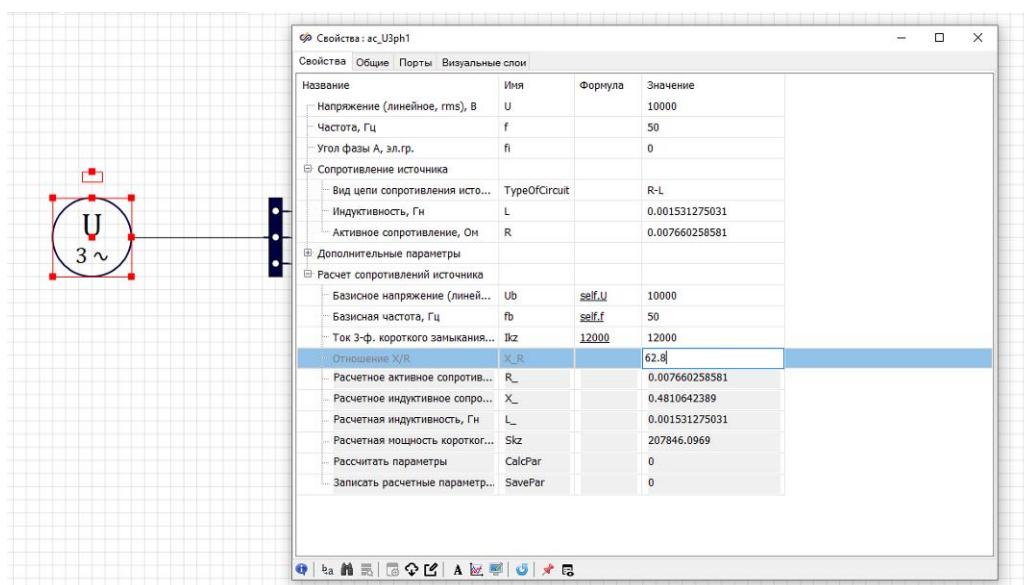


Рис. 2 – Задание свойств источника напряжения

Оценка влияния была произведена для изменения постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ T_a от 0,01 до 0,2 с с шагом 0,01 с. Меньшие значения постоянной времени соответствуют распределительным сетям, большие – цепям 6-10 кВ электрических станций.

В результате проведенного исследования получено, что видимые искажения во вторичном токе вследствие искажения начинают наблюдаться при зна-

чении T_a равном 0,13 с. Однако при этом значении T_a насыщение проявляется только в ТТ фазы А, находящейся в наиболее сложных условиях с точки зрения влияния аperiodической составляющей.

Также неравномерность насыщения ТТ разных фаз присутствует и при больших значениях T_a . В качестве примера на рис. 3-5 приведены осциллограммы первичных и приведенных вторичных токов ТТ разных фаз при постоянной времени равной 0,16 с.

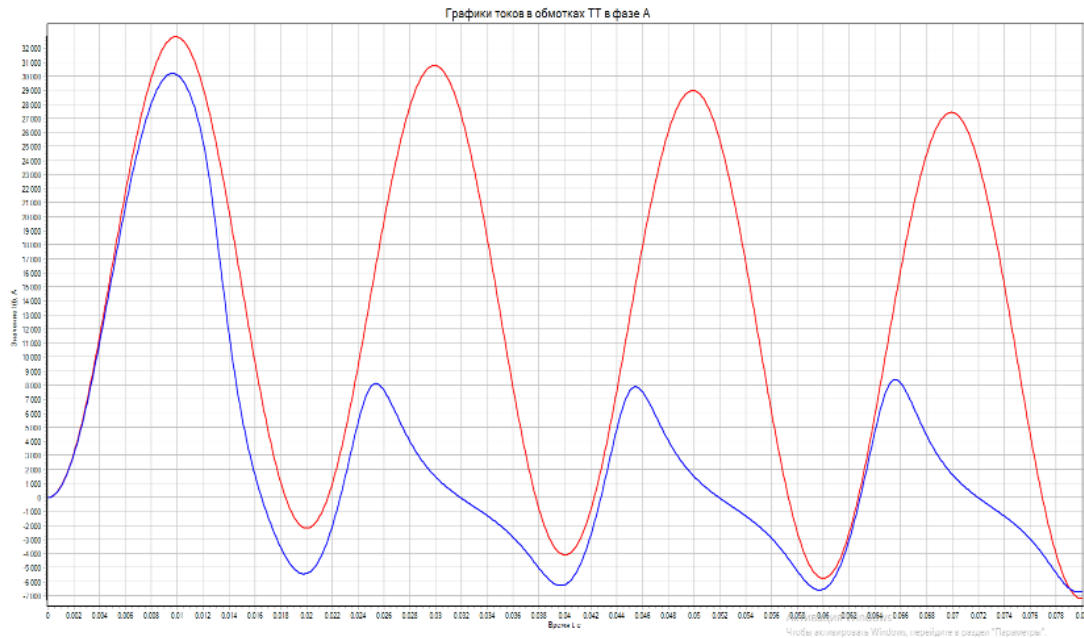


Рис. 3 – Осциллограмма токов в фазе А

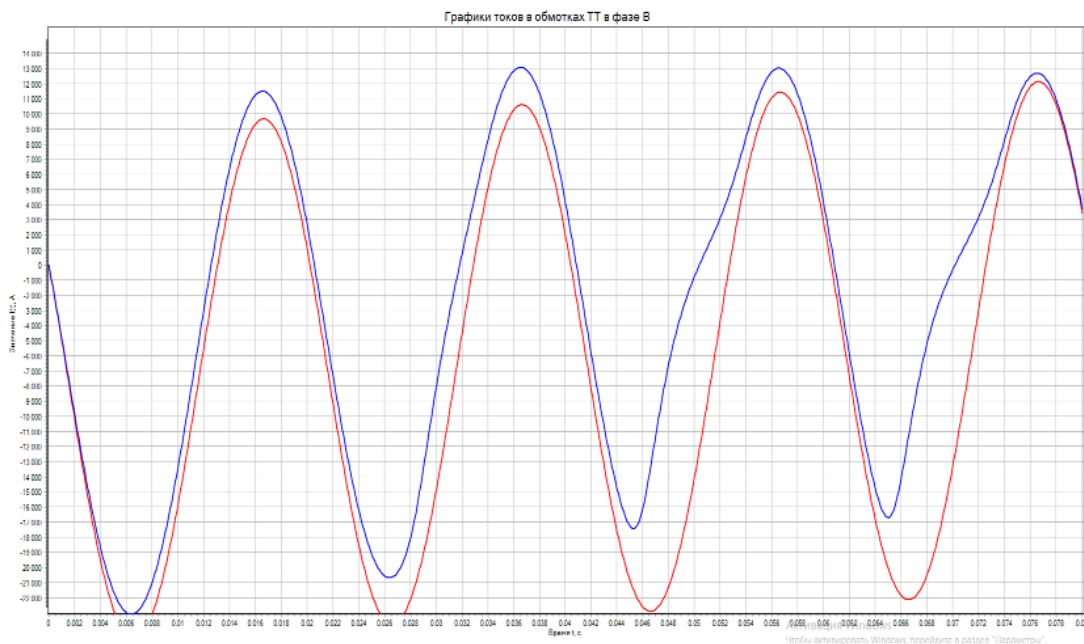


Рис. 4 – Осциллограмма токов в фазе В

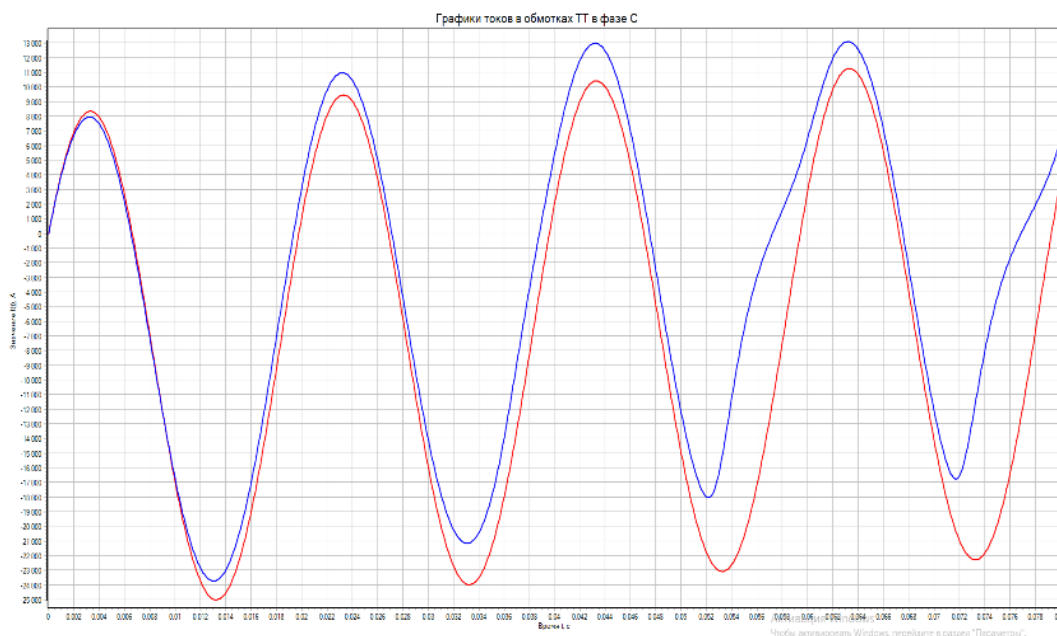


Рис. 5 – Осциллограмма токов в фазе С

Для приведенного примера искажения для ТТ в фазе А начинают проявляться уже в начале второго периода после возникновения КЗ, в то время как для фаз В и С насыщение проявляется в третьем периоде. Причем для данных фаз характерны искажения вторичного тока на возрастающем участке отрицательной полуволны тока.

Также в результате исследования получено, что для рассмотренных условий для всего диапазона T_a время возникновения насыщения больше минимального времени участка достаточно точной трансформации, необходимого для обеспечения правильной работы цифровых дифференциальных защит, нормируемого заводами-изготовителями.

Дальнейшее развитие данной работы будет направлено на исследования влияния остаточной намагниченности в магнитопроводе на насыщение ТТ.

Список литературы:

1. Об обеспечении необходимой точности работы защитных трансформаторов тока в переходных режимах / Кужеков С.Л., Дегтярёв А.А., Чердниченко К.В. // Электрические станции. – 2015. – № 5. – С. 53-60.
2. Определение факта насыщения магнитопровода трансформатора тока на основе непрерывного измерения сопротивления цепи намагничивания / Р. Д. Айсин, Д. Ю. Вихарев, А. Ю. Мурзин, Н. А. Родин // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2024. – № 4. – С. 53-63. – DOI 10.17588/2072-2672.2024.4.053-063.
3. Влияние насыщения трансформаторов тока на работу токовых защит / Ф. А. Романюк, А. А. Тишечкин, В. Ю. Румянцев [и др.] // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2010. – № 1. – С. 5-9.
4. Анализ неселективных действий дифференциальных защит сборных шин при внешних однофазных коротких замыканиях с насыщением трансформатора тока в неповрежденной фазе / С. Л. Кужеков, А. А. Дегтярев, Н. А. Дони [и др.] // Релейная защита и автоматизация. – 2019. – № 1(34). – С. 28-36.
5. Введение в работу с программным обеспечением "Среда динамического моделирования технических систем "SimInTech". Москва: ЗВ Сервис, 2017. Ч. 1. 109 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SIMLNTESN ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ

Сети высокого напряжения дорогостоящие, ввиду этого проводить эксперименты над готовыми сетями дорого и нецелесообразно, с целью исключения этого, на этапе проектирования, либо реконструкции, актуальной задачей ставится их моделирование, моделирование режимов, происходящих в этих системах, с целью отстройки релейной защиты, проверки правильности выбора оборудования, проверки возможности ведения требуемого режима.

В данное время нет программных комплексов, которые способны полностью смоделировать электроэнергетическую систему, поэтому производят моделирование отдельных участков электрических сетей. Данная работа посвящена моделированию электрической сети с целью выбора уставок релейной защиты и проверки её работы.

Явным признаком возникновения короткого замыкания считается повышение тока в линии. Данный признак используют для выполнения защит, которые называются токовыми. Токовые защиты приходят в действие при увеличении тока в фазах линии выше определённого значения. В роли реле, реагирующих на увеличение тока в линии, служат максимальные токовые реле.

В исследовании было проведено моделирование работы системы при различных видах короткого замыкания. Для рассматриваемой структурной схемы системы электроснабжения (рис. 1) существует несколько вариантов коротких замыканий: «Однофазное на землю», «Двухфазное», «Двухфазное на землю», «Трёхфазное».

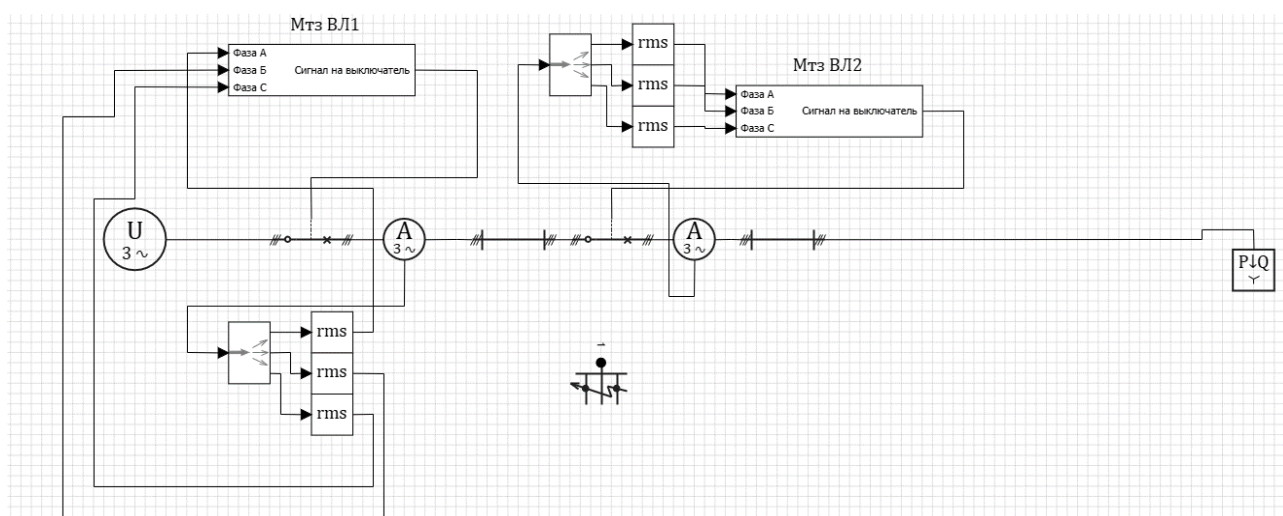


Рис. 1. Схема модели системы электроснабжения

Для проведения проверки защиты была смоделирована максимальная токовая защита (рис. 2), логика работы которой заключается в том, что показания с амперметра поступают в демультиплексор, который разветвляет показания

амперметра на 3 фазы, после чего сигнал проходит через модуль RMS, который рассчитывает среднеквадратичное значение за период. В последствии полученные данные поступают в логический модуль сравнения. Далее данные показания подаются в блок «меньше или равно», который сравнивает значение с уставкой. В последствии, если сигнал будет превышать значение выбранной уставки, будет запущен блок задержки по включению, который заменяет реле времени в нашей модели, после того, как задержка по включению прошла, данный блок выдаёт значение 1, которое идёт в следующий блок логической операции «И», который, при корректной работе, во время короткого замыкания выдаст значение 1 на оператор «или» изменит своё значение и подаст сигнал на счётчик, который увеличивая своё значение на 1 при помощи операции «меньше» меняет значение константы с 1 на 0, тем самым изменяя значение оператора «не» на 1, этим подавая сигнал на отключение управляемому ключу, он же в своё время подаёт сигнал на выключатель, установленный в начале линии, и она отключается. Все эти логические операции требуются для того, чтобы заменить электромагнитное реле, следовательно, повторяют логику действия максимальной токовой защиты с выдержкой времени.

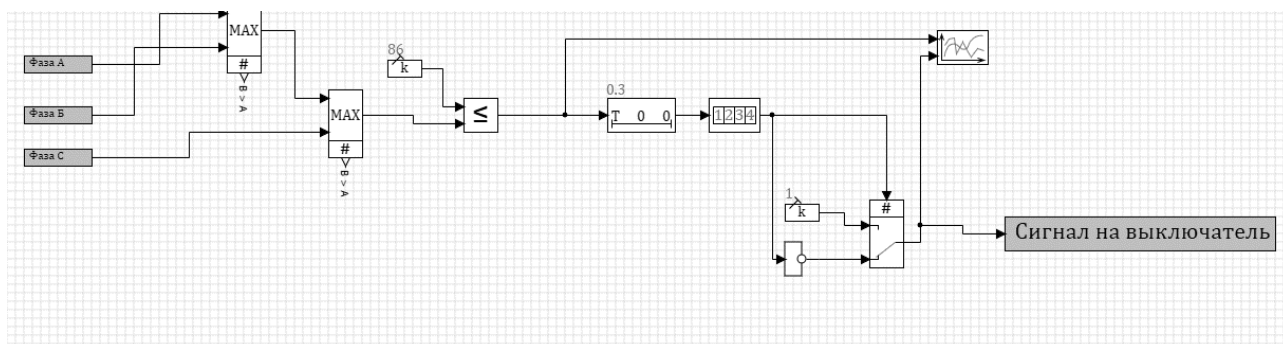


Рис. 2. Модель максимальной токовой защиты

Для выбора уставок максимальной токовой защиты требуется произвести замеры максимальных токов нагрузки, а также произвести расчёт уставок и проверку чувствительности защиты (замер токов короткого замыкания производится при помощи блока «Короткозамыкатель»):

Таблица 1. Замер рабочих максимальных токов

$I_{maxВЛ1}, A$	$I_{maxВЛ2}, A$
124.03	43.17

$$I_{W1} = \frac{k_{отс}}{k_B} \cdot k_{сам} \cdot I_{max} = \frac{1.2}{0.9} \cdot 1.5 \cdot 124.03 = 248.1 A;$$

$$I_{W2} = \frac{k_{отс}}{k_B} \cdot k_{сам} \cdot I_{max} = \frac{1.2}{0.9} \cdot 1.5 \cdot 43.17 = 86.34 A;$$

$$k_{Л1} = \frac{I_{\text{кз min MTЗ}}^{(2)}}{I_{\text{MTЗ-2}}} = \frac{1582.1}{248.1} = 6.38 > 1.5;$$

$$k_{Л2} = \frac{I_{\text{кз min MTЗ}}^{(2)}}{I_{\text{MTЗ-2}}} = \frac{1032.96}{86.34} = 11.96 > 1.5;$$

С целью обеспечения требуемой селективности максимальные токовые защиты выполняются с выдержками времени, которые увеличиваются от потребителей к источнику питания (таблица 2).

Таблица 2. Выбор выдержек времени

	W1	W2
1 ступень	0	0
2 ступень	0.8	0.3

Для проверки работы защиты при различных видах коротких замыканий, были произведены опыты короткого замыкания (рис. 3) на линиях 1 и 2 результаты сведём в таблицу 3.

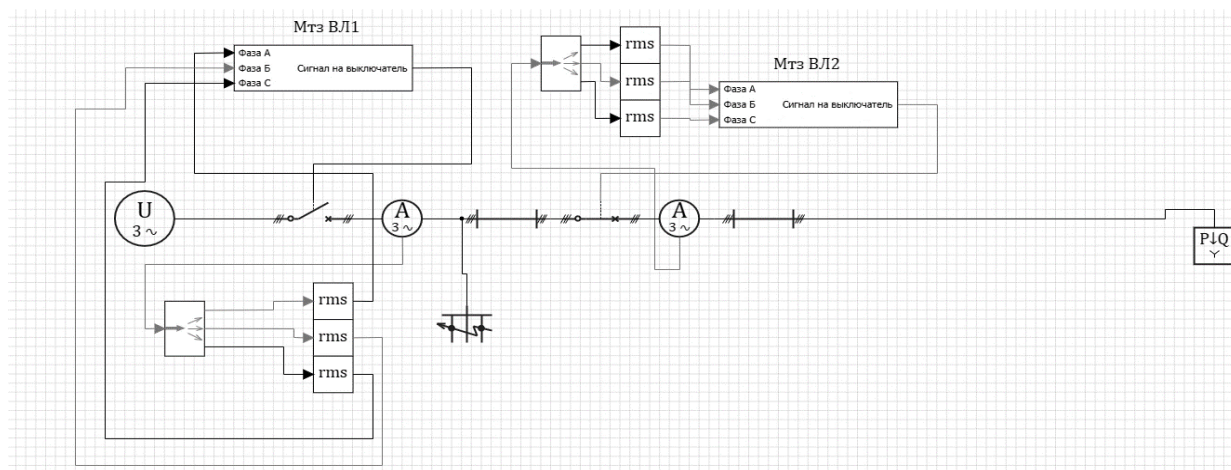


Рис. 3. Опыт трёхфазного короткого замыкания

Таблица 3. Результаты опытов короткого замыкания

Вид короткого замыкания	ВЛ 1		ВЛ 2	
	В начале линии	В конце линии	В начале линии	В конце линии
Однофазное на землю	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала
Двухфазное	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала
Двухфазное на землю	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала
Трёхфазное	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала	Защита сработала

В программном комплексе SimInTech было рассмотрено моделирование релейной защиты для линий 110 кВ, данная модель позволяет минимизировать

человеческий фактор во время выполнения работ по выбору уставок на реальных объектах.

В результате моделирования максимальной токовой отсечки было установлено, что данная модель обеспечивает достаточную точность для проведения на ней опытов короткого замыкания, в ходе которых было выявлено, что защита срабатывает при любом виде короткого замыкания, и надёжно отключает линии.

Список литературы

1. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» / Совет директоров ПАО «Россети» (протокол от 22.02.2017 № 252). Москва, 2017. – 196 с.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / под редакцией Д.Л. Файбисовича. - 4-е изд., перераб. и доп.-М.: ЭНАС, 2012г.-376 с.: ил.
3. Ананичева С.С., Е.Н. Котова. / Проектирование электрических сетей: учебное пособие для вузов. –М.: энергия, 2017г.
4. SimlnTech [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://simintech.ru>.

*Д.Ю. Шехов, студ., А.П. Ерофеева, студ., Ф.Д. Ланге, студ.; рук. В.А. Михайлов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMLNTech

Программный комплекс SimlnTech предназначен для моделирования различных схем электроснабжения, как переменного, так и постоянного тока. В данной работе была рассмотрена схема электроснабжения потребителей. Вопрос моделирования затрагивается, когда требуется понять, как будет вести себя схема электроснабжения при различных изменениях режима работы.

Рассмотренная схема электроснабжения, реализованная в программном комплексе SimlnTech позволяет производить расчёты рабочих токов, токов короткого замыкания, производить расчёт потерь мощности, а также изменение напряжения.

Программный комплекс SimlnTech позволяет проводить исследование аварийных режимов работы электрической сети.

Созданная модель была использована для проведения исследования работы схемы электроснабжения, при аварийных отключениях элементов. В ходе выполнения расчётов было произведено сравнение показаний при авариях на элементах. В ходе моделирования схемы электроснабжения (рис.1.) было выявлено несколько вариантов работы системы: «нормальный», «авария на трансформаторе» и «авария на линии»

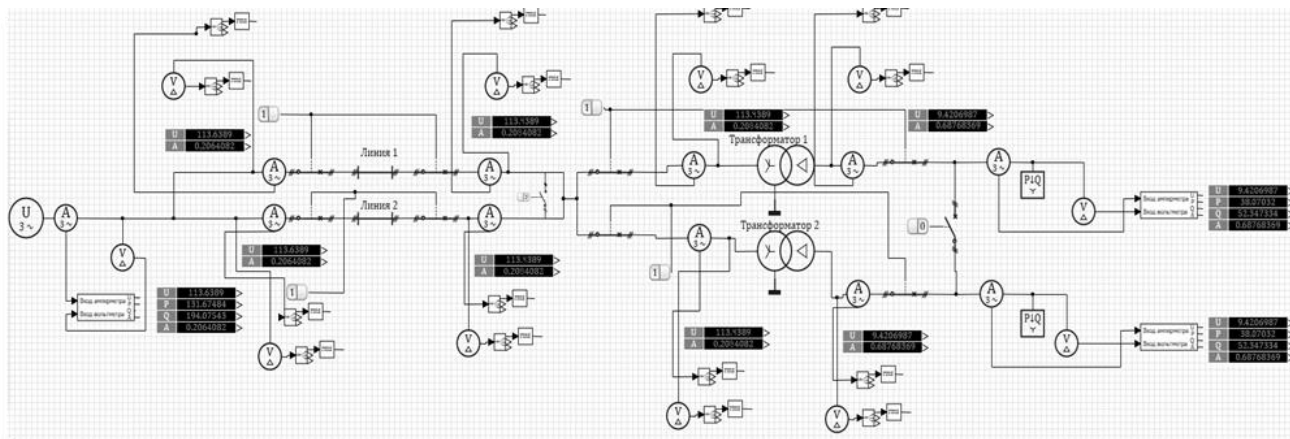


Рис. 1 – Модель системы электроснабжения в программном комплексе SimInTech

Исходя из модели системы электроснабжения, смоделированной в программном комплексе SimInTech, можно выделить 3 режима работы «нормальный», «авария на трансформаторе» и «авария на линии». Нормальный режим работы представлен на (рис.1).

При аварии на линии 1, нагрузка переводится на резервирующую её линию 2, которая питается от того же источника питания. Отказы в модели имитируются наличием выключателей на каждом из элементов сети. Это графически представлено в ПК SimInTech (рис.2).

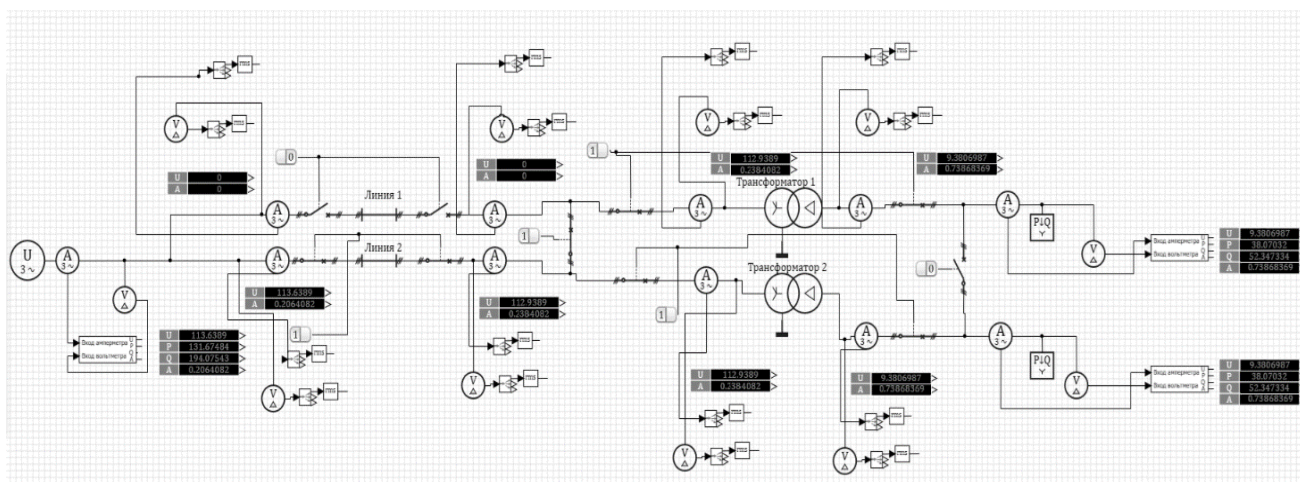


Рис. 2 – Схема сети при аварии на линии 1

В таблице 1 видно, что отказ одной линии привёл к незначительному изменению тока и напряжения, что соответствует номинальной величине.

При аварии на трансформаторе 1, нагрузка будет переведена на резервирующий его трансформатор 2, которая питается от того же источника питания. Аварийные ситуации моделируются при помощи выключателей, которые отключаются нажатием кнопки.

Работа системы при аварии на трансформаторе 1, представлена на (рис.3).

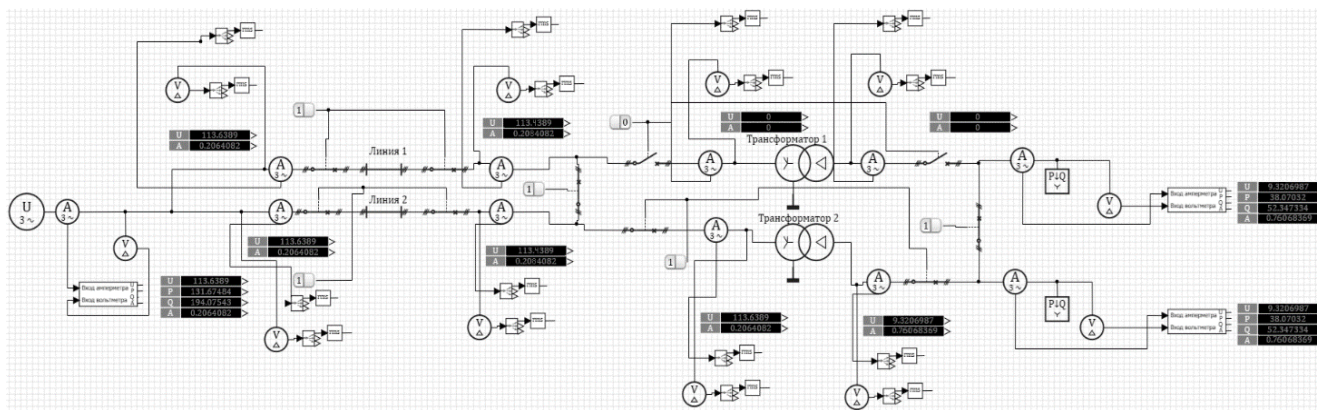


Рис. 3 – Электрическая схема сети при аварии на трансформаторе 1

Исходя из проведённого опыта можно сказать, что авария на трансформаторе 1 привела к незначительному изменению тока и напряжения, что соответствует номинальной величине.

Таблица 1. Параметры тока и напряжения при нормальном и аварийном режимах работы

	ВЛ 1		ВЛ 2		Тр-р 1		Тр-р 2	
	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
Номинальный ток, кА	0.206	0.208	0.208	0.208	0.208	0.68	0.208	0.68
Номинальное напряжение, кВ	113.6	113.4	113.6	113.4	113.4	9.42	113.4	9.42
Напряжение при отключении линии 1, кВ	0	0	113.6	112.9	112.9	9.38	112.9	9.38
Ток при отключении линии 1, кА	0	0	0.208	0.238	0.238	0.74	0.238	0.74
Напряжение при отключении трансформатора 1, кВ	113.6	113.4	113.6	113.4	0	0	113.6	9.32
Ток при отключении трансформатора 1, кА	0.206	0.208	0.206	0.208	0	0	0.206	0.76

В программном комплексе SimlnTech была разработана модель системы электроснабжения потребителей электроэнергии. Подобные математические модели позволяют выполнять расчёты режимов работы электрической сети, а также наглядно наблюдать изменения параметров при аварии или выводе в ремонт оборудования.

В результате моделирования отказов основных элементов сети было установлено, что данная схема обеспечит потребителя электроэнергией требуемого качества. Моделируемая схема электроснабжения позволяет выполнять оценку изменения режима сети.

Список литературы

- [1] Ананичева С.С., Е.Н. Котова. / Проектирование электрических сетей: учебное пособие для вузов. -М.: энергия, 2017г.
- [2] SimlnTech [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим дгоступа: <https://simintech.ru>.
- [3] Справочник по проектирование электрических сетей / под редакцией Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. И доп.-М: ЭНАС, 2012г.-376с.: ил.

*М.А. Ширяев, студ.; рук. В.С. Петров, доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Масляные трансформаторы являются важными элементами электрических сетей, обеспечивая передачу и преобразование электроэнергии. Надёжность работы этих устройств напрямую влияет на стабильность электроснабжения потребителей. Применение теории подобия и моделирования позволяет упростить анализ процессов работы трансформатора, прогнозировать возможные отказы и оптимизировать обслуживание.

Теория подобия и моделирования – это раздел науки, который изучает методы построения и анализа моделей, отражающих свойства и поведение реальных объектов или систем на основе принципа подобия. Она позволяет переносить результаты исследований с одной системы (например, модели) на другую (например, реальный объект), если между ними соблюдены определённые условия подобия. Существует 3 основные теории и 5 дополнительных.

Теория подобия используется для проектирования сложных систем, когда прямое создание и тестирование полноразмерного объекта невозможно или слишком дорого. Вместо этого создаётся уменьшенная (или увеличенная) модель, изучается её поведение, а затем результаты масштабируются на реальный объект. [2]

Разработка модели износа изоляции обмотки трансформатора

а) Температура обмоток

Температура обмоток в нормальном режиме зависит от потерь и системы охлаждения. Уравнение теплового баланса:

$$P_{Cu} = hA(T_w - T_{\text{масл}}), (1)$$

где:

$P_{Cu} = I^2 R$ – потери в обмотках (Вт);

h – коэффициент теплоотдачи от обмоток к маслу ($\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$);

A – площадь поверхности обмоток (м^2);

T_w – температура обмоток (К или $^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{масл}}$ – температура масла (К или $^{\circ}\text{C}$).

Температура масла связана с окружающей средой:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{Cu}} + P_{\text{Fe}} = h_{\text{ext}} A_{\text{ext}} (T_{\text{масл}} - T_{\text{окр}}), (2)$$

где:

P_{Fe} – потери в сердечнике;

h_{ext} – коэффициент теплоотдачи от бака к воздуху;

A_{ext} – площадь бака, $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды.

Для простоты предположим, что T_w и $T_{\text{масл}}$ измерены или известны из ра-
бочих данных трансформатора (например, $T_w = 85^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{масл}} = 70^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{окр}} = 25^{\circ}\text{C}$).

б) Скорость износа изоляции

Износ изоляции (целлюлозной бумаги) в нормальном режиме определяется
термической деградацией, которая следует закону Аррениуса:

$$k = A \exp \left(-\frac{E_a}{RT_w} \right), (3)$$

где:

k – скорость реакции деградации (1/час);

A – предэкспоненциальный множитель (константа, зависящая от ма-
териала, обычно $10^8 - 10^{10}$ 1/час для целлюлозы);

E_a – энергия активации (Дж/моль, для целлюлозы ≈ 111 кДж/моль);

R – универсальная газовая постоянная (8.314 Дж/моль $\cdot$ К);

T_w – абсолютная температура обмоток (К).

Срок службы изоляции обратно пропорционален k . По стандартам базо-
вый срок службы трансформатора при температуре 110°C составляет около 180
000 часов (20 лет). При изменении температуры срок службы изменяется:

$$L(T_w) = L_0 * 2^{\frac{T_0 - T_w}{6}}, (4)$$

где:

L_0 – базовый срок службы (180 000 часов при $T_0 = 110^{\circ}\text{C}$),

T_w – рабочая температура обмоток;

6°C – температурный интервал, удваивающий или сокращающий срок
службы вдвое (правило Монтзингера).

в) Остаточный ресурс

Если трансформатор работает время t при температуре T_w , износ (в долях
от полного ресурса) рассчитывается как:

$$W = \frac{t}{L(T_w)} (5)$$

Когда $W = 1$, изоляция полностью изношена.

4. Пример расчёта

Допустим: $T_w = 85^{\circ}\text{C}$ (358 К), $T_{\text{окр}} = 25^{\circ}\text{C}$.

Номинальная нагрузка, трансформатор работает 5 лет (43 800 часов).

1. Срок службы при 85°C :

$$L(85) = 180000 * 2^{\frac{110-85}{6}} = 180000 * 2^{4.167} \approx 180000 * 17.8 = 3204000 \text{ часов.} \quad (6)$$

2. Износ за 5 лет:

$$W = \frac{43800}{3204000} \approx 0.0137 (1.37\%) \quad (7)$$

Остаточный ресурс: 98.63% от начального срока службы.

5. Итеративное уточнение

Для повышения точности можно учесть: вариации температуры в течение суток или сезона, химическую деградацию изоляции из-за окисления масла (требуется данные о состоянии масла), механические напряжения от теплового расширения (в нормальном режиме минимальны).

6. Верификация

Модель проверяется сравнением с:

Данными о степени полимеризации (DP) изоляции (измеряется на образцах), статистикой отказов трансформаторов аналогичного типа.

Итоговая модель:

Скорость износа изоляции в нормальном режиме:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{1}{L(T_w)} = \frac{1}{L_0 * 2^{\frac{T_0 - T_w}{6}}} \quad (8)$$

где T_w зависит от потерь P_{Cu} и охлаждения.

Пример: при $T_w = 85^\circ\text{C}$, скорость износа $\frac{dW}{dt} = \frac{1}{3204000} \approx 3.12 * 10^{-7} \text{ 1/час} \quad (9)$

Основные положения модели:

Температура как главный фактор: Износ изоляции (целлюлозной бумаги) в нормальном режиме определяется термической деградацией, зависящей от температуры обмоток (T_w). Температура, в свою очередь, зависит от электрических потерь, которые пропорциональны квадрату тока нагрузки ($P_{Cu} = I^2 R$). (10)

Закон Аррениуса и правило Монтзингера: Скорость деградации изоляции экспоненциально возрастает с температурой, а срок службы сокращается вдвое при увеличении температуры на каждые 6° .

Связь с нагрузкой: Нагрузка трансформатора (I) определяет потери в обмотках, что напрямую влияет на T_w и, соответственно, на срок службы изоляции.

Математическая модель

Потери в обмотках: $P_{Cu} = I^2 R$, (11)

Температура

обмоток:

$$T_w = T_{\text{масл}} + \frac{P_{Cu}}{hA} \quad (12), \text{ где } T_{\text{масл}} \text{ зависит от } P_{\text{total}} =$$

$$P_{Cu} + P_{Fe} \quad (13) \text{ и внешнего охлаждения.}$$

Срок службы изоляции:

$$L(T_w) = L_0 * 2^{\frac{T_0 - T_w}{6}}, \text{ где } L_0 = 180000 \text{ часов (20 лет) при } T_0 = 110^\circ\text{C} \quad (14).$$

Зависимость срока службы от нагрузки

Нагрузка трансформатора выражается через ток I , который нормируется относительно номинального тока $I_{ном}$.

Пусть $k = \frac{I}{I_{ном}}$ (15) — коэффициент нагрузки.

Тогда: $P_{Cu} = P_{Cu,ном} * k^2$, (16)

Повышение температуры обмоток относительно номинального режима:

$$\Delta T_w = \frac{P_{Cu,ном} * k^2}{hA}. \quad (17)$$

Общая температура: $T_w = T_{окр} + \Delta T_{масл} + \Delta T_w$, (18)

$\Delta T_{масл}$ — разница между температурой масла и окружающей среды, зависящая от P_{total} .

Срок службы:

$$L(k) = L_0 * 2^{\frac{T_0 - (T_{окр} + \Delta T_{масл} + \frac{P_{Cu,ном} * k^2}{hA})}{6}} \quad (19)$$

Числовые результаты

Допустим: $T_{окр} = 25^\circ\text{C}$, $T_{масл,ном} = 70^\circ\text{C}$ при $k = 1$ (номинальная нагрузка), $T_{w,ном} = 85^\circ\text{C}$ при $k=1$, $P_{Cu,ном} = 1000 \text{ Вт}$, $hA = 66.67 \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}$ (из $\frac{1000}{85-70}$), Базовый срок службы $L_0 = 180000$ часов при $T_0 = 110^\circ\text{C}$ [2].

Рассчитаем $L(k)$ для нормального режима:

$k=1$ (100% нагрузка):

$$T_w = 85^\circ\text{C}, L(1) = 180000 * 2^{\frac{110-85}{6}} = 180000 * 2^{4.167} \approx 3204000 \text{ часов} \quad (20)$$

Экспоненциальная зависимость: срок службы изоляции резко уменьшается с ростом нагрузки из-за квадратичной зависимости потерь ($P_{Cu} \sim k^2$) и экспоненциального влияния температуры на деградацию.

Практическая значимость: в нормальном режиме (100% нагрузки) срок службы изоляции значительно превышает типичный срок эксплуатации трансформатора (20-40 лет), что подтверждает ее высокую надежность при номинальных условиях.

Критическая нагрузка: даже небольшое превышение номинальной нагрузки (например, 120%) сокращает срок службы в 2 раза по сравнению с $k=1$, что подчеркивает важность контроля температуры.

Расчеты, которые проводились над данной моделью, в целом соответствуют основным принципам ГОСТ 14209-85 («Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки») и ГОСТ 14209-97 («Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов») в части: использование закона Аррениуса и правила Монтзингера для расчета скорости износа и срока службы изоляции полностью соответствует подходу ГОСТ 14209-97, учет зависимости температуры обмоток от нагрузки через квадратичную зависимость потерь ($P_w \sim I^2$) согласуется с физическими принципами, описанными в стандарте, температура обмоток (85°C при номинальной нагрузке) находится в допустимых пределах (ниже 140°C), что соответствует требованиям ГОСТ для систематических нагрузок.

Однако модель имеет более упрощенный вид и из-за некорректного выбора базовой температуры (110°С вместо 98°С) и упрощенного подхода к моделированию нагрузки (отсутствие учета вариаций нагрузки), не учитывает более детальный расчет температуры (условие охлаждения масла); модель не полностью соответствует требованиям стандарта.

Список литературы

1. Веников В.А. "Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики". – М.: Высшая школа, 1966.
2. Веников В.А., Веников Г.В. "Теория подобия и моделирование". – М.: Энергия, 1976.
3. И. Г. Гордиевский, В. П. Кавченков "Основы моделирования систем электроснабжения". – МЭИ, 1988

СЕКЦИЯ 2 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

*К.О. Арбузов; А.С. Калинин; К.Е. Корнеев, студ., рук. В.В. Рожков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске)*

ВАРИАНТЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Во время эксплуатации асинхронного электродвигателя (АД) в составе замкнутых систем частотно-регулируемого электропривода для получения предсказуемых регулировочных характеристик, а также для синтеза регуляторов электропривода возникает необходимость анализа параметров схемы замещения двигателя, которые чаще всего не указываются производителем.

Методики проектирования АД соответствующих серий являются заводскими, и из соображений коммерческой тайны информация о параметрах схемы замещения находится за пределами передаваемой потребителю документации. В этой связи для нахождения искомых параметров инженеры, эксплуатирующие электроприводы с объектом управления – АД, используют различные варианты оценки параметров схемы замещения АД. Расчёт параметров может производиться, исходя из конструктивных соображений [1] или опираясь на приближенные методики их оценки по общедоступным паспортным данным. В большинстве случаев подобный расчёт выполняется специальным программным обеспечением (ПО), встроенным в систему управления преобразователем частоты. Эти экспериментальные методы также достаточно ориентировочные. Существуют также и аналитические методы, например, из [2]. Его применение будет рассмотрено в настоящей статье.

Паспортных данных АД достаточно для ориентировочного нахождения параметров схемы замещения, однако ввиду многообразия методов проектирования расчётное значение может значительно отличаться от истинных, что может затруднять получение нужных статических и динамических свойств в электроприводе с АД. Исходя из вышеизложенного, целесообразно провести анализ полученных разными методами расчёта параметров схемы замещения АД, сделать выводы о предпочтительности того или иного способа при различных задачах.

В данной статье на примере общепромышленных АД средней мощности (с $U_{\text{лн}}=380$ В, $P_{\text{н}}=15-18,5$ кВт), разработанных при решении задач учебного проектирования, а также их аналогов из серии двигателей 4А, проводится сопоставление точности методов оценки параметров схемы замещения АД на этапе проектирования и по упрощенной методике на основе паспортных параметров, что и является целью работы.

В качестве возможного варианта оценки параметров схемы замещения АД по паспортным данным рационально использовать методику, приведенную в [2], из-за ее относительной простоты. Расчет включает в себя несколько ключевых этапов. Одной из важных точек механической характеристики АД явля-

ется точка с максимальным развиваемым двигателем моментом (соответствующая перегрузочной способности машины), для определения которого необходимо знать такой параметр, как критическое скольжение $s_{кр}$. На основе последнего рассчитывается номинальный ток холостого хода (ток намагничивания) $I_{0ном}$, необходимый для получения относительного значения номинального тока ротора $I'_{2ном}$, приведенного к обмотке статора. Для расчета параметров схемы замещения следует определить полное сопротивление короткого замыкания Z_k , коэффициент мощности при пуске АД $\cos \varphi_{пуск}$, коэффициент первичного рассеяния σ_1 , индуктивное сопротивление двигателя для номинального режима x_1 и для режима пуска x_k , индуктивное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора x'_2 , ЭДС ветви намагничивания E_1 , сопротивление взаимной индукции x_μ . Непосредственно необходимые пять параметров схемы замещения рассчитываются по следующим формулам:

$$R'_{2ном} = \frac{M_{ном} \cdot \omega_0 \cdot S_{ном}}{3 \cdot I'_{2ном}} - \text{приведенное к статору активное сопротивление ротора};$$

$$R_1 = Z_k \cdot \cos \varphi_{пуск} - \sigma_1 \cdot R'_{2ном} - \text{активное сопротивление обмотки статора};$$

$$x_1 = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1 \cdot R'_{2ном}}{s_{кр}}\right)^2 - R'^2_{2ном}} - \text{индуктивное сопротивление обмотки статора};$$

$$x'_2 = x_k - x_1 - \text{индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора};$$

$$x_\mu = \frac{E_1}{I_{0ном}} - \text{взаимное индуктивное сопротивление}.$$

Все существующие методики оценки параметров схемы замещения по паспортным данным являются эмпирическими. Диапазон их применения может не покрывать все ряды мощностей АД. Так, в рассматриваемом случае для двигателей средней мощности в ходе расчёта значение индуктивного сопротивления обмотки ротора принимало отрицательное значение, что невозможно с точки зрения физики и электротехники. Таким образом, выявляются ограничения на применение методик и необходимость проведения ее корректировки. Например, по самой простой Г-образной схеме замещения можно рассчитать индуктивное сопротивление короткого замыкания:

$$X_k = \frac{3 \cdot U_\phi^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot M_k}.$$

Индуктивное сопротивление X_k — есть сумма индуктивных сопротивлений статора и ротора, приведенного к статору. Таким образом, упрощенно можно перераспределить эти сопротивления напополам:

$$X_1 = X'_2 \cong \frac{X_k}{2}.$$

При оценке параметров схемы замещения АД исходя из конструктивных соображений расчёт опирается на [1], в котором указан подробный ход проектирования. По данным технического задания: мощности, частоте оборотов и величине напряжения выбираются главные размеры, такие как высота оси вращения, внешний диаметр статора, полюсное деление, длина магнитопровода. Производится расчет параметров статора и ротора: определяется зубцовое деление и размеры зубцов, а также выбирается их форма. Затем рассчитывается ток статора и число проводников в пазу. Выбирается воздушный зазор, удовлетворяющий параметрам электродвигателя. Далее выбирается материал для магнитной цепи и толщина листа. При этом рассчитывается намагничивающий ток и коэффициент насыщения, которые должны находиться в допустимых пределах. По найденным ранее данным находят параметры рабочего режима: активное сопротивление обмотки статора и приведенное активное сопротивление обмотки ротора к статору, также определяют индуктивные сопротивления обмоток статора и приведенное значение индуктивности обмотки ротора к статору. Рассчитываются потери в стали, которые необходимы для определения параметров схемы замещения цепи намагничивания.

Ввиду консервативности методик проектирования АД, серийно выпускаемые машины имеют небольшие различия, поэтому справочник [3] остается актуальным источником параметров схемы замещения АД и является до сих пор единственным источником с подробными параметрами машин целой серии. При работе с [3] необходимо учитывать, что значения сопротивлений и индуктивностей приведены в относительных единицах, для перевода в Омы и Генри соответственно требуется умножить табличное значение на базисное сопротивление, которое рассчитывается по формуле:

$$R_{\sigma} = \frac{U_{\Phi H}}{I_{1H}}, [\text{Ом}]$$

Для общепромышленной электрической сети в России номинальной является частота 50 Гц, однако есть страны, в которых частота отличается, что нужно учитывать при переходе от значений индуктивных сопротивлений к индуктивности по формуле:

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}, [\text{Гн}]$$

Таблица 1

Параметры схемы замещения АД средней мощности, полученные на основе анализа паспортных данных (а), в процессе учебного проектирования (б) и из справочника [3] (с)

№ п/п	Вариант оценки	Сопротивление статора R_1 , Ом	Индуктивность рассеяния статора L_1 , Гн	Сопротивление ротора R'_2 , Ом	Индуктивность рассеяния ротора L'_2 , Гн	Индуктивность намагничивания L_μ , Гн
1	(а)	0,374	0,0057	0,155	0,0067	0,076
	(б)	0,292	0,0032	0,1443	0,0026	0,103
	(с)	0,403	0,0023	0,171	0,0029	0,097
2	(а)	0,997	0,0084	0,426	0,018	0,189
	(б)	0,765	0,0065	0,419	0,0051	0,234
	(с)	0,775	0,005	0,443	0,0076	0,26
3	(а)	0,393	0,0039	0,165	0,0047	0,062
	(б)	0,31	0,0021	0,161	0,0022	0,07
	(с)	0,337	0,0021	0,156	0,0025	0,057

В таблице 1 приведены данные параметров схем замещения, полученные по двум разным методикам – на основе анализа паспортных данных и в процессе проектирования конструкции АД. За эталонные можно принять значения, приведенные в [3].

По данным таблицы 1 для каждого параметра можно определить максимальную абсолютную и относительную погрешности оценки. Для сопротивления статора абсолютная погрешность составляет $\Delta R_1=0,222$ Ом, а относительная $\delta R_1=22,27$ %. Для остальных параметров эти погрешности соответственно равны $\Delta L_1=0,0034$ Ом, $\delta L_1=59,65$ %; $\Delta R'_2=0,0267$ Ом, $\delta R'_2=18,5$ %; $\Delta L'_2=0,0104$ Ом, $\delta L'_2=57,80$ %; $\Delta L_\mu=0,071$ Ом, $\delta L_\mu=37,60$ %.

Анализ приведенных погрешностей оценки показывает, что они достаточно велики при расчетах как по упрощенной методике, так и при проектировании машины, хотя все «контрольные» точки и характеристики машины «в среднем» получаются удовлетворительными. Видно также, что оба способа пригодны, по большому счету, лишь для ориентировочной оценки этих параметров – в первом приближении. И окончательный вывод о корректности параметров схемы замещения АД до их использования для синтеза замкнутых систем электроприводов можно делать на основе динамического компьютерного моделирования в специализированных программных продуктах. С помощью такого моделирования эти параметры можно уточнить, проанализировав качество и характер переходных процессов и сопоставив получаемые динамические характеристики в точках с гарантированными производителем паспортными значениями номинального тока статора, скольжения, допустимых кратностей по значениям электромагнитного момента и тока статора.

Список литературы

1. Проектирование электрических машин: учебник для бакалавров / под ред. И.П. Копылова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 767с. : Бакалавр. Углубленный курс.
2. Методические рекомендации по изучению курса «Частотно-регулируемый электропривод» [Текст]: методические рекомендации / В.В. Рожков. – Смоленск: РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2012. – 64 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А90 А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с., ил.

*С.Ю. Башмаков, студ., рук. В.В. Рожков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске)*

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ИДЕНТИФИКАТОРА СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Асинхронные электродвигатели (АЭД) являются объектами управления электроприводов в составе систем автоматизации многих промышленных систем благодаря своей простоте, надежности и экономичности [1], [2].

При работе электропривода построение замкнутой системы по основной регулируемой координате – скорости вращения ротора двигателя – в наиболее распространенном случае требует применения датчика скорости – тахогенератора, энкодера и т.д. Однако зачастую установка этого датчика затруднительна по конструктивным, экономическим и другим соображениям. Взамен датчика можно использовать вычислительный алгоритм для оценки скорости – идентификатор. В свою очередь, задача идентификации скорости не сводится лишь к применению уравнений математического описания асинхронного электродвигателя, например, в двухфазном варианте на основе обобщенной электрической машины. В составе уравнений имеются коэффициенты – параметры схемы замещения асинхронной машины (активные сопротивления статора и ротора, индуктивности статора и ротора, взаимная индуктивность обмоток статора и ротора). Эти коэффициенты в уравнениях не постоянны и меняются от «холодного состояния» в зависимости от режима работы – теплового состояния машины, эффекта вытеснения тока. Таким образом, одним из ключевых аспектов является оценка изменений параметров схемы замещения, что позволяет улучшить динамические характеристики и устойчивость системы.

В данной работе ставится целью демонстрация одной из методик динамической оценки изменений параметров схемы замещения при работе идентификатора скорости АЭД, а также их влияние на управление и производительность.

Схема замещения асинхронного электродвигателя представляет собой эквивалентную электрическую цепь, которая описывает его поведение в различных режимах работы. Основные параметры схемы замещения включают:

- сопротивление статора: определяет потери мощности в статоре.
- сопротивление ротора: влияет на крутящий момент и эффективность.
- индуктивность статора и индуктивность ротора: определяют реактивные потери.
- взаимная индуктивность статора и ротора: описывает магнитные потери и взаимодействие между статором и ротором.

Изменения этих параметров могут быть вызваны различными факторами, такими как температура, частота сети и механические нагрузки. Для точной оценки состояния АЭД необходимо учитывать эти изменения, что требует применения методов идентификации.

Идентификация скорости асинхронного электродвигателя может осуществляться различными способами, включая:

1. Методы на основе измерений: Использование датчиков для измерения скорости вращения ротора. Датчики могут быть оптическими, индуктивными или магнитными.

2. Моделирование: Применение математических моделей для оценки состояния системы. Моделирование позволяет предсказывать поведение двигателя при различных условиях.

3. Алгоритмы наблюдения: Использование алгоритмов, таких как наблюдатели состояния, для оценки параметров системы на основе входных и выходных сигналов. Эти алгоритмы позволяют учитывать изменения параметров в реальном времени.

1. Моделирование изменений параметров

Для оценки изменений параметров схемы замещения применено структурное моделирование в среде MATLAB/Simulink. Модели могут быть адаптированы для учета влияния различных факторов, таких как изменение температуры или нагрузки. Для этого смоделирован авторский вариант структурной модели машины с «доступом» к параметрам схемы замещения.

В рамках исследования была создана модель асинхронного двигателя с использованием Simulink. В модели учитывались основные параметры схемы замещения, а также влияние внешних факторов на их изменение. Результаты моделирования показали, что увеличение сопротивления статора на 10% приводит к снижению крутящего момента на 15%, что подтверждает важность учета изменений параметров.

Выводы:

- рис.2 и рис.3 показывают, что обеспечена работоспособность алгоритма оценки скорости на фоне изменения параметров схемы замещения АЭД. В установившемся режиме ошибка идентификации скорости не превышает 1%, а в динамике на начальном этапе близка к 15%. Активные сопротивления статора и ротора идентифицируются с погрешностями до 30%, что не влияет в целом на устойчивость процесса идентификации.

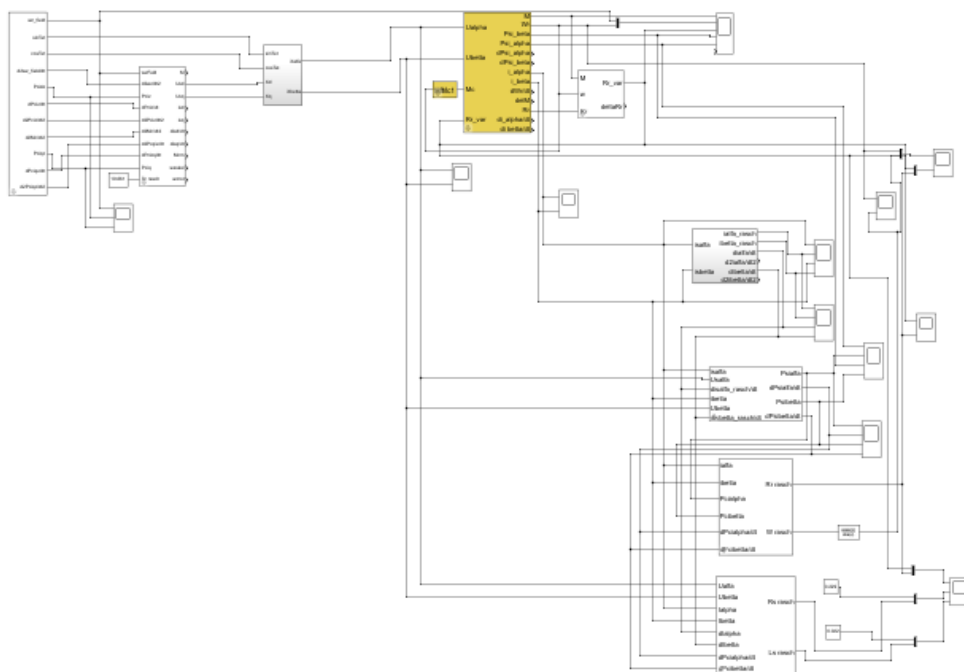


Рисунок 1 – Компьютерная модель идентификатора по Эйкхоффу для двигателя 4A80B2Y3 на 2,2 кВт, средней мощности, двухполюсного

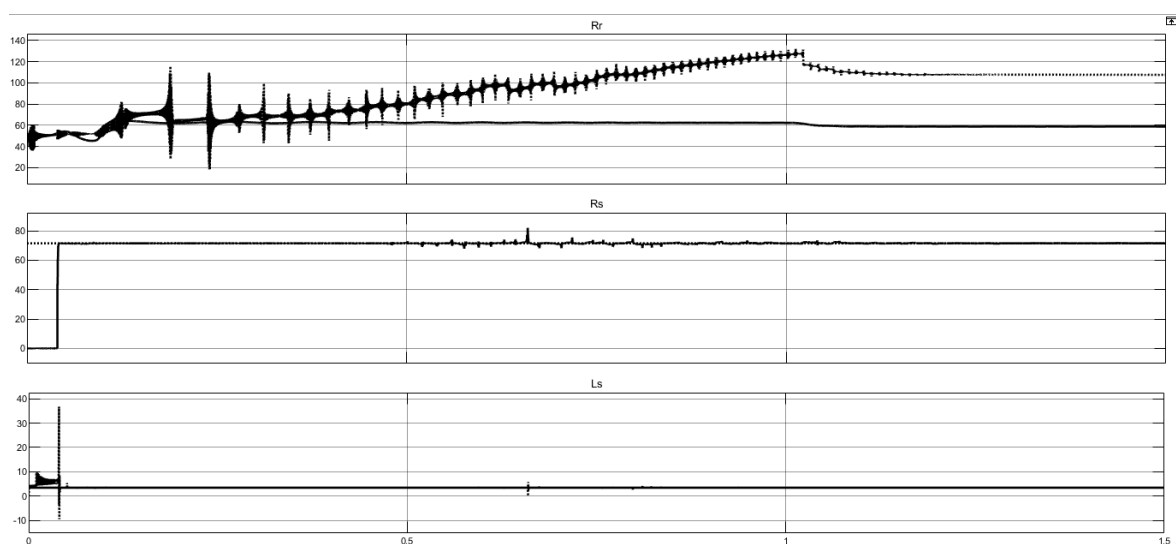


Рисунок 2 – Результаты работы идентификатора по Эйкхоффу (сверху вниз – сопротивление ротора, сопротивление статора и индуктивность)

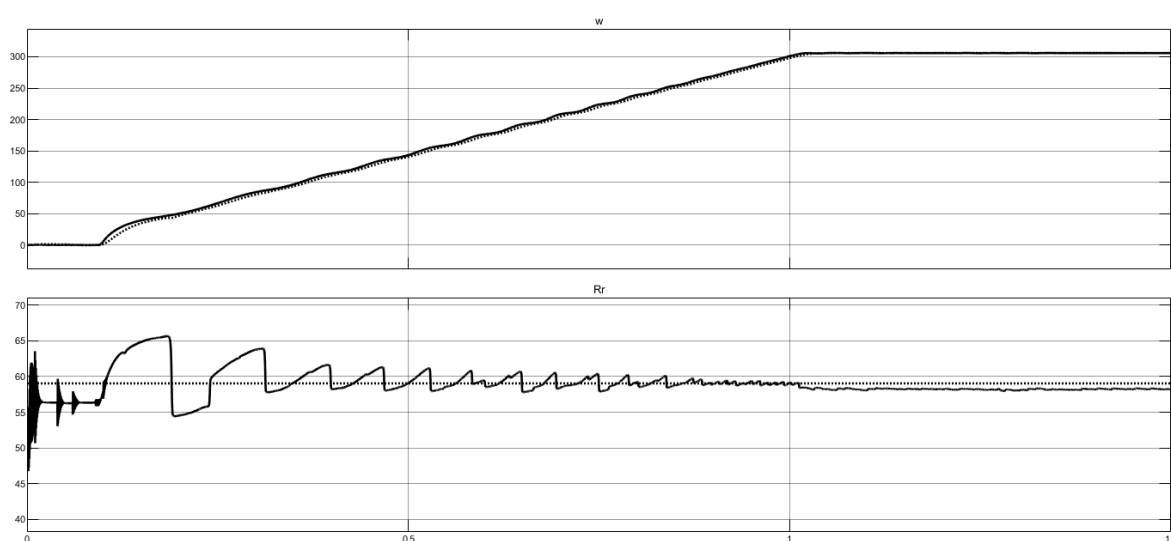


Рисунок 3 – Результат моделирования схемы при нагреве ротора и увеличении на 20% (сверху вниз – скорость реальная и оцененная по Эйкхоффу)

Список литературы

1. Теория электропривода : учебное пособие / Национальный исследовательский университет “МЭИ” в г. Смоленске. – Москва; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 417 с. : ил., схем., табл. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480141>, <https://doi.org/10.23681/480141>
2. Кузнецов, В. Г., Петров, С. Н. (2019). Моделирование электрических машин. Санкт-Петербург: Политехника.

*А.Д. Добренкова, студ.; рук. М.А. Кисляков, ст.преп.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СТАТОРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В современном мире электрические машины находят широкое применение практически во всех сферах производства и быта. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (АД) используются в электроприводах разных станков (металлообрабатывающих, деревообрабатывающих, грузоподъёмных), транспорте, бытовой технике и других областях народного хозяйства. Распространение АД получили из-за набора важных преимуществ над другими электрическими машинами: простая конструкция и эксплуатация системы, минимальное техническое обслуживание, низкая стоимость на рынке электродвигателей. В связи с повсеместным применением двигателей данного типа возрастает необходимость обеспечения их долговременной и безопасной эксплуатации.

При отказе электродвигателя выявлены следующие негативные последствия:

- 1)экономические затраты на ремонт оборудования;
- 2)простой работы;
- 3)необходимость проведения аварийных технических работ по устранению причин отказа машины;
- 4)авария на производстве/в быту может нанести вред человеку.

Исходя из этого, следует, что при использовании электрической машины важна процедура диагностики состояния оборудования для предотвращения технических неполадок и повышения надежности машин данного типа. Частые отказы АД происходят из-за пробоя изоляции обмоток статора, причем данные нарушения, влекущие за собой межвитковые и межфазные замыкания, нередко приводят к полному выходу из строя асинхронного двигателя.

Причины дефектов изоляции обмотки статора:

- Термическое старение
- Электрическое перенапряжение
- Механические напряжения
- Химическая коррозия
- Внешнее воздействие (влажность, загрязнения)

Ускоренное старение изоляции происходит из-за доступа влаги, приводящего к уменьшению прочности изоляции, и перегрева по отношению к допустимому уровню ввиду превышения номинальной нагрузки, обусловленного недостатками АД:

- чувствительность АД к напряжению питания (при уменьшении напряжения растет ток и электрические потери);
- большой пусковой ток и увеличение времени пуска при недостаточном значении электромеханического момента $M_{эм}$;
- низкий пусковой момент приводит к росту времени пуска и увеличению нагрева.

Для исключения пробоя изоляции и дальнейшего выхода оборудования из строя проводят контроль состояния статорной изоляции. Рассмотрим основные методы, применяемые для реализации данной диагностики.

Методы контроля состояния статорной изоляции электрических машин:

1. ИСПЫТАНИЕ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Относится к методам тестовой диагностики, требующей отключение оборудования от сети или проведение испытаний в лабораторных условиях. Нагрузка может осуществляться:

- 1) повышенным выпрямленным напряжением;
- 2) повышенным переменным напряжением промышленной частоты (регламентирован СТО 34.01-23.1-001-2017).

Суть метода заключается в том, что на все фазы (или на одну ветвь – случай 2) подаётся повышенное напряжение, проводится измерение токов утечки для выявления дефектов изоляции при постепенном нарастании нагрузки (т.е. напряжения). Если напряжение слишком велико, может случиться пробой изоляции. Анализ испытания позволяет выявить уровень напряжения, ниже которого изоляция способна сохранять свою функцию.

Достоинства:

- относительная простота реализации испытаний;
- обнаружение дефектов изоляции при аварийном режиме работы оборудования;
- прогнозирование запаса электрической прочности изоляции.

Недостатки:

- разрушающий метод в случае пробоя изоляции, после испытаний изоляционная система не подлежит восстановлению;
- метод не гарантирует надежности работы в течение срока эксплуатации, т.к. не учитываются процессы непосредственной работы оборудования.

2. ДИАГНОСТИКА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Частичные разряды (ЧР) – электрические разряды сверхмалой мощности, которые в единичном количестве не нанесут ущерба оборудованию. Однако учитывая старение изоляции, изменения, происходящие в оборудовании во время эксплуатации, количество ЧР увеличивается и перерастает в нежелательное явление для машины. ЧР являются не только негативным явлением для изоляционной системы, но и показателем наличия дефектов в изоляции. Своевременное выявление проблемы позволяет устранить недостатки целостности системы заблаговременно, для чего применяют специальные датчики частичных разрядов (ДЧР).

Достоинства:

- не требует больших экономических затрат;
- проводится в штатном режиме работы оборудования;
- полнота и точность данных о степени старения изоляции.

Недостатки:

- сложность отделения полезного сигнала из-за большого числа внешних шумов;
- необходимость установки ДЧР для исследования оборудования.

3. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ – $R_{из}$

Является методом тестового контроля, регламентирован СТО 34.01-23.1-001-2017. В ходе диагностики анализируется важная характеристика изоляции – её сопротивление. Измерение проводят с использованием соответствующего прибора – мегомметра.

Достоинства:

- простота метода;
- быстрый анализ соответствия состояния изоляции норме, выявление наличия дефектов и пробоев.

Недостатки:

- требуется отключение оборудования от сети.

4. ДИАГНОСТИКА АБСОРБЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАТОРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ:

4.1. Тангенс угла диэлектрических потерь – $tg\delta$

Традиционный метод диагностики, позволяющий оценить состояние изоляции: наличие влаги, загрязнений, мощность диэлектрических потерь, температурный режим. Способ даёт основания прогнозировать скорость термического старения изоляции. Чем больше значение $tg\delta$, тем хуже состояние изоляции. Для оценки данной характеристики используют переносные мосты переменного тока (мост Шеринга).

4.2. Коэффициент диэлектрической абсорбции – DAR

Коэффициент диэлектрической абсорбции – коэффициент диэлектрического поглощения, показывающий степень увлажнённости изоляционной системы. Коэффициент равен отношению показателей сопротивления изоляции, измеренных через 15 и 60 секунд после начала испытаний: $DAR = R_{60}/R_{15}$. Значение коэффициента по нормативам должно составлять не менее 1,3. Коэффициент влажной изоляции стремится к 1, из чего следует необходимость сушки изоляции. Вода негативно влияет на способности изоляционных систем, т.к. содержит примеси, а вместе с тем – свободные ионы. Уменьшение сопротивления изоляции приводит к росту мощности диэлектрических потерь и возникновению токов утечки, поэтому данный параметр диагностики является важным в мониторинге состояния изоляции статора.

4.3. Коэффициент диэлектрического разряда – DD

Коэффициент диэлектрического разряда используется для выявления дефектного слоя изоляции среди исправных слоев. Метод применяется для многослойных изоляционных систем. Вычисление DD состоит из следующих этапов:

- к изоляции прикладывается тестовое напряжение, а также измеряется её емкость;
- по окончании зарядки в изоляции остаются только токи утечки;
- выполняют замыкание накоротко изоляции;
- через 1 минуту после короткого замыкания измеряется остаточный ток и рассчитывают коэффициент:

$$DD = \frac{I_{1 \text{ мин}}}{U_{\text{изм}} C'}$$

где:

$I_{1 \text{ мин}}$ – ток, измеренный через 1 минуту после короткого замыкания, нА;

$U_{\text{изм}}$ – напряжение при измерении, В;

C – емкость, мкФ.

По нормативам для статорной изоляции коэффициент должен быть меньше 2. В настоящее время существуют приборы, способные автоматически рассчитывать и отобразить показатель DD (SONEL моделей MIC-5005, MIC-5010, MIC-5050 и MIC-10k1).

Рассмотренные современные методы диагностики имеют свои достоинства и недостатки, из чего следует перспективность многопараметрического контроля изоляции, учитывающего несколько характеристик объекта исследования и дающего наиболее полную картину о состоянии статорной изоляционной системы. Своевременный контроль состояния оборудования снижает риск аварийных ситуаций на производстве и позволяет заблаговременно выявить дефекты и устранить их.

Список литературы

1. Методы испытания и диагностики изоляции высоковольтного оборудования / Л.Ф. Лисина // Вестник АГТА №8 2014 г.
2. Диагностика изоляции генераторов / Ю.В. Сопина, А.А. Соловьева // ||| Международная научно-практическая конференция | МЦНС «Наука и просвещение»

3. Методы диагностики обмотки статора асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором / М.А. Байдюк, К.В. Константинов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2023. Т. 16, № 8. С. 87–98
4. Особенности эксплуатации электрических машин с регулированием скорости вращения преобразователем частоты / В.А. Чернов, М.А. Кисляков, Е.В. Кислякова // 2021 г.

*А.В. Дорожский, студ.; рук. Т.С. Ларькина, ст.пр.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРОБЛЕМАТИКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЛЭП

С развитием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) квадрокоптеры стали важным инструментом для инспекции линий электропередач (ЛЭП). Они позволяют автоматически производить мониторинг, что снижает затраты и повышает безопасность работ, но разработка эффективных систем управления данными квадрокоптеров для поставленных целей является достаточно трудной задачей, а связано это с тем, что нужно отрегулировать значительное количество параметров: навигацию, автономность, а также квадрокоптер нужно защитить от помех [1].

В этой статье будут рассмотрены основные проблемы, которые возникают при разработке и эксплуатации систем управления квадрокоптерами для проверки ЛЭП: навигация и точная геолокация, автономность и планирования маршрута, энергетическая эффективность и продолжительность полёта, помехи и электромагнитные воздействия, обработка и передача данных, и возможные пути решения этих проблем [2].

Навигация – это один из самых важных параметров, который обеспечивает высокую точность, для того чтобы можно было отследить точную геолокацию квадрокоптера, для понимания где точно произошёл обрыв сети или другая поломка.

Квадрокоптеры должны пролетать вдоль линии электропередач на минимальном, но на безопасном расстоянии, чтобы датчики и камеры могли зафиксировать дефекты оборудования.

Однако вблизи ЛЭП спутниковые системы (GPS, ГЛОНАСС) часто подвергаются помехам, которые вызывают сбои в геолокации. Есть несколько решений этих проблем:

1. Интеграция нескольких систем навигации – использование инерциальных измерительных систем (IMU), LiDAR и визуального позиционирования для коррекции GPS- данных.
2. Использование компьютерного зрения, распознавание и моделирование объектов, которые позволяют квадрокоптеру хорошо ориентироваться относительно опор и проводов, без GPS-систем.
3. Системы RTK (Real Time Kinematic) позволяют повысить точность позиционирования до сантиметрового уровня в режиме реального времени при помощи GNSS приёмника в сети постоянно действующих референчных GNSS станций [1].

Для управления квадрокоптерами требуются операторы. Задействование человеческого ресурса зачастую снижает эффективность и надежность, что обуславливает проблему автономности и планирования маршрута.

Для инспекции ЛЭП необходимо разработать автономные системы управления, которые будут сами следовать маршруту, обходить препятствия и быстро адаптироваться к нештатным ситуациям.

Возможные решения этой проблемы лежат на поверхности, но их реализация вызывает трудности. Такими решениями являются:

1. Алгоритмы машинного обучения – это модели на основе искусственного интеллекта, которые могут анализировать данные датчиков в реальном времени и корректировать траекторию полёта, а также квадрокоптер может самостоятельно обучаться.

2. Анализ данных – БПЛА должен учитывать погодные условия, заряд аккумулятора и зоны возможных помех при составлении плана полёта.

3. Обход препятствий – использование LiDAR (Light Detection and Ranging), система которая использует лазерные импульсы для измерения расстояния до объекта, создавая трёхмерную модель окружающего пространства, и камер для выявления деревьев, столбов, посторонних объектов и их обхода [3].

Также систему LiDAR можно использовать вместе с системой RTK, что повысит эффективность обнаружения повреждения ЛЭП. RTK обеспечивает точную траекторию полёта квадрокоптера, а LiDAR сканирует местность и ЛЭП и создаёт цифровую модель. Данные LiDAR привязываются к точным координатам RTK, что позволяет проводить точный анализ состояния линии.

Линии электропередач могут растягиваться на десятки километров, а в частую запас полёта квадрокоптеров ограничивается 30-40 минутами, это является их основной проблемой. Путь решения данной проблемы не много, но всё же они есть:

1. Улучшение аэродинамики и уменьшение массы аппарата, использование лёгких, но прочных материалов, например карбон, и придание более обтекаемой формы, что уменьшит сопротивление с воздухом, тем самым повысив КПД квадрокоптера.

2. Использование станций подзарядки дрона, вдоль всей линии можно установить станции и, когда заряд батареи будет критическим, квадрокоптер сможет подзарядиться.

Вдоль всей ЛЭП, особенно высоковольтных, возникает сильное магнитное поле, которое плохо сказывается на электронике квадрокоптера, а также часто случаются сбои в системах связи. Решить эти проблемы можно несколькими способами:

1. Экранирование электроники, можно использовать специальные экранированные корпуса и фильтры для защиты от электромагнитных воздействий.

2. Запасные каналы связи – переход на резервные каналы связи и использование спутниковой связи при потере основного канал.

3. Автономный режим работы – при потере связи квадрокоптер самостоятельно выполняет задачу и возвращается на базу.

Во время планового полёта собирается много информации, такой как фото, видео, тепловизионные изображения, и её нужно оперативно обрабатывать и передавать её в центр анализа. Для быстроты обработки информации есть несколько методов:

1. Обработка на борту – применение бортовых процессоров для фильтрации и обработки полученной информации, что снижает нагрузку на каналы связи.

2. Передача данных в реальном времени, использование 5G-сетей и спутниковых систем для мгновенной передачи важных снимков.

3. Автоматический анализ дефектов – внедрение ИИ для выявления повреждений линий электропередачи.

Пример возможной структурной схемы квадрокоптера для инспекции ЛЭП приведен на рис. 1.

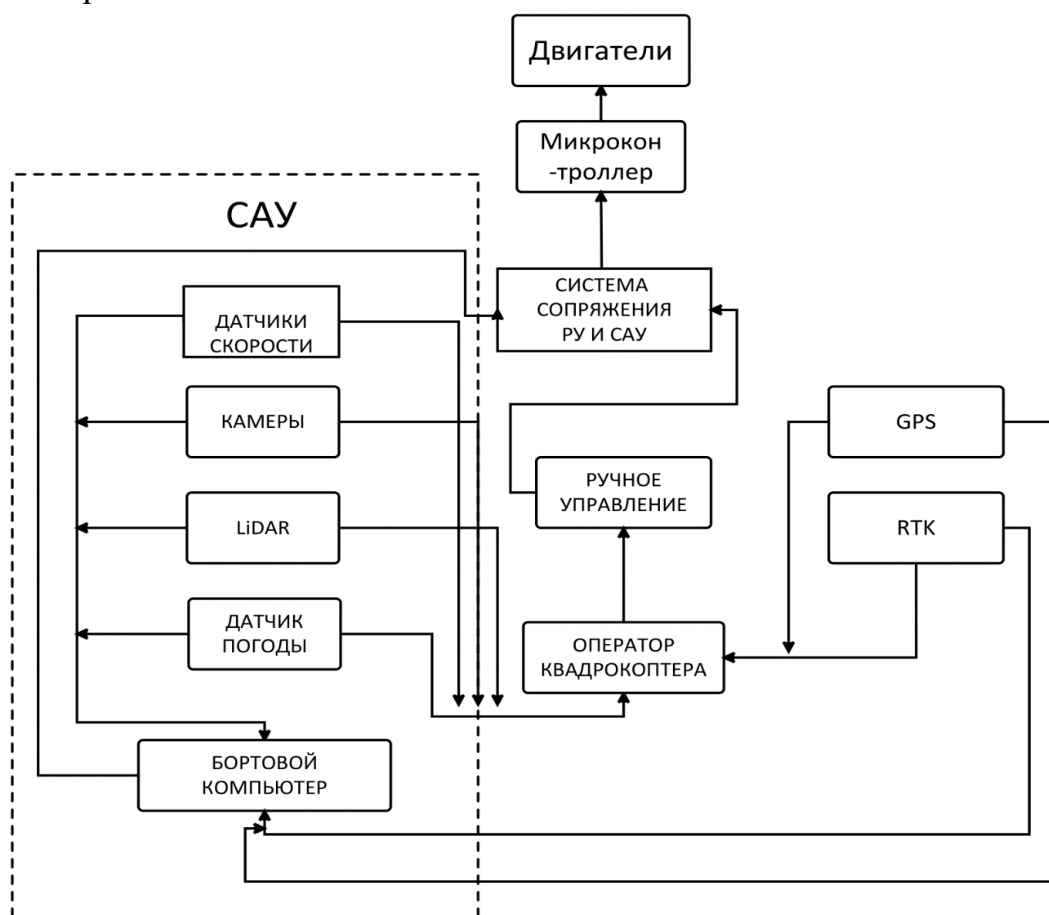


Рисунок 1 – Пример возможной структурной схемы квадрокоптера для инспекции ЛЭП

В заключение можно сказать, что развитие квадрокоптеров для инспекции ЛЭП требует решения ряда сложных технических задач, и если эта технология поступит на все участки высоковольтных ЛЭП, то время обнаружения обрыва будет очень сильно снижено, и зависящие от них предприятия будут меньше

времени находится обесточенными. В перспективе стоит задача по разработке дронов, которые будут участвовать в монтаже линий электропередач.

Список литературы

1. Интернет-источник: [https://systemnet.com.ua/rtk/#:~:text=RTK%20\(Real%20Time%20Kinematic\)%20постоянно%20действующих%20референчных%20GNSS%20станций](https://systemnet.com.ua/rtk/#:~:text=RTK%20(Real%20Time%20Kinematic)%20постоянно%20действующих%20референчных%20GNSS%20станций) (Дата обращения 11.03.2025).
2. Интернет-источник: https://slysky.ru/blog/lep-copter.html?utm_source (Дата обращения 10.03.2025)
3. Интернет-источник: <https://gistroy.ru/article/lidar> (Дата обращения 10.03.2025)

*А.С. Кудряшов; студ.; В.В. Федотов, асп., рук. В.В. Рожков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ КЛЮЧАМИ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Модернизация промышленного производства идет по пути замены двигателей постоянного тока, где это возможно, на асинхронные. В ряде случаев, где асинхронные двигатели не обеспечивают поставленных требований, применяются синхронные двигатели с постоянными магнитами или с обмоткой возбуждения. Для асинхронных и синхронных двигателей на сегодняшний день существует универсальное решение по регулированию их координат при использовании преобразователей частоты. А при использовании программируемых логических контроллеров (ПЛК) возможна организации технологического процесса, синхронизированного по времени. Для двигателей постоянного тока применение ПЛК тоже возможно, но в качестве альтернативы преобразователям частоты предлагаются схемы широтно-импульсных преобразователей. И все же главной причиной перехода на асинхронные и синхронные двигатели является более высокие энергетические показатели этих машин по сравнению с двигателями постоянного тока.

Не во всех сферах жизни общества на сегодняшний день можно отказаться от двигателей постоянного тока, к примеру, в сфере образования. Двигатели постоянного тока независимого возбуждения является универсальной «учебной партией» для изучения основ электропривода. Они конструктивно сложны, но для управления относительно просты. К тому же в учебных заведениях имеются отечественные образцы лабораторного оборудования, оснащенные дорогостоящими по современным меркам двигателями постоянного тока и сложными в схемотехническом плане системами управления, к примеру, промышленный робот, представленный на рисунке 1, и расположенный на кафедре «Электро-механические системы» филиала НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.



Рисунок 1 – Промышленный робот с двигателями постоянного тока

Силовая схема для управления одним двигателем постоянного тока промышленного робота представленного на рисунке 1, показана на рисунке 2. В качестве альтернативы предлагается схема с меньшим количеством ключей, представленная на рисунке 3. На рисунке 2 силовая схема содержит в качестве силовых ключей силовые транзисторы, но встречаются схемы, в которых используются и тиристоры.

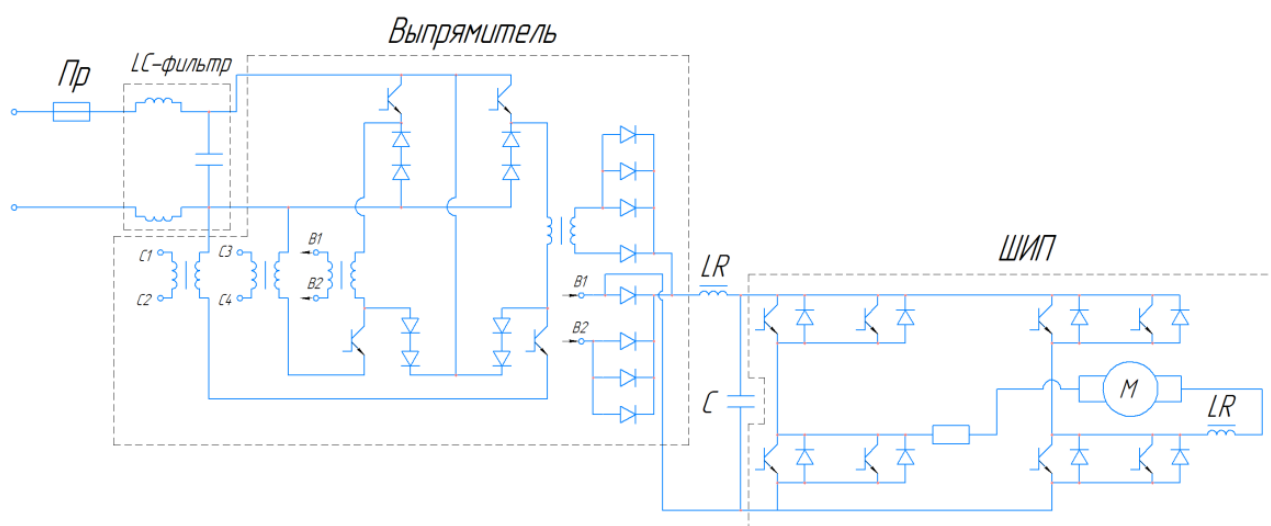


Рисунок 2 – Силовая схема управления двигателем постоянного тока промышленного робота, представленного на рисунке 1

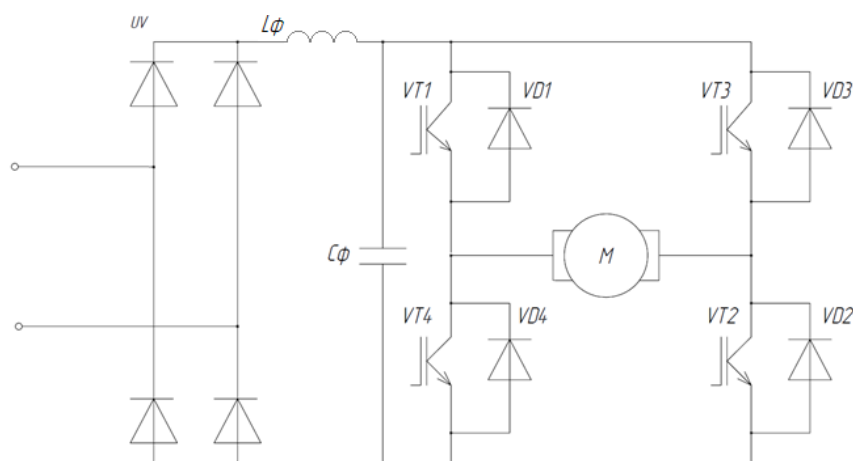


Рисунок 3 – Силовая схема широтно-импульсного преобразователя

Целью настоящей статьи является разработка контроллера управления силовыми ключами широтно-импульсного преобразователя с силовой схемой, представленной на рисунке 3.

Ядром контроллера управления силовыми ключами является отечественный 32-разрядный микроконтроллер фирмы АО «ПКК Миландр» K1986BE92FI. В качестве ядра микроконтроллера K1986BE92FI используется ARM Cortex-M3, содержащий 128 кБ Flash-памяти и 32 кБ ОЗУ [1]. Габаритные размеры микроконтроллера представлены на рисунке 4.

Микроконтроллер содержит различные периферийные устройства, в числе которых таймеры, блоки АЦП и ЦАП, компаратор с тремя входами и внутренней шкалой напряжений. Архитектура системы памяти за счет матрицы системных шин минимизирует возможные конфликты при работе системы и повышает общую производительность. В качестве среды проектирования использовался Altium Designer. Вид сверху разработанного контроллера представлен на рисунке 5, а вид снизу – на рисунке 6.

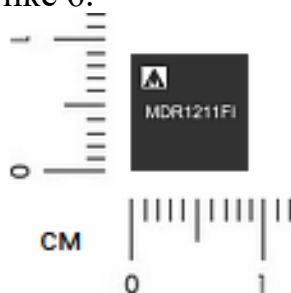


Рисунок 4 – Микроконтроллер K1986BE92FI

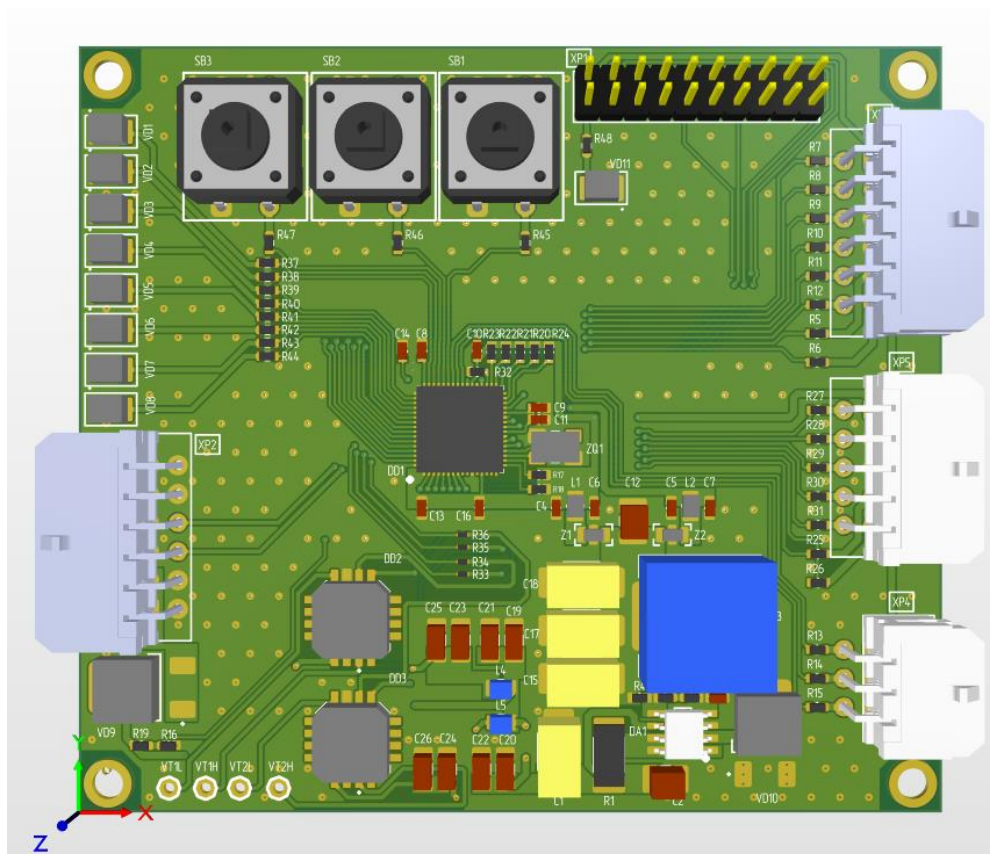


Рисунок 5 – Отладочная плата (вид сверху)

С целью схемотехнической разгрузки платы и добавления универсальности использования контроллера в других проектах часть портов микроконтроллера выведена на отдельные разъемы, в частности, порт А, порт С и порт F. Для удобства отладки отдельный разъем задействован под JTAG-отладчик. Порт В задействован под три внешние кнопки и восемь светодиодов. Для индикации наличия питания на плате добавлен светодиодный индикатор. Также для более точной работы системы тактирования добавлен внешний кварцевый резонатор. Питание микроконтроллера реализовано с использованием микросхем стабилизаторов и конденсаторных батарей.

Для управления силовыми ключами контроллер оборудован двумя драйверами, по одному для каждой стойки широтно-импульсного преобразователя. Питание драйверов осуществляется от 12 В, питание микроконтроллера через понижающий преобразователь DC-DC и стабилизаторы напряжения осуществляется от 3,3В.

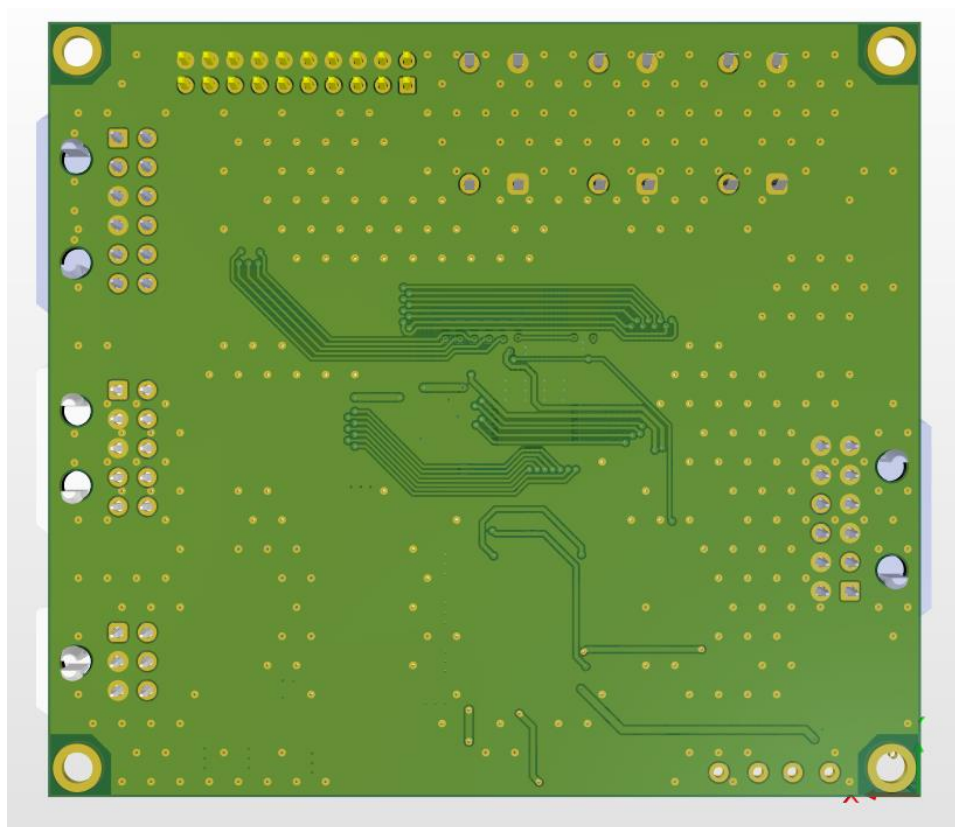


Рисунок 6 – Отладочная плата (вид снизу)

Разработанный контроллер планируется использовать для управления силовыми ключами широтно-импульсного преобразователя, являющего силовой частью электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения для промышленного робота (рисунок 1), установленного в профильной лаборатории кафедры «Электромеханические системы» филиала «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. Помимо сказанного выше, контроллер планируется внедрить в учебный процесс для освоения практических навыков работы с периферией и ядром микроконтроллера K1986BE92FI.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-61-00096, <https://rscf.ru/project/22-61-00096/>.

Список литературы

1. Техническая документация на микроконтроллер K1986BE92FI <https://support.milandr.ru/upload/iblock/148/apvvs5dcrj575fehk9dcdaue3ghj8ecm/%D0%9A1986%D0%92%D0%951FI,%20%D0%9A1986%D0%92%D0%951GI.pdf> [Электронный ресурс]. (Дата обращения: 10.03.2025).

СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВУХУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ НАГРУЗКУ С УЧЕТОМ «МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ» СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ

Двухуровневые преобразователи частоты являются стандартом электронной части электропривода в современном автоматизированном производстве. Широкое применение электроприводы с преобразователями частоты получили для управления скоростью вращения трехфазных электрических двигателей. Пример силовой схемы такого преобразователя частоты представлен на рисунке 1. Он имеет в своем составе: неуправляемый выпрямитель с 6 силовыми диодами (НВ), конденсатор, выступающий в качестве накопителя энергии и фильтра, и автономный инвертор напряжения (АИН), к которому подключается активно-индуктивная нагрузка.

Автономный инвертор напряжения имеет три стойки, каждая из которых состоит из двух силовых ключей, к примеру, VT1 и VT2. Система управления силовыми ключами стойки инвертора на практике должна быть выполнена с выдержкой некоторой паузы, называемой «мертвым временем» для исключения аварийных ситуаций, при которых оба ключа в стойке находятся в проводящем состоянии [1]. В связи с тем, что наличие мертвого времени является неотъемлемой особенностью систем управления, то в настоящей работе целесообразно провести анализ влияния этого фактора на энергетические показатели преобразователя частоты в целом. В качестве таких показателей рассматриваются КПД и коэффициент гармонических искажений THD напряжения на входе преобразователя частоты и на его выходе.

Целью настоящей статьи является сравнение энергетических показателей (КПД и THD) двухуровневого преобразователя частоты по силовой схеме, представленной на рисунке 1, при работе на активно-индуктивную нагрузку с учетом «мертвого времени» при коммутации силовых ключей и без его учета.

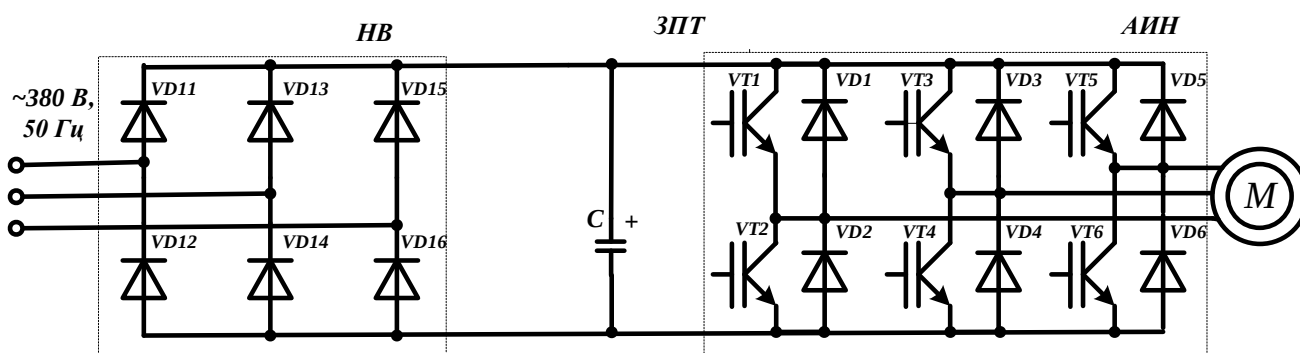


Рисунок 1 – Силовая схема двухуровневого преобразователя частоты

В качестве системы управления силовыми ключами выбрана векторная ШИМ, основные положения которой описаны в [1], с небольшими корректи-

ровками к работе силовых ключей, описанными в [2]. Основная идея управления ключами показана на рисунке 2. Период работы ключей T_s состоит из 8 интервалов. Этот период обратно пропорционален частоте ШИМ. Первые 4 временных интервала, обозначенные на рисунке 2 как V_0 , V_1 , V_2 , V_7 , зеркальны остальным 4 интервалам V_7 , V_2 , V_1 , V_0 . Интервалы V_0 и V_7 соответствуют включению нулевой команды ключей (000 и 111), т.е. включению или трех нижних ключей (VT2, VT4, VT6) или трех верхних (VT1, VT3, VT5). Интервалы V_1 и V_2 соответствуют включению ненулевых команд силовых ключей. Длительность работы на интервалах V_1 и V_2 зависит от того, какой результирующий вектор напряжения необходимо сформировать. Длительность работы на интервалах V_0 и V_7 рассчитывается как разность между периодом ШИМ T_s и длительностями работы на интервалах V_1 и V_2 . Длительность работы на интервалах V_0 и V_7 одинаковая. Использование зеркального включения комбинаций силовых ключей обеспечивает лучший спектр выходного напряжения.

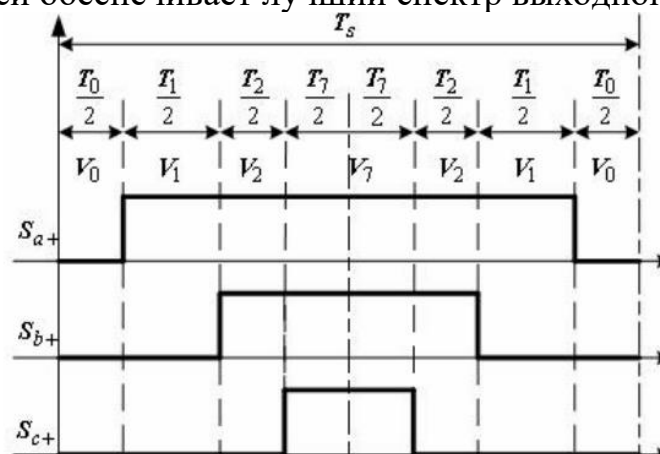


Рисунок 2 – Переключение силовых ключей за период при использовании технологии векторной ШИМ

Количество уровней выходного линейного напряжения при векторной ШИМ показано на рисунке 4 сверху. Обеспечивается три уровня напряжения: $U_{\max}$, 0 и $-U_{\max}$, что соответствует количеству уровней выходного напряжения при использовании синусоидальной ШИМ.

Компьютерная имитационная модель представлена на рисунке 3. Модель содержит блок с параметрами электрической трехфазной сети, блок измерения входных фазных напряжений, неуправляемый выпрямитель, конденсатор, АИН, блок измерения полной мощности на нагрузке и активно-индуктивную нагрузку. Помимо этих элементов модель оборудована блоками измерения гармонических искажений входных и выходных напряжений преобразователя частоты. Блок с системой управления на схеме реализован в виде m-file, который имеет два входа с заданием частоты и амплитуды вектора управления. На выходе блока формируются 3 команды управления силовыми ключами (верхняя группа ключей инвертора). Нижняя группа силовых ключей инвертора работает инверсно верхней.

Использование вычислительных блоков гармонических искажений напряжений на входе и выходе, обозначенных в модели как THD дает количественную оценку рассматриваемого параметрами сразу по трем фазам напря-

жения. Для получения итогового значения показателя THD вычисляется их среднеарифметическое значение. В блоке задания THD устанавливается частота рассматриваемого сигнала. Как правило, она известна на этапе планирования эксперимента. На входе эта частота равна всегда 50 Гц, а на выходе – в зависимости от сигнала задания в системе управления.

При измерении фазных напряжений нагрузки ввиду изолированности общей точки нагрузки от заземления или нейтрали используется общая точка трехфазной нагрузки, соединенной в звезду. Из-за наличия реактивных элементов и импульсного характера протекания переходных процессов для расчета мощностей использование стандартных библиотечных блоков приводит к недостоверным измерениям. Для обеспечения более точных измерений КПД схемы отдельно рассчитывается мощность, подводимая к преобразователю частоты, т.е. поступающая от трехфазной сети, и мощность, потребляемая нагрузкой, т.е. на выходе преобразователя частоты. Вследствие того, что переходные процессы имеют импульсный характер, для оценки КПД рассчитываемые мощности на всем процессе моделирования интегрируются. Таким образом, после интегрирования вычисляются соответствующие энергии. Деление результата интегрирования выходной мощности на входную дает объективную оценку КПД преобразователя частоты.

Управление силовыми ключами осуществляется по закону скалярного частотного управления $U/f = \text{const}$. Для проведения качественного анализа энергетических показателей преобразователей частоты в компьютерной модели используются идеальные силовые ключи и силовые диоды. В настоящей работе вместо электрического двигателя рассмотрена активно-индуктивная нагрузка с коэффициентом мощности равным 0,7, активной частью в 10 Ом и индуктивной 32 мГн. Емкость конденсатора в звене постоянного тока составляет 1000 мкФ, а мощность короткого замыкания входной сети – 100 МВт.

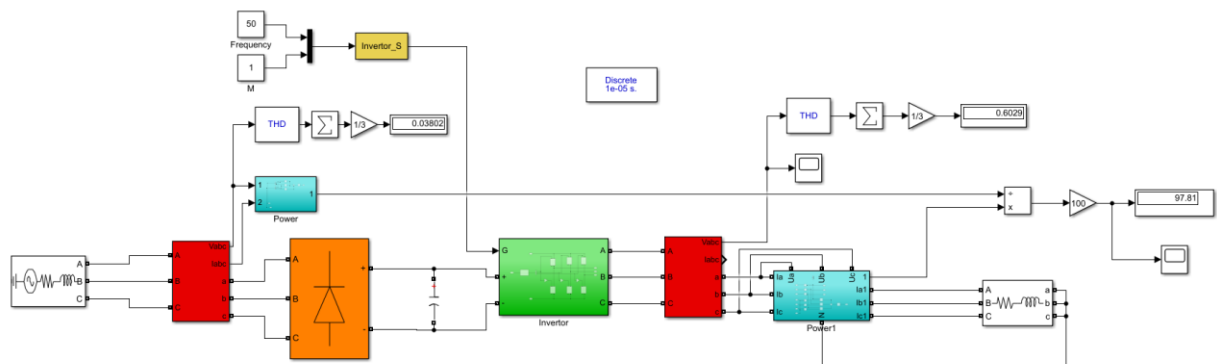


Рисунок 3 – Компьютерная модель для оценки энергетических показателей силовой схемы, представленной на рисунке 1

На рисунке 4 представлены осциллограммы линейного напряжения на нагрузке при использовании вышеописанной системы управления. Сверху показано линейное напряжение между фазами А и В без учета мертвого времени при работе силовых ключей преобразователя частоты, на рисунке снизу – при его учете. Моделирование проводилось при частоте выходной сети 50 Гц. Вид-

но, что мертвое время приводит к более длительному включению силовых ключей.

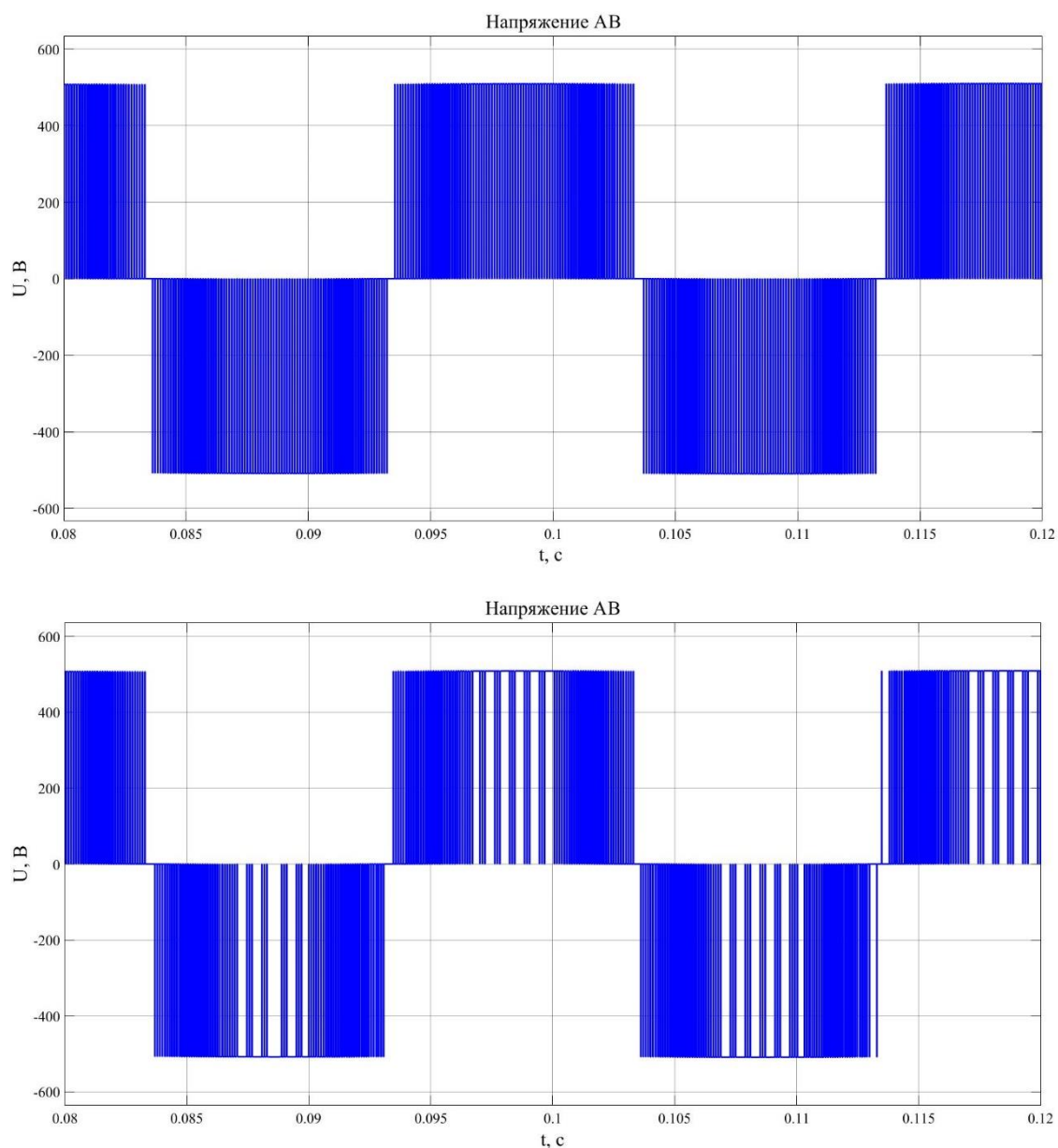


Рисунок 4 – Количество уровней выходного линейного напряжения между фазами А и В при использовании векторной ШИМ и учете «мертвого времени» (сверху) и без его учета (снизу)

Результаты моделирования энергетических показателей, а именно КПД, THD на входе и THD на выходе, без учета «мертвого времени» силовых ключей и изменении сигнала задания частоты для случая 50 Гц, 25 Гц и 5 Гц, и аналогичные результаты с его учетом сведены в таблицу 1.

Таблица 1. КПД и THD преобразователя частоты

f, Гц	КПД, %	THD выход, %	THD вход, %
Без учета «мертвого времени»			
50	99,4	68,7	3,5
25	99,4	128,5	2,2
5	99,4	332,0	0,4
С учетом «мертвого времени»			
50	98,2	60,3	3,8
25	98,2	130,5	2,2
5	98,2	332,0	0,4

Следует отметить, что в силу сложности математических вычислений на низких частотах сигнала задания, вычисление КПД занимает большее время по сравнению с более высокими частотами, имеется эффект продолжительного «дотягивания» до установившегося значения. В конечном итоге, с небольшими округлениями КПД схемы получается одинаковым на всем диапазоне регулирования частот. Таким образом, анализ показывает, что КПД преобразователя при регулировании частоты выходной сети остается неизменным. Учет «мертвого времени» дает снижение КПД на величину, слегка превышающую 1%. Коэффициент гармонических искажений входного напряжения, как и выходного, имеет незначительные отличия (десятые доли процента). Видно также, что при задании выходной частоте в 50 Гц THD на выходе с учетом мертвого времени улучшается, а на входе – ухудшается. Этот факт требует дальнейшего изучения и объяснения.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № FSWF-2023-0012.

Список литературы

1. Чуев П.В. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук «РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ПРИВОДАМИ НА БАЗЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИГНАЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ» https://motorcontrol.ru/wp-content/uploads/2015/11/Chuev_vector_control.pdf (Дата обращения: 16.03.2025)
2. A. Lega, M. Mengoni, G. Serra, A. Tani and L. Zarri, "General theory of space vector modulation for five-phase inverters," 2008 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Cambridge, UK, 2008, pp. 237-244, doi: 10.1109/ISIE.2008.4677169.

*Р.Е. Магидов, асп.; рук. В.В. Рожков, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)
И.Н. Соколов, асп.; рук. Р.В. Солопов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МЕТОД БАЛАНСИРОВКИ ИНСТРУМЕНТА В ШПИНДЕЛЬНОМ УЗЛЕ

Дисбаланс инструмента, проявляющийся в повышенном уровне вибрации, является одним из факторов, приводящих к ухудшению качества обрабатываемой поверхности и быстрому износу режущей кромки [1]. Для устранения дисбаланса применяется процедура балансировки. Существующая практика такова, что балансировку инструмента устраняют на специализированных станках,

например, от компании HAIMER (Германия) или от компании BALtech (Тайвань). Стоимость таких станков сопоставима с металлообрабатывающим станком ЧПУ, что не позволяет их активно применять на мелкосерийных и опытных производствах.

В данной статье предлагается метод решения задач балансировки инструмента непосредственно на работающем станке при помощи штатной системы виброзащиты/вибродиагностики.

Суть метода сводится к применению алгоритма одно/многоплоскостной балансировки непосредственно на станке, инструмент которого нуждается в балансировке.

Алгоритм одноплоскостной балансировки для станка предполагает последовательное выполнение операций:

- 1) закрепление инструмента штатным образом на шпиндельном узле;
- 2) проведение пуска на рабочих оборотах шпинделя и измерение амплитуды и фазы вибрации по трём осям (X, Y, Z).
- 3) остановку станка, закрепление пробного груза с помощью балансировочного кольца или балансировочного винта (если в оправке есть резьбовые отверстия).
- 4) занесение в программу величины пробного груза и углового положения.
- 5) проведение пуска с пробным грузом, измерение вибрации
- 7) проведение программного расчета динамических коэффициентов влияния (ДКВ) по данным пробного пуска и нулевого и выявление на их основе величины и положения корректирующего груза.
- 8) удаление пробного и установка корректирующего груза.
- 9) проведение контрольного замера с проверкой нормального уровня вибрации.
- 10) сохранение ДКВ для данного инструмента и оправка в базу данных.

Поясним некоторые детали.

Прежде всего, необходимо выбрать место установки датчиков вибрации на ШУ.

Расположить датчики в непосредственной близости подшипниковой опоры вала ШУ, как того требует ГОСТ ИСО 10816-3-2002 не всегда возможно, например, в случае, как на рисунке 1, датчик будет работать в зоне подачи смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ). Поэтому предлагается устанавливать датчики по центру ШУ, за защитным кожухом или у задней опоры вала ШУ.

Фаза вибрации считается относительно сигнала от датчиков оборотов. В качестве датчика оборотов целесообразно применять встроенный в ШУ инкрементальный преобразователь угловых перемещений. Как правило, на таких преобразователях, кроме сигнала, определяющего угол поворота, есть сигнал начала отсчёта (один импульс на оборот). Например, на преобразователях компании «СКБ ИС» нужный сигнал обозначается буквой R (reference). На преобразователях других производителей нужный сигнал может обозначаться буквой N (neutral).



Рисунок 8

К выбору величины пробного груза следует подходить ответственно. избыточный груз приведёт к слишком сильному росту вибрации, недостаточный пробный груз, наоборот, не позволит выяснить ДКВ. На практике применяют следующую формулу из [2]:

$$M_{\text{пр}} = 804 \cdot \frac{P \cdot A}{R \cdot N}, \text{ грамм.}$$

где P – вес ротора, кг, A – уровень вибрации мм/с, R – радиус установки груза, см, N – обороты ротора в минуту.

Вес ротора применительно к станку будет складываться из веса шпиндельного узла и веса инструмента в оправке. Для подбора груза оператору требуется ввести радиус установки груза и массу инструмента. Остальные параметры определяются станком самостоятельно в зависимости от режима работы.

Для упрощения работы оператора программа балансировки должна получать данные об угле поворота вала шпинделя относительно нулевой отметки. Для определённости пробный груз можно располагать всегда в нулевом положении. Чтобы оператору было проще позиционировать пробный и корректирующий груз на станке, требуется разместить лазерный указатель напротив нулевого положения вала.

Когда работы ведутся с грузами, закрепляемыми на инструменте либо на оснастке (винты, кольца и т.д.), правильнее пробные грузы снимать. В случае высверливания либо наваривания груза снять его потом не представляется возможным. В таких случаях программа балансировки рассчитывает корректирующий груз с учётом пробного груза.

По результатам контрольного пуска вибрация должна приближаться к прогнозируемым остаткам. Однако это не всегда так. Причинами расхождений могут быть проявляющиеся нелинейности системы либо банальные ошибки оператора. Как правило, оборудование без механических дефектов балансируется успешно. В этом случае стоит сохранить полученные ДКВ в базу данных и в дальнейшем на станках с таким же ШУ и инструментам применять ранее полученные ДКВ. Такой подход позволяет быстрее выполнять балансировку извест-

ного инструмента за меньшее количество пусков (не нужно делать пуск с пробным грузом).

Многоплоскостная балансировка в алгоритмическом плане отличается от одноплоскостной введением дополнительных шагов по замерам вибрации с пробным грузом – в количестве плоскостей коррекции и числе пробных пусков.

Таким образом, в случае, когда не нужна автоматическая сверловка при балансировке инструмента, операции по балансировке можно проводить на том же станке, в котором и работает инструмент. Дополнительные затраты на установку системы по балансировке низкие в сравнении со стоимостью отдельного станка с таким же функционалом. Если станок уже оснащён системой виброзащиты, например, ВС-357, затраты на дополнительное оснащение модулем балансировки сводятся к минимальному набору дополнительного оборудования и представляют собой в основном программный продукт.

Список литературы

1. Данг Хыу Чонг, Повышение эффективности концевой и торцевой фрезерования на основе контроля износа фрез по уровню вибрации.: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 - ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», 2021 - 140 с.
2. Вибродиагностика и вибробалансировка ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения: Учебное пособие / И.М. Кирпичникова, Е.В.Соломин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 71 с

*Р.Е. Магидов, асп.; рук. В.В. Рожков, к.т.н., доц., И.Н. Соколов, асп.;
рук. Р.В. Солопов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МЕТОД ВИБРОДИАГНОСТИКИ ШПИНДЕЛЯ НА ЭТАПЕ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Зачастую на ресурс станка влияют не только режимы его работы, проектная жёсткость, но и качество заводской сборки, неизменность динамических характеристик после транспортировки до заказчика и финальной сборки на объекте заказчика на этапе пуско-наладочных работ.

Ключевым узлом станка является шпиндельный узел (ШУ). Одним из узких мест ШУ являются подшипники опоры вала. Их неравномерный натяг существенно влияет на работу станка.

Для контроля на этапе сборки и на этапе пуско-наладочных работ применяются инструменты вибродиагностики, например, модальный анализ. Рассмотрение особенностей применения модального анализа при вибродиагностике ШУ и является целью настоящей статьи.

Суть предлагаемого метода вибродиагностики заключается в следующем:

- 1) Определяются эталонные параметры формы и частоты главного резонанса шпинделя (первая мода) в осевом и поперечных направлениях. Для этого используется математическая модель шпинделя, которая дополнительно уточняется средствами модального анализа.
- 2) На интересующих этапах жизненного цикла станка производится оценка формы и частоты резонанса.
- 3) Осуществляется сравнение этих параметров с эталонными значениями.

4) В случае различия производится устранение дефекта узла до пуска станка.

Метод универсален, однако его применение специфично для конкретного ШУ – требуется уточнение диагностических признаков при поиске отдельно взятого дефекта на используемой модели ШУ.

Для уточнения и апробации метода проведём эксперимент.

В качестве системы сбора данных используется программно-аппаратный измерительный комплекс в составе:

- 1) регистратор – анализатор спектра ВС-311;
- 2) модальный молоток AU02;
- 3) акселерометр AP2037-10,
- 4) ПО VisAnalyser с открытыми опциями «Модальный молоток» и «Модальный анализ».



Рисунок 9 - Анализатор спектра ВС-311



Рисунок 10 - ШУ на станке вместе с датчиками



Рисунок 11 – Проведение эксперимента со снятым ШУ

В результате эксперимента получено, что на станке, к которому нет нареканий (контрольный образец), форма и частота резонанса соответствуют модели, а на шпинделе, поступившем на установку в станок, резонанс раздваивается и его частоты смещены (рисунки 4 и 5).

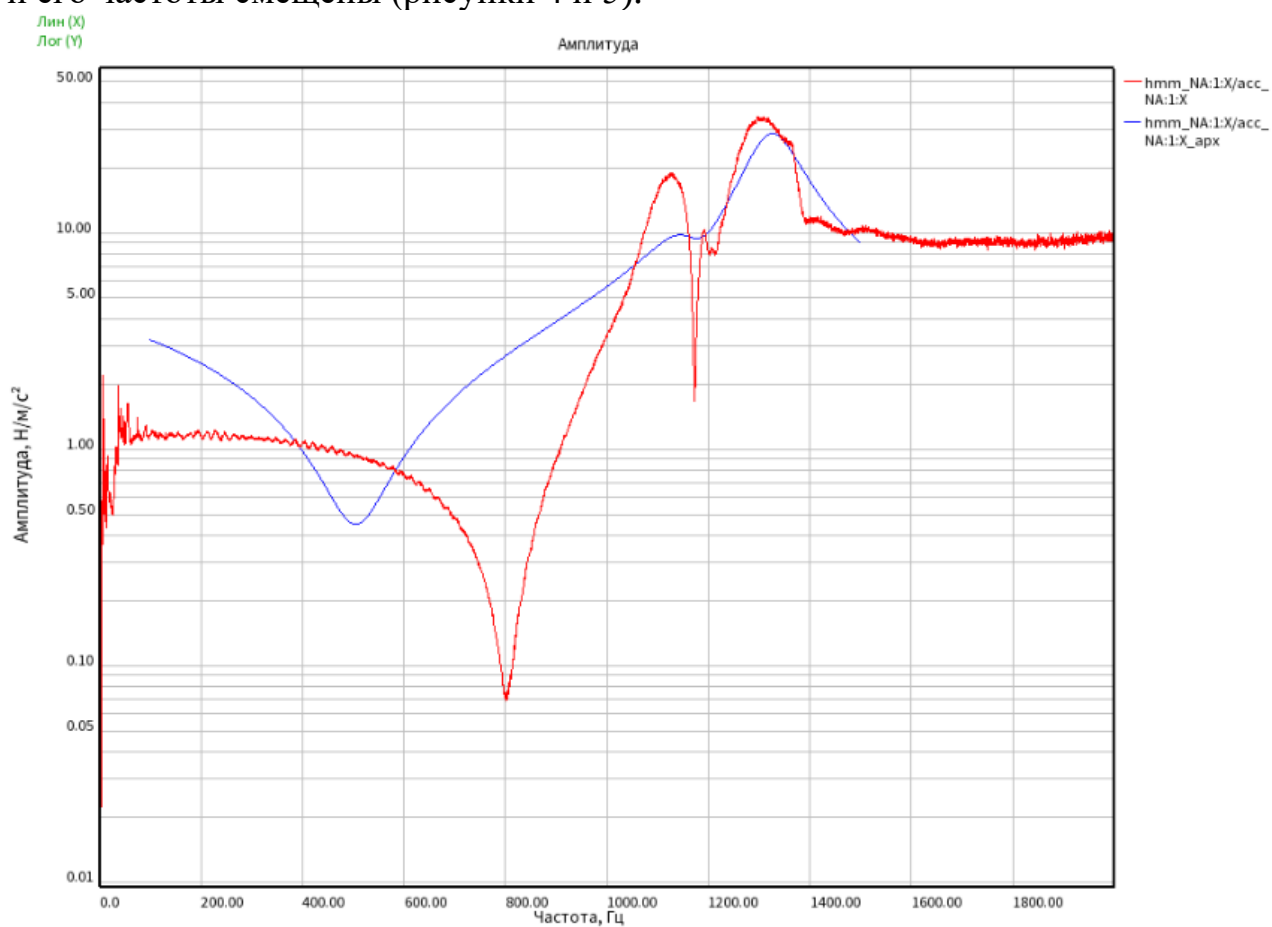


Рисунок 12

	Частота, Гц	Добротность	Коэффициент демпфирования	Декремент
hmm_NA:1:X/acc_NA:1:X				
1	794,250	0,567	0,881177	5,536600
2	1161,000	10,389	0,048127	0,302388
3	1324,750	12,098	0,041329	0,259675

Рисунок 13

По результатам замеров ШУ был направлен на пересборку, в ходе которой выяснился неравномерный натяг подшипников ШУ.

Таким образом, предложенный метод позволяет выявлять дефекты ШУ на ранних этапах сборки, без проведения пуска системы, а значит – с минимальными повреждениями. Для каждой разновидности шпинделей можно уточнить параметры эталонного частотного отклика и затем на основании их проводить дефектовку.

Список литературы

1. Прибор универсальный портативный ВС-311. Руководство по эксплуатации. ВАПМ.311.002 РЭ. Смоленск – 2024г.
2. Программное обеспечение VisAnalyser. Руководство по эксплуатации. Смоленск – 2020г.

*И.А. Малащенко, студ., В.В. Федотов, асп., рук. В.В. Рожков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске)*

СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ С ДВУХ- И ТРЕХУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРОЙ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ НАГРУЗКУ

Схемотехнические реализации преобразователей частоты разнообразны. Выбор той или иной вариации в первую очередь зависит от выдвигаемых к преобразователю частоты требований. Одним из таких требований является достижение высоких энергетических показателей. Главными для электронного преобразователя можно считать коэффициент гармонических искажений входных и выходных напряжений, именуемый в дальнейшем «THD вход» и «THD выход» соответственно, и коэффициент полезного действия (КПД).

В качестве объектов исследования выбраны несколько силовых схем преобразователей частоты. Первая схема представлена на рисунке 1 и является наиболее широко используемой на практике. Топология представляет собой двухзвенный преобразователь частоты, собранный из следующих элементов: неуправляемый выпрямитель (НВ), звено постоянного тока (ЗПТ) и автономный инвертор напряжения (АИН). Основными компонентами НВ являются силовые диоды, а АИН – IGBT-транзисторы со встроенными обратными диодами. Звено постоянного тока оборудовано силовым конденсатором и модулем для безопасного заряда конденсатора, представляющего собой резистор и электронный ключ, в качестве которого может выступать реле или силовой IGBT-ключ. Трехфазная нагрузка преобразователя частоты имеет активно-индуктивный характер. Силовая схема преобразователя частоты, представлен-

ная на рисунке 1, позволяет получить в выходном линейном напряжении три уровня напряжения: $U_{\max}$, 0 и $-U_{\max}$. Форма линейного выходного напряжения между фазами АВ представлена на рисунке 3 сверху.

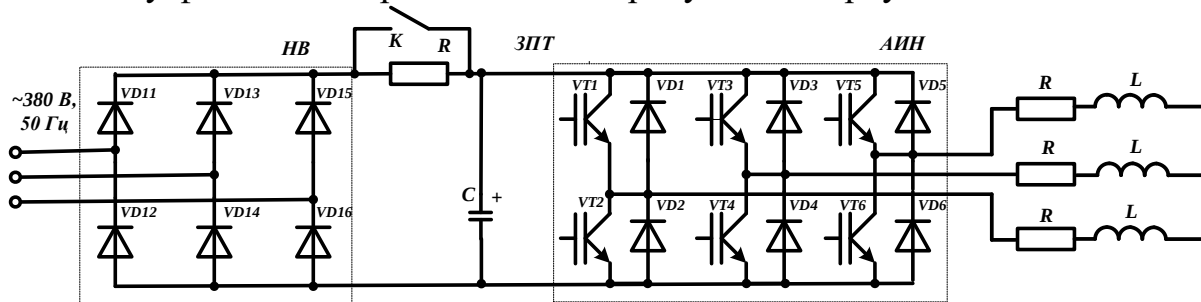


Рисунок 1 – Силовая схема двухзвенного преобразователя частоты с двухуровневым АИН

Для проведения сравнительного анализа энергетических показателей в качестве альтернативы выбрана схема трехуровневого преобразователя частоты с фиксирующими диодами (NPC), представленная на рисунке 2. Такой преобразователь частоты состоит из неуправляемого выпрямителя (НВ), звена постоянного тока (ЗПТ) и, в отличие от ранее рассмотренной схемы, имеет трехуровневый автономный инвертор напряжения – самый простой из многоуровневых АИН (МАИН). Общий НВ (на практике применяется еще и расщепленный НВ), как и в предыдущей схеме, построен по мостовой схеме Ларионова. Звено постоянного тока имеет схемотехнические изменения, заключающиеся в добавлении еще одного конденсатора. Конденсаторы имеют одинаковую емкость. Вследствие того, что конденсаторы включены последовательно, то ёмкость их по сравнению со схемой рисунка 1 должна быть увеличена вдвое. Такое схемотехническое решение реализует емкостной делитель напряжения. Точка соединения двух конденсаторов между собой используется в качестве общей точки фиксирующих диодов всех трех стоек инвертора напряжения. Основными компонентами МАИН являются IGBT-транзисторы со встроенными обратными диодами и дополнительные силовые диоды. МАИН, представленный на рисунке 2, по сравнению с АИН имеет большее количество силовых ключей в одной стойке – увеличено с 2 до 4 штук на стойку. При добавлении двух фиксирующих диодов на одну стойку и использование четырех силовых ключей, в выходном напряжении получается большее количество уровней напряжения. Топология силовой схемы позволяет получить на выходе пять уровней линейного напряжения: $U_{\max}$, $U_{\max}/2$, 0, $-U_{\max}/2$, $-U_{\max}$. Форма линейного выходного напряжения между фазами АВ при использовании схемы NPC представлена на рисунке 3 снизу. Применение силовых схем с большим количеством уровней выходного напряжения приводит к увеличению числа силовых ключей, что при большом числе уровней может оказаться экономически нецелесообразно. Алгоритм управления силовыми ключами для схемы, представленной на рисунке 2, описан в [2].

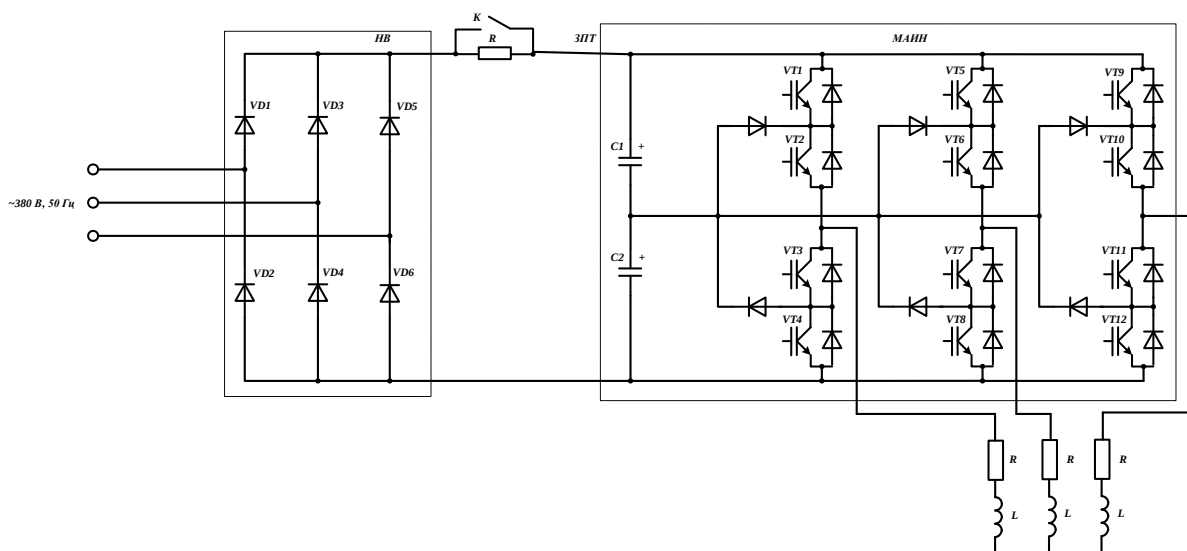


Рисунок 2 – Силовая схема двухзвенного преобразователя частоты с трехуровневым АИН с фиксирующими диодами

В качестве нагрузки выбрана наиболее характерная для электроприводов активно-индуктивная нагрузка. В ходе выполнения экспериментов активное сопротивление принято равным 10 Ом, а индуктивное 32 мГн. Такие параметры эквивалентны нагрузке с коэффициентом мощности, равным 0,7.

Целью настоящей статьи является анализ энергетических показателей (КПД и THD) преобразователей частоты с силовыми схемами, представленными на рисунке 1 и рисунке 2 при работе на активно-индуктивную нагрузку.

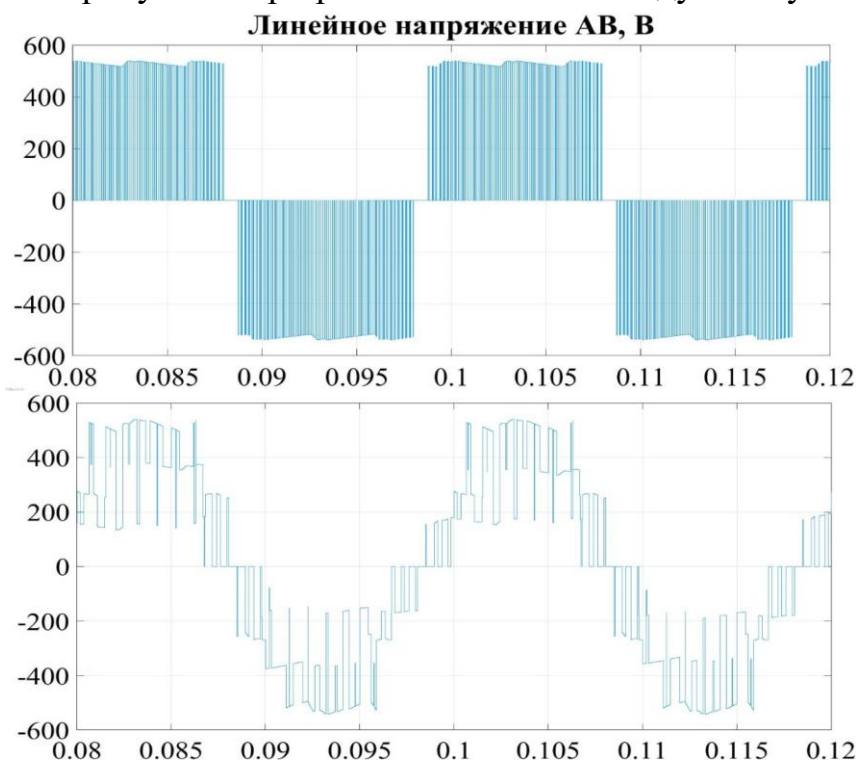


Рисунок 3 – Линейные напряжения между фазами А и В при частоте выходной сети 50 Гц для схем, представленных на рисунке 1 (сверху) и 2 (снизу)

Для управления силовыми ключами применяется закон частотного управления $U/f = \text{const}$. Дополнительно проведен сравнительный анализ работы

схем при различных формах опорного сигнала задания. Эффект от введения 3-ей гармоники в опорный сигнал управления описан в [1] и заключается в улучшении коэффициента использования напряжения источника. На рисунке 4 (сверху) представлены формы трех опорных сигналов при использовании классической синусоидальной ШИМ. На рисунке 4 (снизу) представлены формы трех опорных сигналов при использовании синусоидальной ШИМ с введением третьей гармоники. Введение третьей гармоники позволяет эффективнее использовать звено постоянного тока, в противном случае амплитуда первой гармоники на выходе АИН не превышает 0,86 от амплитуды напряжения входной сети.

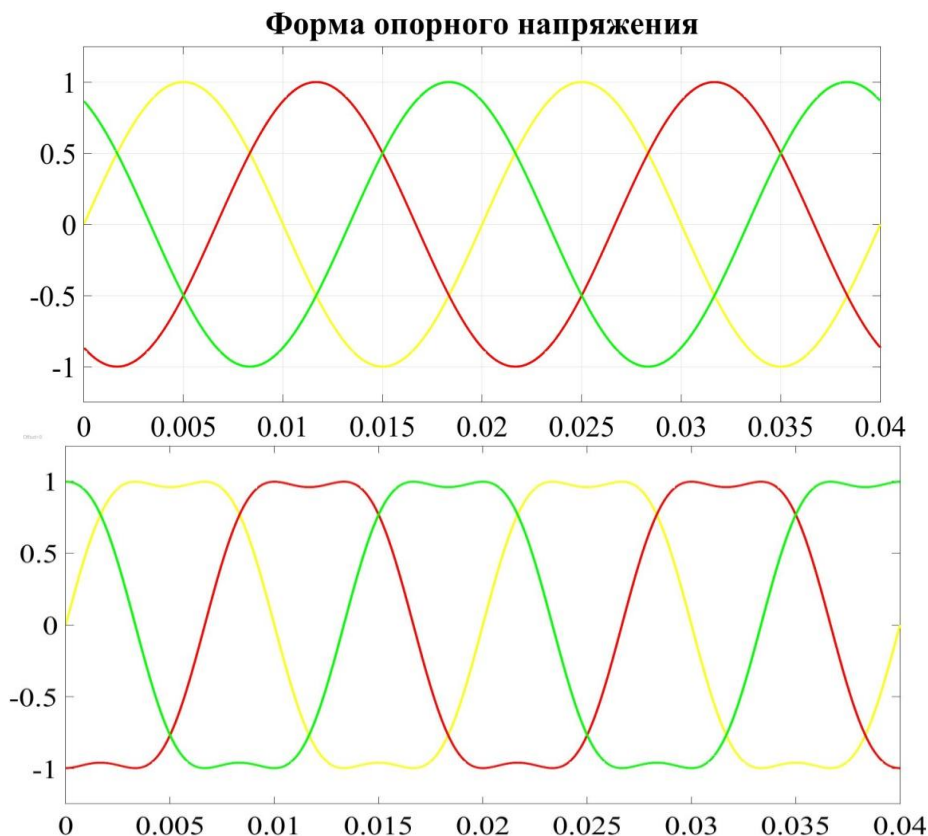


Рисунок 4 – Формы опорных сигналов при классической синусоидальной ШИМ (сверху) и синусоидальной ШИМ с введением третьей гармоники (снизу)

Для проведения анализа энергетических показателей преобразователей частоты в компьютерной модели используются идеальные силовые ключи и силовые диоды. Значения емкостей конденсаторов в звене постоянного тока составляют 2000 мкФ, мощность короткого замыкания входной сети задана 100 МВт. Результаты моделирования с различными топологиями силовых схем и различными формами опорного напряжения на частоте выходного напряжения 50 Гц представлены в таблице 1. Дополнительно проведены эксперименты для качественной оценки изменения энергетических показателей при использовании частотного закона $U/f = \text{const}$. При этом изменение частоты выходной сети до 5 Гц сопровождается изменением амплитуды опорного сигнала до 0,1 о.е. Результаты моделирования с различными топологиями силовых схем и различ-

ными формами опорного напряжения на частоте выходного напряжения 5 Гц представлены в таблице 2.

Таблица 1. КПД и THD на частоте выходной сети 50 Гц

Схема	ШИМ	КПД, %	THD выход, %	THD вход, %
Рис.1	Синусоидальная	99,5	72,3	0,3
Рис.1	Синусоидальная с 3-й гармоникой	99,5	60,2	0,3
Рис.2	Синусоидальная	99,5	40,3	0,3
Рис.2	Синусоидальная с 3-й гармоникой	99,5	30,3	5,4

Таблица 2. КПД и THD на частоте выходной сети 5 Гц

Схема	ШИМ	КПД, %	THD выход, %	THD вход, %
Рис.1	Синусоидальная	91,0	315,7	0,1
Рис.1	Синусоидальная с 3-й гармоникой	91,0	315,7	0,1
Рис.2	Синусоидальная	91,0	269,2	0,1
Рис.2	Синусоидальная с 3-й гармоникой	91,0	256,3	0,1

Анализ таблицы 1 показывает, что наилучшие показатели продемонстрировал вариант с многоуровневым инвертором напряжения и введением третьей гармоники в опорный сигнал управления. Анализ таблицы 2 показывает, что при снижении частоты выходной сети по частотному закону $U/f = \text{const}$ происходит ухудшение показателей THD на выходе. При этом самые лучшие показатели достигнуты в схеме с многоуровневым инвертором напряжением и введением третьей гармоники в опорный сигнал управления. Для преобразователя частоты, собранного по схеме рисунка 1, и снижении частоты выходного сигнала, при введении третьей гармоники в опорный сигнал показатель THD остается неизменным.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № FSWF-2023-0012.

Список литературы

1. Tan, Bo & Gu, Zhuobin & Shen, Ke & Ding, Xiaofeng. (2018). Third Harmonic Injection SPWM Method Based on Alternating Carrier Polarity to Suppress the Common Mode Voltage. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2018.2890014.
2. Zhang, Zhaoyan & Wang, Peiguang. (2019). Research and Implementation of Natural Sampling SPWM Digital Method for Three-Level Inverter of Photovoltaic Power Generation System Based on FPGA. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2019.2935398.

УЧЕБНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНОГО СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

В рамках обучения и аттестации специалистов неразрушающего контроля, сконструирована учебная физическая модель, позволяющая на наглядном примере продемонстрировать принцип противокоррозионной защиты подземных сооружений и научиться выполнять базовые электрические измерения, необходимые специалисту в рамках электрического контроля технического диагностирования подземных нефте- и газопроводов.

Актуальность данной модели обусловлена тем, что реальные измерения можно провести только на эксплуатируемом подземном нефте- или газопроводе, расположенном вдали от учебного центра и являющегося режимным охраняемым объектом, поэтому, как правило, вся суть обучения сводится к изучению нормативных отраслевых документов и теории электрического контроля. Для повышения практикоориентированности подготовки специалистов по неразрушающему контролю, на базе кафедры электроэнергетических систем филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, была создана учебная физическая модель.

Электрические методы коррозионного обследования (КО) являются основными для технического диагностирования состояния подземных стальных трубопроводов. Объект КО в виде принципиальной схемы катодной защиты с ее описанием представлен на рисунке 1.

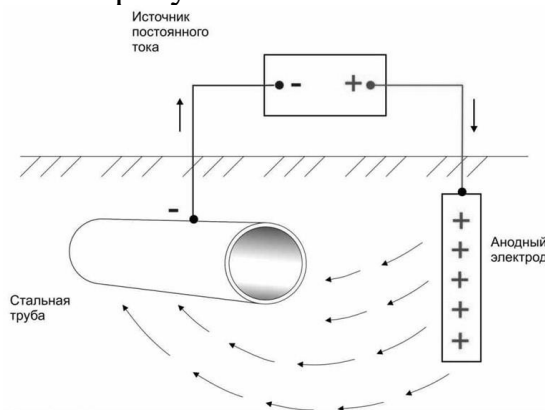


Рисунок 1. Принципиальная схема катодной защиты

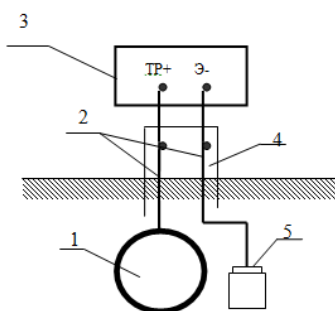
Катодная защита основана на положении, что во всех условиях работы металлических сооружений, погруженных в грунт, на поверхности металла вследствие ряда причин возникает большое количество мелких коррозионных гальванических элементов, приводящие к сквозным проржавлениям и авариям на действующих нефте- и газопроводах [1].

Для замедления процессов коррозии в практике используются средства противокоррозионной защиты (СПКЗ), в частности катодная защита, - представляет собой электрохимический метод защиты, при котором через коррозионную среду (раствор электролита) проходит постоянный электрический ток в защищаемый объект (металл) [2]. Установка, создающая выпрямленное напря-

жение, называется установка катодной защиты (УКЗ) или станция катодной защиты (СКЗ) (рисунок 1). Основная задача СКЗ – создание и поддержание электрического напряжения (защитного потенциала) между защищаемым объектом (трубопровод) и грунтом, в которой находится трубопровод, в строго нормируемом диапазоне (от $-0,90$ В до $-3,50$ В) по длине всего трубопровода.

Одна из целей КО - оценка эффективности работы катодной поляризации, включающая в себя следующие основные мероприятия:

- оценка технического состояния СКЗ;
- оценка коррозионной агрессивности грунта;
- измерение защитного потенциала трубопровода по всей его протяженности (метод выносного электрода по схеме на рисунке 2).



- 1 – трубопровод, 2 – соединительные провода, 3 – вольтметр, 4 – КИП,
5 – медносульфатный электрод сравнения.

Рисунок 2. Схема измерения защитного потенциала

Схема защиты рисунка 1 была реализована физически и отличается от реального эксплуатируемого объекта количеством СКЗ (1 шт.), протяженностью трубопровода, размером анодного заземлителя и объемом грунта:

- СКЗ – 1 шт. – В-ОПЕ-ТМ-1-42-24-У1;
- защищаемый объект – металлическая труба с защитным покрытием (экструдированный полиэтилен 4 мм) диаметром 219 мм, толщина стенки 6 мм, Сталь 20, длина 2,2 м;
- труба погружена в деревянную емкость с грунтом длиной 2,5 м и шириной 0,5 м;
- роль анодного заземлителя выполняет магниевый анод для водогрейного котла диаметром 22 мм и длиной 230 мм.

Представленная модель позволяет выполнить следующие задачи перед обучаемым:

- получение наглядного представления работы схемы рисунка 1;
- ознакомление с техникой безопасности при работе с электроустановкой в виде СКЗ, оценка состояния работы СКЗ, регулирование режима;
- определение коррозионной агрессивности грунта;
- измерение защитного потенциала трубопровода в точке дренажа и вдоль всего трубопровода (метод выносного электрода);
- определение мест и протяженности зон с ненормативным защитным потенциалом;
- измерение сопротивления растеканию тока анодного заземлителя.

Описание выполнения базового курса измерений на физической модели.

1. Работа с СКЗ.

- включение СКЗ (питание первичных цепей);
- измерение выходного напряжения (анод – катод) и тока в цепи катода СКЗ переносными контрольными вольтметром и амперметром;
- увеличение тока вращением регулятора и одновременный контроль значений выходного напряжения и тока до номинальных значений СКЗ;
- измерение защитного потенциала в точке дренажа по схеме рисунка 2;
- уменьшение тока СКЗ с одновременным контролем защитного потенциала до значений, соответствующих значению защитного потенциала от -0,9 В до -3,5 В;
- сравнение показаний контрольных приборов с показаниями штатных приборов СКЗ.

Результаты измерений

Таблица 1

Фиксируемый параметр	Результат
Тип СКЗ	В-ОПЕ-ТМ-1-42-24-У1
Выходное напряжение U, В для оптимизированного режима по контрольному прибору (по штатному прибору)	3,4 (2)
Выходной ток I, А для оптимизированного режима по контрольному прибору (по штатному прибору)	0,1 (0)
Защитный потенциал в точке дренажа, В	-1,1

2. Реализация метода выносного электрода

- базовый замер защитного потенциала в точке дренажа при настройке СКЗ;
- измерение защитного потенциала с шагом 150 мм при удалении от точки дренажа;
- фиксация начала, конца и протяженности зон с ненормативным защитным потенциалом.

Результаты измерений

Таблица 2

Фиксируемый параметр	Результат
Защитный потенциал в точке дренажа в месте +минимального расстояния до трубопровода, В	-1,1 В
Защитный потенциал в точке дренажа в месте анодного заземлителя, В	-3,7 В
Защитный потенциал при удалении от 150 мм до 2050 от точки дренажа, В	От -2,9 В до -0,7 В (рисунок 3)

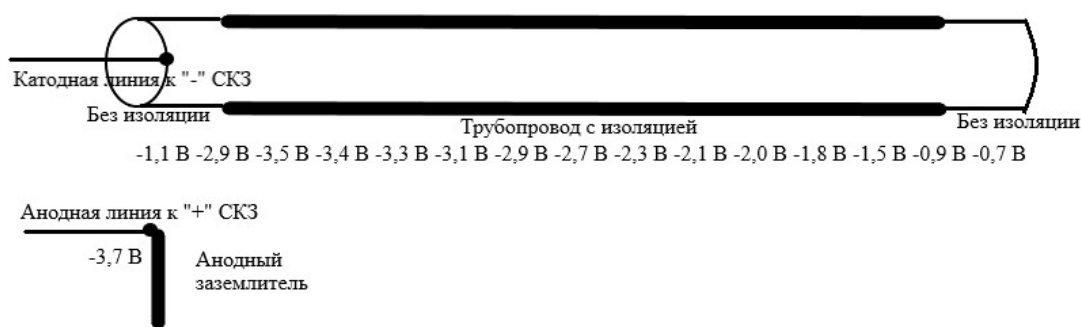


Рисунок 3. Схема распределения защитного потенциала вдоль трубопровода

3. Оценка степени агрессивности грунта

- измерение удельного электрического сопротивления грунта (УЭС) с произвольным шагом (не менее 3-х измерений);
- оценка степени агрессивности УЭС по таблице 3 [3].

Нормы оценки степени агрессивности грунта

Таблица 3

Коррозионная агрессивность грунта	УЭС грунта, Ом ^{см}
Низкая	Свыше 50
Средняя	Свыше 20 до 50 включительно
Высокая	До 20 включительно

Результаты измерений

Таблица 4

№ измерения	Результат УЭС грунта, Ом ^{см}	Коррозионная агрессивность грунта
№1	767	Низкая
№2	1469	Низкая
№3	1199	Низкая

4. Измерение сопротивления растеканию тока анодного заземлителя

- отключение СКЗ;
- проверка отсутствия выходного напряжения на СКЗ;
- отключение анодного заземлителя от анодной линии;
- измерение сопротивления анодного заземлителя трехэлектродным методом;
- соединение анодного заземлителя и анодной линии.

Результаты измерений

Таблица 5

Параметр	Результат
Максимальный габарит анодного поля, м	0,23
Расстояние до токового электрода, м	0,69
Расстояние до измерительного электрода, м	0,46
Измеренное сопротивление растеканию тока анодного заземлителя, Ом	184

5. Теоретическое обоснование полученных результатов

Полученная модель позволяет измерить комплексные параметры средств противокоррозионной защиты:

1) По оценке работы СКЗ: значения выходного напряжения и тока СКЗ для поддержания защитного потенциала в требуемых пределах 3,4 В и 0,1 А соответственно, что составляет 0,034 % от номинальной мощности СКЗ. Такие небольшие значения объясняются маленькой протяженностью защищаемого объекта (2,2 м), отличным состоянием изоляции трубопровода, высокими значениями УЭС грунта, маленьким объемом грунта для растекания защитного тока.

2) По методу выносного электрода (рисунок 3): защищаемый трубопровод по торцам на расстоянии 200 мм с каждой стороны не имеет изоляции, по этой причине защитный потенциал в этих местах уменьшается по модулю (-1,1 В в точке дренажа и -0,7 В на противоположном конце трубопровода), увеличивается при приближении к анодному заземлителю, плавно уменьшается при отдалении от точки дренажа и принимает ненормативные значения (-0,7 В – состояние «недозащиты») на противоположном торце трубы без изоляции. Проведенные измерения подтверждают теорию распределения защитного потенциала, когда в местах отсутствия изоляции на трубопроводе значения защитного потенциала резко уменьшаются по модулю, а при отдалении от точки дренажа происходит плавное падение защитного потенциала. Максимальное по модулю значение защитного потенциала в месте заглубления анодного заземлителя, - в месте стекания защитного тока на трубопровод.

3) По оценке агрессивности грунта: в результате проведения 3-х измерений УЭС грунта, его коррозионная агрессивность оценивается как «низкая». 4) По измерению сопротивления растеканию тока анодного заземлителя: измеренное значение 184 Ом имеет завышенные значения ввиду высоких значений УЭС грунта. Основная цель данного измерения на модели - получение практических навыков при последующей работе на реальном объекте.

В результате проведения и оценки измерений, можно сделать вывод о комплексном соответствии физической модели реальному эксплуатируемому объекту. Модель позволяет выполнять различные комбинации измерений (в том числе для обоснования теоретических основ распределения электрического поля), проводить полноценное обучение специалистов неразрушающего контроля.

Список литературы

1. В.А. Притула. Электрическая защита от коррозии подземных металлических сооружений // Государственное энергетическое издательство, 1958 г.
2. Справ. изд. Бекман В. Пер. с нем./ Под ред. Стрижевского И.В. – М.: Металлургия, 1992. 176 с.
3. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ ДЛЯ СИСТЕМ СКЛАДИРОВАНИЯ

Развитие роботизированного обслуживания складских предприятий в современном мире, как никогда, актуально. Это обусловлено общей автоматизацией производств и складов.

Автоматизация складского хозяйства предполагает совокупность взаимосвязанных и согласованных процессов, методов и средств, обеспечивающих хранение, перемещение запасов и комплексный учет товарно-материальных ценностей.[1]

Во всем комплексе складских операций необходимо оборудование, которое будет обеспечивать отбор, упаковку и перемещение грузов. Как раз таким оборудованием и является робот для систем складирования, система управления которого будет проектироваться в моей выпускной квалификационной работе.

Многофункциональный манипуляционный робот – это модель промышленного робота, для которой характерна структура, состоящая из трех основных элементов: системы управления, информационной системы и исполнительного устройства.[2]

Система управления – это «мозг» робота, отличающий робот от средства механизации.

Система управления представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных средств, обеспечивающих программирование, сохранение программы, ее воспроизведение и передачу управляющих сигналов исполнительным органам.[2]

Чтобы спроектировать систему управления роботом необходимо знать конструкцию исполнительного устройства робота, чтобы понять каким образом проектировать систему управления и какие датчики понадобятся.

Рассмотрим, что из себя представляет исполнительное устройство робота (манипулятор).

Основное назначение манипулятора робота для складских устройств – перемещение груза в пространстве. Как пример, перемещение товара с места хранения на платформу и/или с платформы на место хранения. Предполагается, что нахождение необходимого товара определяет система управления склада.

Предположим, манипулятор закреплен на платформе. В шарнирах манипулятора расположены приводы, пневматические или электромеханические. Манипулятор, получив разрешение на движение от системы управления перемещает схват к грузу и зажимает его и перемещает на платформу, а с платформы, при необходимости, берет другой груз и кладет на место хранения. Зажимы снабжены пневматическими приводами в связи с необходимостью зажима груза

с определенным усилием. На рисунке 1 представлена предварительная схема манипулятора.

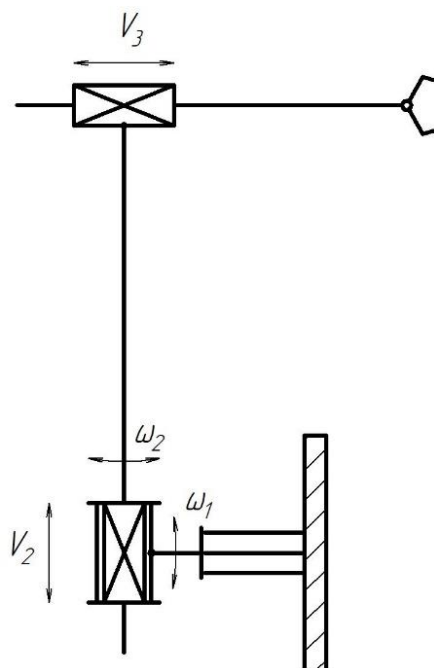


Рисунок 14 - Кинематическая схема манипулятора

Перемещение схвата в заданную точку рабочей зоны, поиск товара в «ячейках» требуют проводить перемещение в шарнирах звеньев манипулятора с особой точностью и с заданной динамикой переходных процессов, что реализуется с помощью электромеханических приводов на основе использования электромехатронных модулей.

Последовательность действий данного манипулятора:

1. Манипулятор находится в исходной позиции.
2. После того, как манипулятор получил сигнал от системы управления, он перемещает схват к грузу и производит захват.
3. Манипулятор перемещает груз на платформу и отпускает его в свободную «ячейку».
4. Берет из другой «ячейки» груз, при необходимости и отправляется в исходное положение.

Перемещение схвата выполняется электроприводами шарниров, соединяющих звенья манипулятора. Система управления должна, изменяя с помощью приводов взаимное расположение звеньев, изменять положение схвата в пространстве рабочей зоны.

Еще система управления должна знать о том, где расположен схват, контролировать его расположение. Для этого в шарнирных приводах устанавливаются датчики положения. По этой информации система управления реализует обратные связи для регулирования положения звеньев и дает информацию текущем положении схвата.

На основе всего вышесказанного выработана функциональная схема системы управления движением манипулятором, представленная на рисунке 2.

Схема состоит из блоков обратного (ПР1) и прямого (ПР2) преобразования координат, блока математической модели динамики манипулятора, блоков электроприводов (ЭП1, ЭП2, ЭП3), регуляторов положения (РП1, РП2, РП3).

ПР2 преобразует значения заданных координат X_r, Y_r, Z_r в задания для систем управления движением звеньев (РП1, РП2, РП3) - q_{1r}, q_{2r}, q_{3r} .

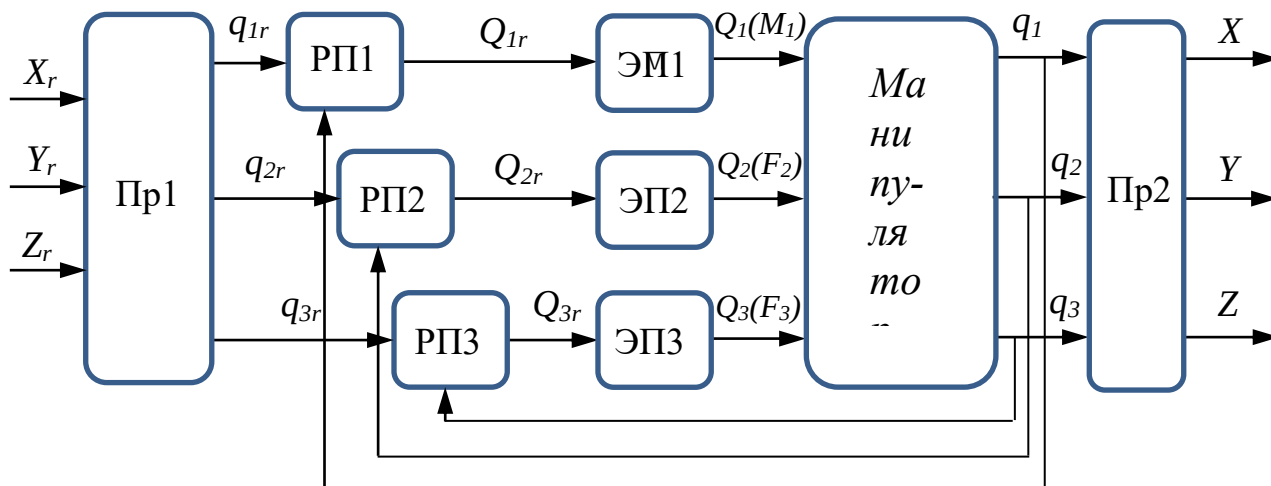


Рисунок 2 – Функциональная схема системы управления манипулятором

Каждый из электроприводов (ЭП1, ЭП2, ЭП3) формирует момент M или силу F , реализуя заданное значение.

Реализуя функцию контроля за перемещением схвата, ПР2 преобразует текущее значение шарнирных координат q_1, q_2, q_3 с датчиков положения звеньев в пространственные координаты схвата X, Y, Z .

Отрицательная обратная связь по положению выполнена посредством цифровых датчиков положения, благодаря ей обеспечивается работа контуров регулирования положения.

Список литературы

1. Петридис Н.Г. Оборудование хранилищ и устройств для погрузочно-разгрузочных работ / Н.Г. Петридис. – Минск : РИПО, 2020. – 183 с.
2. Лебедев С.К. Кинематика и динамика электромехатронных систем / С.К. Лебедев, А.Р. Колганов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 352 с. : ил., табл.

*М.В. Терешков, маг., рук. М.А. Амелина, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИОДА НАКАЧКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

В настоящее время твердотельные лазеры, использующие оптическую накачку, достигают высокой эффективности при малых массогабаритных параметрах, из-за чего активно используются. Самое распространенное решение для проектирования источника накачки таких установок – лазерные диоды, позволяющие достигнуть большего по сравнению с системами, проектируемыми на лампах, КПД, оптимальных эксплуатационных характеристик, а также увели-

ченного срока службы [1]. Однако, для достижения максимальной эффективности преобразования энергии необходимо тщательно подбирать и оптимизировать все компоненты лазера, включая систему термостабилизации накачки [2].

Термостабилизация необходима из-за наличия температурной зависимости параметров лазерных диодов [3, 2]. Температура влияет на спектр излучения [2] и геометрические размеры линеек накачки, что приводит к изменению длины волны [1]. Это вызывает рассогласование спектров излучения накачки и поглощения активной среды лазера, снижая КПД и выходную мощность. Перегрев линеек также уменьшает срок службы диодов. Разработка эффективных систем охлаждения и термостабилизации является актуальной задачей современной электроники.

Работа рядов излучающих диодов накачки регламентируется в диапазоне температур от -55 до $+60^{\circ}\text{C}$, соответственно, система термостабилизации должна обеспечивать оптимальный температурный режим во всем диапазоне. Границы оптимального температурного режима – 40 – 48°C , температура, позволяющая добиться наибольшей эффективности системы – 42°C . Время на достижение оптимальной температуры в границах диапазона рабочих температур не должна быть больше 15 минут.

Тепловая модель, на которой строится разрабатываемая система термостабилизации диодов накачки, состоит из элементов Пельтье, охлаждения (преимущественно жидкостного за счет большей эффективности). Также одним из основных элементов конструкции является управляющая плата, обеспечивающая нужное питание элементам Пельтье, корректное изменение тока накачки (в зависимости от режима работы установки) и постоянный мониторинг температуры излучающих диодов. Разработанная 3-Д тепловая модель предлагаемой системы, обеспечивающей термостабилизацию диодов накачки, приведена на рисунке 1.

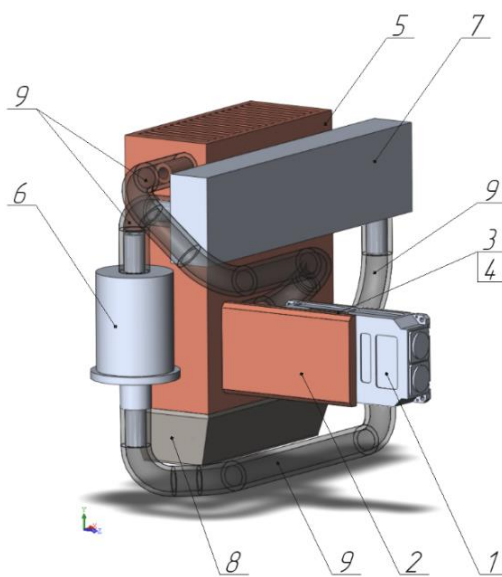


Рисунок 15 — Тепловая модель системы термостабилизации накачки лазера: 1 — лазер, 2 — теплообменник, 3 — элементы Пельтье, 4 — теплосъемная площадка, 5 — теплообменник (радиатор), 6 — насос, 7 — расширительный бак, 8 — кожух вентиляторов, 9 — трубки для жидкости-теплоносителя

Система, представленная рисунке 1 позволяет осуществить термостабилизацию ряда излучающих диодов, используемых для накачки импульсного твердотельного лазера, в качестве рабочего тела которого используется YAG:Nd. Для рассматриваемого случая с учетом наибольшей допустимой частоты следования импульсов накачки величина мощности, выделенной линейкой диодов в виде тепла составит примерно $P_{\text{нак}} = 6$ Вт.

Разработаем структурную схему, иллюстрирующую работу стандартной системы термостабилизации излучающих диодов накачки (рисунок 2).

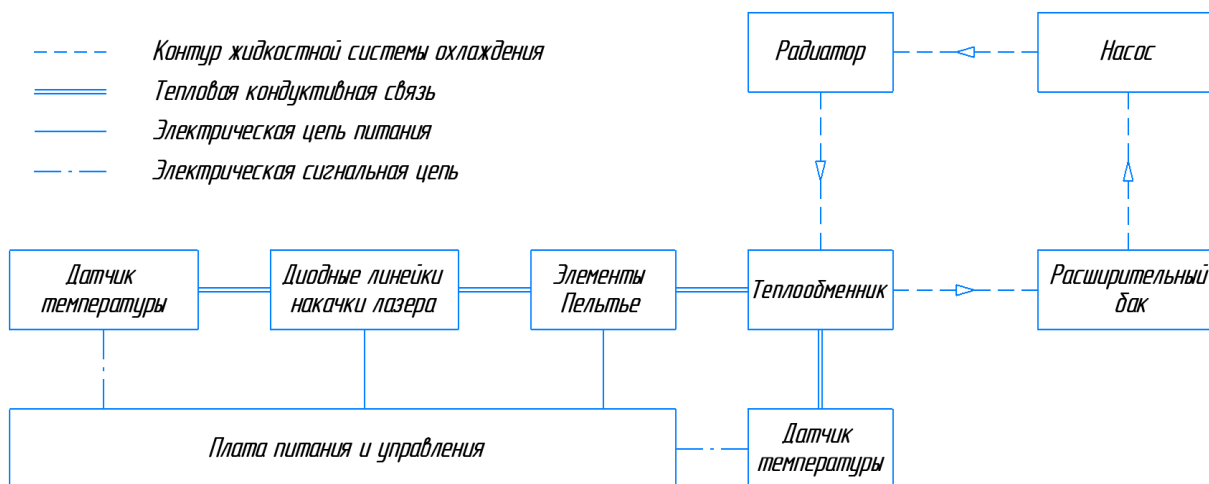


Рисунок 2 — Структурная схема системы термостабилизации

Важным элементом системы термостабилизации является элемент Пельтье. Корректный выбор этого элемента позволит существенно улучшить предельные характеристики системы стабилизации диодов накачки.

Для анализа выберем элементы производителя Marlow серии XLT (параметры элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристики выбранных для анализа элементов при температуре 300 К

Модель элемента	Характеристики			
	$I_{\text{П}}, \text{А}$	$U_{\text{П}}, \text{В}$	$\Delta T_{\text{П}}, \text{К}$	$Q_{\text{П}}, \text{Вт}$
XLT2385	13,8	14,05	56,6	128
XLT2389	18,9	7,8	57,3	96
XLT2393	13,5	21,5	58,1	188

Принимая, что конвекция воздушной среды осуществляется естественным путем, учтя температуру окружающей среды равной $T_{\text{oc}} = 333$ К, $P_{\text{нак}} = 20,4$ Вт, выявим, как изменяется температура ряда светоизлучающих диодов накачки при изменении величины питающего термоэлементы Пельтье тока (рисунок 3).



Рисунок 3 — Температура диодов накачки: 1 – XLT2385; 2 – XLT2389; 3 – XLT2393.

Из рисунка 3 видно, что элемент XLT2389 допустимо использовать в системах с наименьшей температурой стабилизации, элемент XLT2393 подойдет для самых «горячих» систем, а элемент XLT2385 – наиболее удачное решение для среднего диапазона температур. Для рассматриваемого диапазона температур 40–48°C (313 – 321 K) наиболее эффективным решением будет элемент XLT2389.

Рассмотрена типовая модель системы термостабилизации светодиода накачки, разработана тепловая структурная схема этой модели. Рассмотрена зависимость температуры линеек диодов накачки от питающего напряжения элемента Пельтье. Приведенный анализ нескольких моделей элементов Пельтье позволил подобрать оптимальный элемент для обеспечения наибольшего КПД системы.

Список литературы

1. Волков В.Г. Твердотельные лазеры с накачкой мощными лазерными диодами, используемые в системах обеспечения безопасности // Системы управления, связи и безопасности. 2016. №2. С. 142–181.
2. Гришанов В.Н., Изжеуров Е.А., Угланов Д.А. Системы охлаждения лазеров: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т. 2006. 103 с.
3. Власова С.В., Власов А.Б., Шапочкин П.Ю. Особенности излучения лазерных диодов в различных интервалах температур // Вестник МГТУ. 2017. Т.20. №4. С. 697–704.

**С.Р. Трофименко, асп.; рук. В.В. Рожков, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)**

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ БЕЗДАТЧИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Электроприводы переменного тока, главным образом, частотно-регулируемые, широко используются в промышленности благодаря своей надежности, высокой энергоэффективности и унификации решений в системах управления (скалярные, векторные системы). Одним из ключевых направлений развития электроприводов является создание бездатчиковых систем, которые позволяют отказаться от использования датчиков скорости и (или) положения ротора, что снижает стоимость и повышает надежность системы [1].

Целью настоящей статьи является обзор методов построения бездатчиковых систем, их краткое математическое описание, проведение сравнительного качественного анализа их эффективности.

1. Методы бездатчикового управления

1.1. Метод на основе модели (Model-Based Approach)

Этот метод основан на использовании математической модели электродвигателя для оценки скорости и положения ротора. Основное уравнение для асинхронного двигателя в стационарной системе координат (α - β) имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{d\psi_\alpha}{dt} = u_\alpha - R_s i_\alpha \\ \frac{d\psi_\beta}{dt} = u_\beta - R_s i_\beta \end{cases} \quad (1)$$

где: ψ_α ψ_β — компоненты потокосцепления статора, U_α U_β — компоненты напряжения статора, i_α i_β — компоненты тока статора, R_s — активное сопротивление статора.

Оценка скорости ротора ω_r может быть получена с использованием наблюдателя Люенбергера или фильтра Калмана [2], далее в статье будут подробно рассмотрены эти методы.

1.2. Метод на основе сигнатурного анализа (Signal Injection Method)

Этот метод используется для низких скоростей вращения ротора. Он основан на введении высокочастотного сигнала в обмотки статора и анализе реакции системы. Оценка положения ротора θ_r может быть получена из анализа гармоник тока:

$$\theta_r = \arctan \frac{i_{h\beta}}{i_{h\alpha}} \quad (2)$$

где $i_{h\beta}$ $i_{h\alpha}$ — высокочастотные компоненты тока [3].

2. Наблюдатель Люенбергера

2.1. Основные принципы

Наблюдатель Люенбергера — это алгоритм оценки состояния системы, основанный на математической модели объекта управления. Он использует разницу между реальными и прогнозируемыми выходными сигналами для коррекции оценки состояния.

Для асинхронного двигателя наблюдатель Люенбергера строится на основе модели в системе координат (α - β). Уравнения состояния асинхронного двигателя могут быть записаны в виде:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx, \end{aligned} \quad (3)$$

где:

- $X = [i_\alpha \ i_\beta \ \Psi_\alpha \ \Psi_\beta]^T$ — вектор состояния,
- $U = [U_{s\alpha} \ U_{s\beta}]^T$ — вектор входных напряжений,
- $Y = I_s = [i_{s\alpha} \ i_{s\beta}]^T$ — вектор измеряемых токов,
- A, B, C — матрицы системы, входов и выходов соответственно.

Наблюдатель Люенбергера имеет вид:

$$\frac{d\hat{x}}{dt} = A\hat{x} + Bu + L(\hat{y} - y);$$

(4)

где: $\hat{x}$ — оценка вектора состояния, L — матрица коэффициентов усиления наблюдателя.

2.2. Структурная схема

На рисунке 1 представлена структурная схема системы управления с наблюдателем Люенбергера.

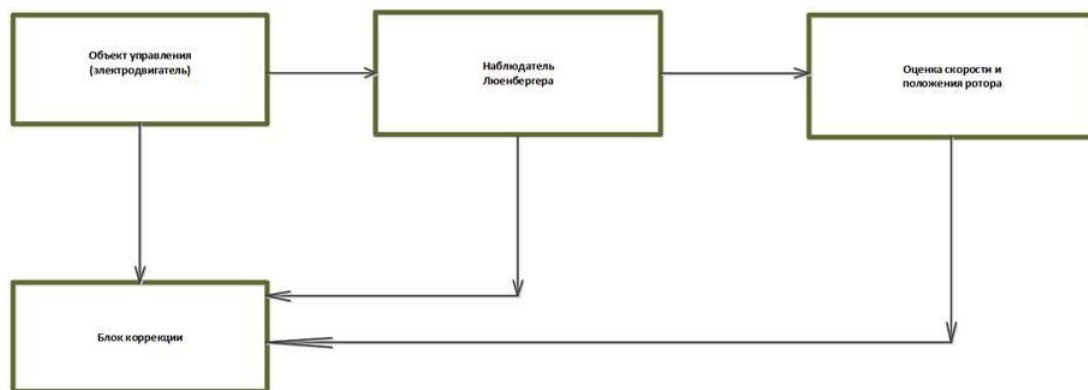


Рисунок 1 – Структурная схема системы с наблюдателем Люенбергера

2.3. Результаты моделирования

На рисунке 2 представлены графики реальной и оцененной скорости ротора при использовании наблюдателя Люенбергера.

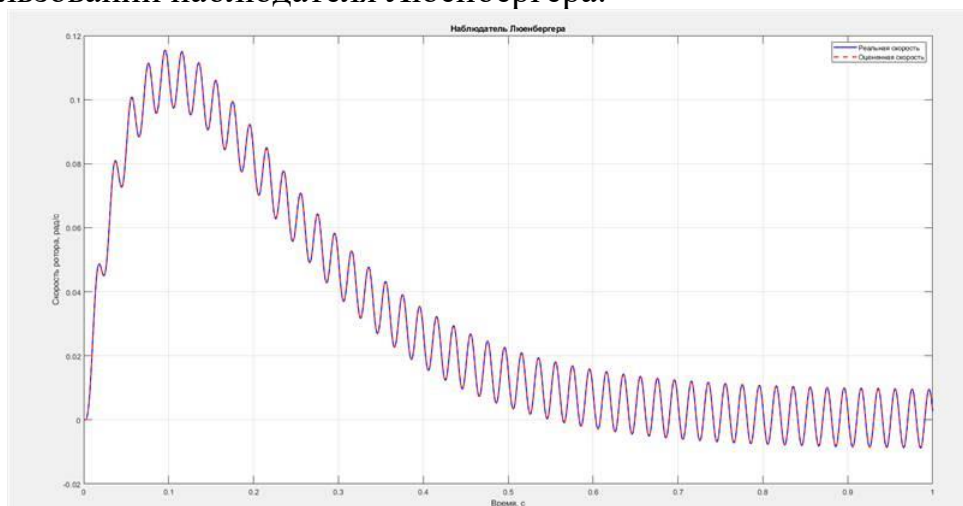


Рисунок 2 – Графики реальной и оцененной скорости ротора

3. Фильтр Калмана

3.1. Основные принципы

Фильтр Калмана — это рекурсивный алгоритм оценки состояния системы, который минимизирует среднеквадратичную ошибку. Он особенно полезен в системах с шумами измерений и неопределённостями модели.

Для асинхронного двигателя фильтр Калмана строится на основе дискретной модели системы:

$$\begin{aligned} X_{k+1} &= F_k x_k + G_k u_k + \omega_k, \\ y_k &= H_k x_k + v_k, \end{aligned}$$

где:

- x_k — вектор состояния на шаге k ,
- u_k — вектор входных сигналов,
- y_k — вектор измерений,
- F_k, G_k, H_k — матрицы системы, входов и выходов,
- ω_k, v_k — шумы процесса и измерений (предполагаются гауссовскими с нулевым средним).

3.2. Алгоритм работы

Фильтр Калмана состоит из двух этапов: прогноза и коррекции.

1. Прогноз:

Оценка состояния: $\widehat{x_{k|k-1}} = F_k \widehat{x_{k-1|k-1}} + G_k u_k$

Ковариация ошибки: $P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k$, где Q_k — ковариация шума процесса.

2. Коррекция:

Вычисление коэффициента усиления Калмана:

$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$, где R_k — ковариация шума измерений.

Коррекция оценки состояния: $\widehat{x_{k|k}} = \widehat{x_{k-1|k-1}} + K_k (y_k - H_k \widehat{x_{k-1|k-1}})$.

Коррекция ковариации ошибки: $P_{k|k} = P_{k|k-1} (I - K_k H_k)$.

3.3. Структурная схема

На рисунке 3 представлена структурная схема системы управления с фильтром Калмана.

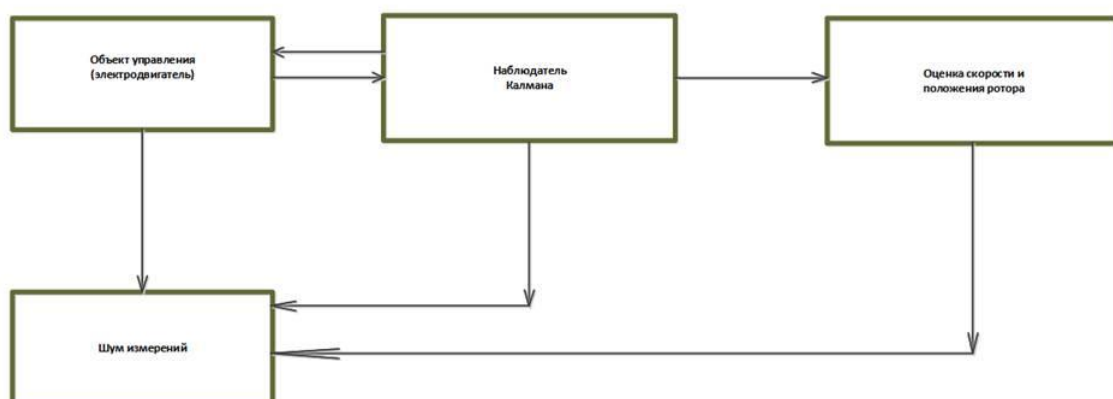


Рисунок 3 – Структурная схема системы с фильтром Калмана

3.4. Результаты моделирования

На рисунке 4 представлены графики реальной и оцененной скорости ротора при использовании фильтра Калмана.

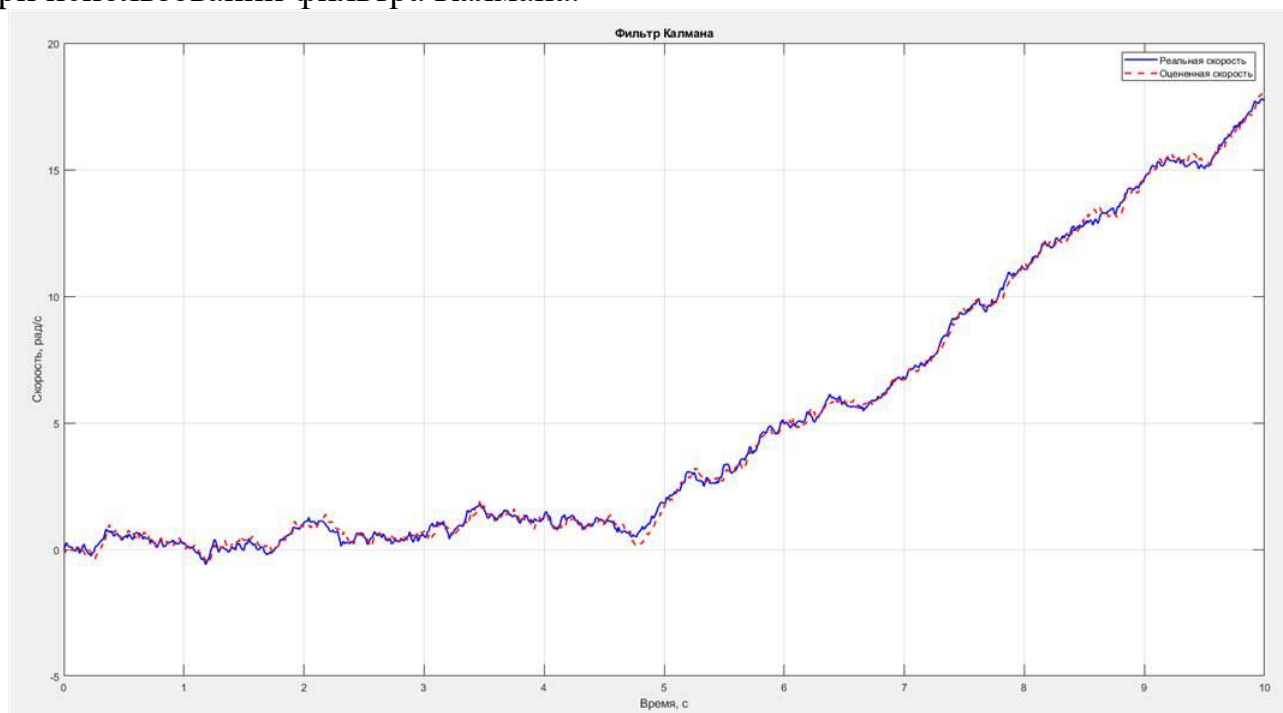


Рисунок 4 – Графики реальной и оцененной скорости ротора

4. Сравнительный анализ методов

Метод	Преимущества	Недостатки
Наблюдатель Люенбергера	Простота реализации, хорошая точность на средних и высоких скоростях	Чувствительность к неточностям модели, снижение точности на низких скоростях
Фильтр Калмана	Высокая точность даже при наличии шумов, возможность работы на низких скоростях	Высокая вычислительная сложность, требует точного задания параметров шумов

Бездатчиковые системы управления электроприводами переменного тока являются перспективным направлением развития промышленных систем. Методы на основе модели и сигнатурного анализа позволяют эффективно оценивать скорость и положение ротора без использования датчиков [4]. Однако каждый из методов имеет свои ограничения, что требует их комбинирования в реальных системах [5].

Список литературы

1. Vas, P. *Sensorless Vector and Direct Torque Control*. Oxford University Press, 1998.
2. Holtz, J. *Sensorless Control of Induction Motor Drives*. Proceedings of the IEEE, 2002.
3. Krishnan, R. *Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control*. Prentice Hall, 2001.
4. Novotny, D. W., Lipo, T. A. *Vector Control and Dynamics of AC Drives*. Oxford University Press, 1996.
5. Бездатчиковое управление асинхронными двигателями: учебное пособие / Под ред. А.И. Леонова. — М.: Энергоатомиздат, 2010.

СРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ИНВЕРТОРА ДВУХЗВЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ЕГО ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Неотъемлемым компонентом современного электропривода является преобразователь частоты (ПЧ). Широко распространенным компоновочным решением является двухзвенный преобразователь частоты, состоящий из неуправляемого выпрямителя (НВ), звена постоянного тока (ЗПТ) и двухуровневого автономного инвертора напряжения (АИН), силовая схема которого представлена на рисунке 1. Выбор такой топологии обусловлен ее низкой стоимостью и высокими энергетическими показателями. Но такие преобразователи имеют и недостатки. Одним из таких недостатков является то, что объект управления, в качестве которого, как правило, выступает электрическая машина, питается импульсным модулированным напряжением. В случае использования промышленной трехфазной сети с линейным напряжением 380 В амплитуда импульсов линейного напряжения достигает значений 540 В. Импульсный характер напряжения большой амплитуды (при любом даже самом малом напряжении управления) негативно сказывается на изоляции электрической машины, увеличивает вероятность ее повреждения, что в итоге снижает ресурс машины в целом.

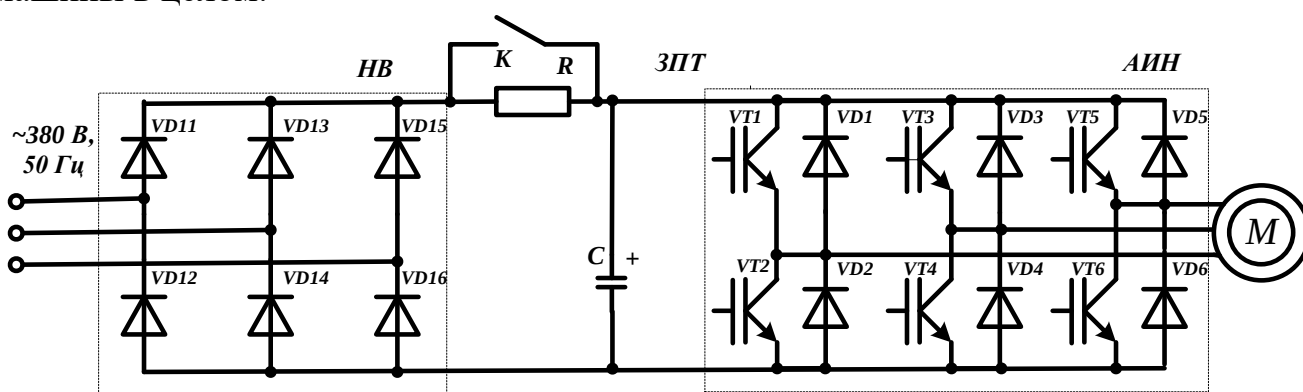


Рисунок 1 – Силовая схема двухуровневого преобразователя частоты

Еще одним недостатком преобразователя частоты с двухуровневым АИН является ухудшение показателя гармонических искажений THD при питании двигателя низким напряжением, полученным в результате модуляции от выпрямленного высокого напряжения, т.е. при работе на низких скоростях. Для наглядной иллюстрации влияния данного эффекта на коэффициент THD, исходная схема, представленная на рисунке 1, упрощена до варианта, представленного на рисунке 2. В таблице 1 сведены результаты моделирования при напряжении звена постоянного тока, равном 540 В, и изменении скорости вращения двигателя от 1500 об/мин (эквивалентно 50 Гц) до 150 об/мин (эквивалентно 5 Гц). Используется скалярная система управления, работающая по ча-

стотному закону $U/f = \text{const}$. При таком законе желаемая частота вращения двигателя определяется действующим значением первой гармоники линейного напряжения, подаваемого на двигатель. Таким образом, 50 Гц соответствует действующее напряжение 380 В, а 5 Гц – 38 В.

Таблица 1. КПД и THD

f, Гц	U линейное действующее на выходе, В	КПД, %	THD, %
50	380	99.8	72.4
25	190	99.8	136.0
5	38	99.8	315.7

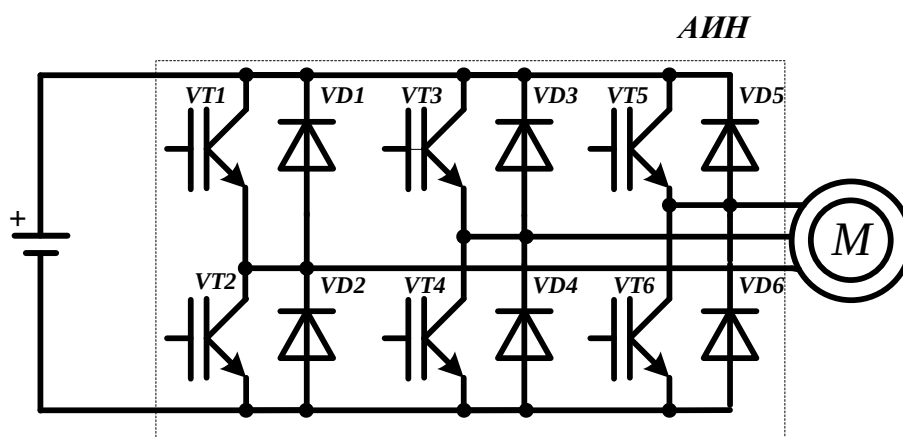


Рисунок 2 – Упрощенная силовая схема преобразователя частоты

Анализ таблицы 1 показывает, что при постоянстве значения напряжения постоянного тока и понижении выходного напряжения показатель гармонических искажений выходного напряжения ухудшается.

Целью настоящей работы является проверка идеи по улучшению коэффициента THD за счет понижения напряжения в звене постоянного тока. В таблице 2 сведены результаты моделирования при изменении напряжения звена постоянного тока и изменении скорости вращения двигателя.

Таблица 2. КПД и THD

f, Гц	Напряжение ЗПТ, В	КПД, %	THD, %
50	540	99.8	72.4
25	270	99.8	72.4
5	54	99.8	72.4

Анализ таблицы 2 показывает положительный эффект от использования предлагаемой идеи, заключающейся в том, что при работе электрической машины на низких скоростях для сохранения высоких значений энергетических показателей работы преобразователя частоты, в частности, КПД и THD, необходимо снижать значение напряжения звена постоянного тока.

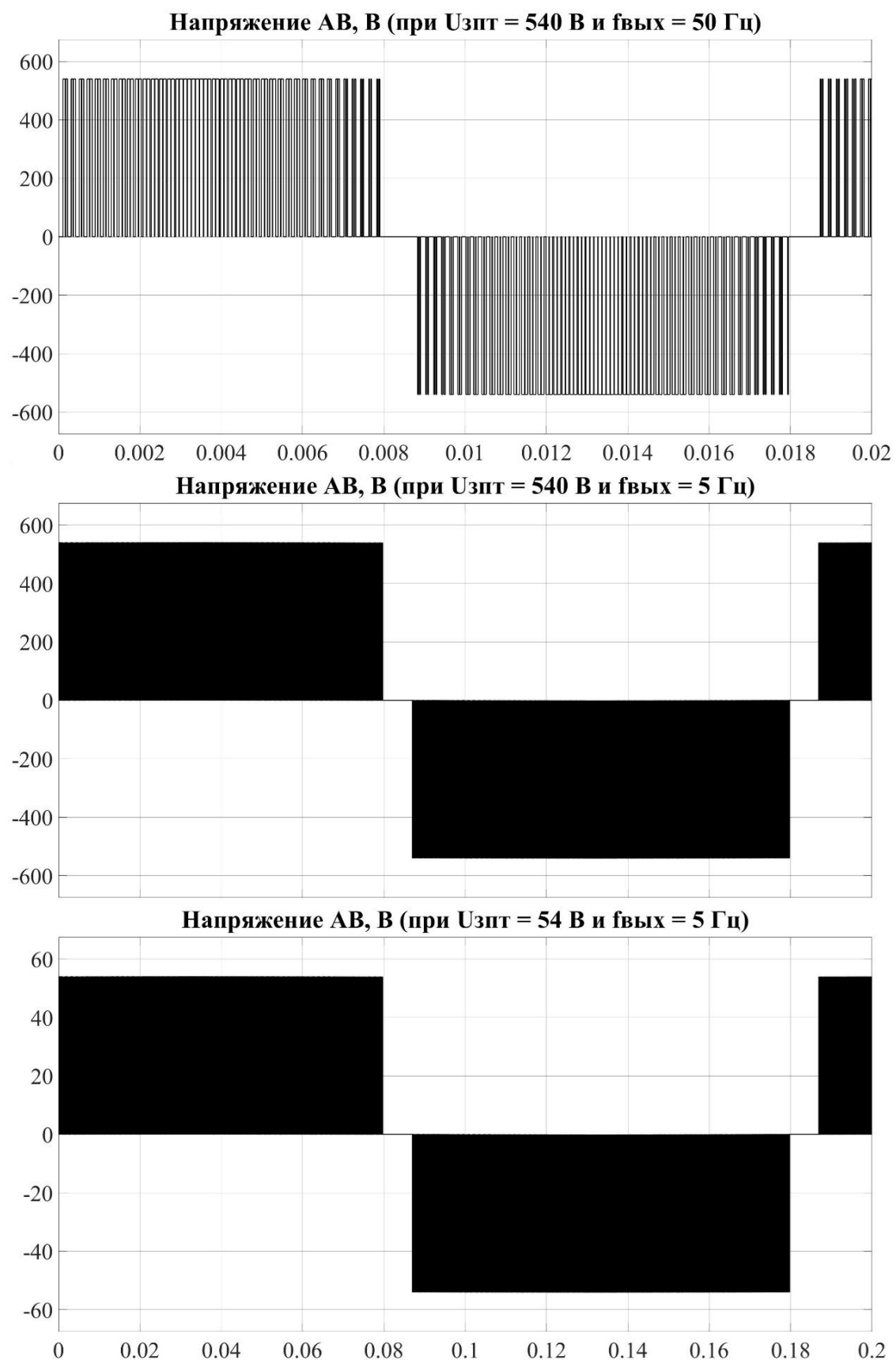


Рисунок 3 – Осциллограммы линейного напряжения АВ при напряжении звена постоянного тока равным 540В и частоте выходной сети 50 Гц (верхний график), 5 Гц (график по середине), и напряжении звена постоянного тока 54 В и частоте выходной сети 5 Гц (снизу)

На рисунке 3 показаны осциллограммы линейного напряжения АВ на периодах питающей сети, соответствующих 50 Гц и 5 Гц, при значении напряжения звена постоянного тока, равном 540 В, и линейного напряжения АВ на периоде питающей сети, соответствующем 5 Гц, при уменьшении значения звена постоянного тока до 54 В. Следует отметить тот факт, что длительность работы импульсов на каждом соответствующем периоде ШИМ для частоты 5 Гц при разных уровнях напряжения звена постоянного тока осталась неизменной.

Схемотехническую реализацию предлагаемой идеи для задач электропривода на сегодняшний день возможно в наибольшей степени воплотить за счет использования многоуровневых преобразователей частоты. К примеру, схема трехуровневого АИН с фиксирующими диодами в составе преобразователя частоты представлена на рисунке 4. Увеличение числа уровней выходного напряжения оказывает положительный эффект на THD. Чем их больше, тем меньше THD. И, имея возможность регулирования напряжения звена постоянного тока, можно использовать по максимуму возможности многоуровневого преобразователя с высокими энергетическими показателями и качеством выходного напряжения при малых напряжениях управления, то есть при малых требуемых частотах вращения.

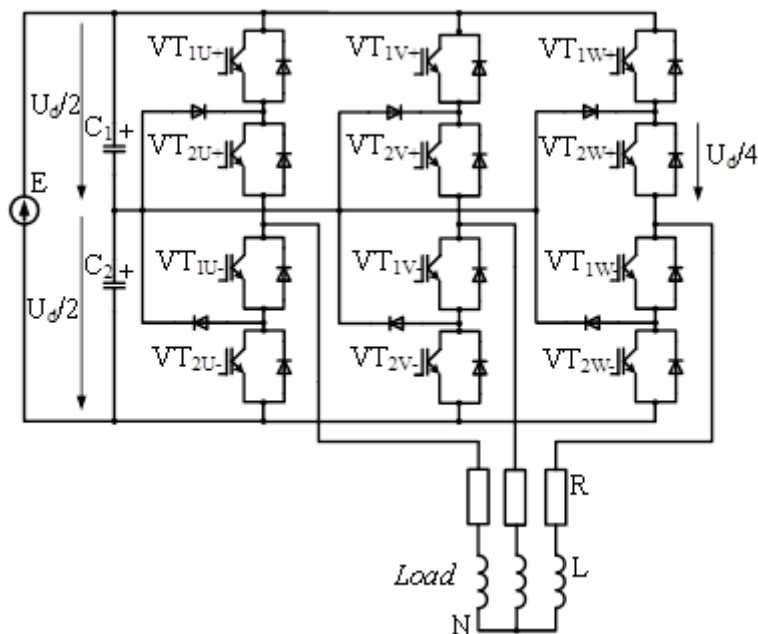


Рисунок 4 – Силовая схема трехуровневого преобразователя частоты с фиксирующими диодами

В связи с этим, считается целесообразным рассматривать другие компоновочные решения для силовых схем преобразователей частоты в составе электропривода. На сегодняшний день существует не малое количество топологий преобразователей и их изучение, модернизация не прекращаются [1], [2].

В настоящей статье популяризируется идея о необходимости снижения в регулируемом частотном электроприводе напряжения звена постоянного тока для получения лучших показателей THD при сохранении высокого КПД преоб-

разователя и меньших амплитудных значениях импульсов линейных напряжений. Лучшие показатели гармонических искажений могут позволить выполнять более качественно регулирование скорости и положения в электроприводе за счет меньшей амплитуды высокочастотных пульсаций электромагнитного момента. Кроме того, снижение амплитуды импульсов приложенного к статорной обмотке напряжения ведет к повышению срока службы электрической машины.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-61-00096, <https://rscf.ru/project/22-61-00096/>.

Список литературы

1. J. W. Kolar and T. Friedli, "The Essence of Three-Phase PFC Rectifier Systems—Part I," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 1, pp. 176-198, Jan. 2013, doi: 10.1109/TPEL.2012.2197867.
2. E. I. Pool-Mazun, K. Kim and P. Enjeti, "Direct Three-Phase AC-DC Rectifier with High-Frequency Open-Delta Transformer and Closed Loop Output Voltage Regulation," *2023 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, Orlando, FL, USA, 2023, pp. 1922-1927, doi: 10.1109/APEC43580.2023.10131656.

*В.С. Фролов, маг.; С.П. Курилин, д. т. н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОЦЕНКУ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТОПОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Электродвигатели лежат в основе производственных процессов, обеспечивая движение станков, подъемных механизмов, насосов и другого оборудования. Любой простой или отказ таких двигателей может привести к нарушению производственных циклов, срывам поставок и существенным экономическим потерям. Так же электродвигатели используются в системах жизнеобеспечения - водоснабжении, отоплении, вентиляции и кондиционировании. Их надежность критична для поддержания комфортных и безопасных условий для проживания и работы людей.

В данной статье исследуется диагностика асинхронного двигателя (АД), как самого массового элемента электропривода, на основе топологического подхода.

Топологический подход удобен в области эксплуатационной диагностики для оценки текущего состояния, например, расчёта отклонения параметров от тех, что имел электродвигатель в момент выпуска его с завода или на основе этих отклонений расчёт вероятности сохранения работоспособности [1]. Так же методы, заложенные в топологическом подходе, позволяют оценивать остаточный ресурс эксплуатации. Не зависимость опытов, проводимых от внешних факторов, делают данный подход достоверным по сравнению с другими подходами, основанными на не посредственном поиске и выявлении конкретного типа дефекта.

Целью исследования данной статьи являются поиск параметров, оказывающих наибольшее влияние на оценку остаточного ресурса электродвигателя посредством топологического подхода диагностирования.

В качестве объекта исследования был выбран общепромышленный АД, имеющий следующие параметры:

Таблица 1 – Параметры электродвигателя

Название	Значение
Мощность, кВт	160
Номинальная частота вращения ротора, об/мин	2922
Напряжение, В	380/660
КПД, %	92
$\cos\varphi$	0,93
Номинальное скольжение	0,0254
$\frac{M_{\pi}}{M_{\kappa}}$	1.9
$\frac{I_{\pi}}{I_{\kappa}}$	5,97

Для моделирования диагностического процесса применялся программный пакет *Maple 6* в котором использовалась математическая модель АД, записанная в осях $\alpha\beta$. Математическая модель с возможностью задания не симметричных повреждений (разные активных и индуктивных сопротивлений статора и ротора). Эталонные параметры схемы замещения электродвигателя приведены на рисунке 1.

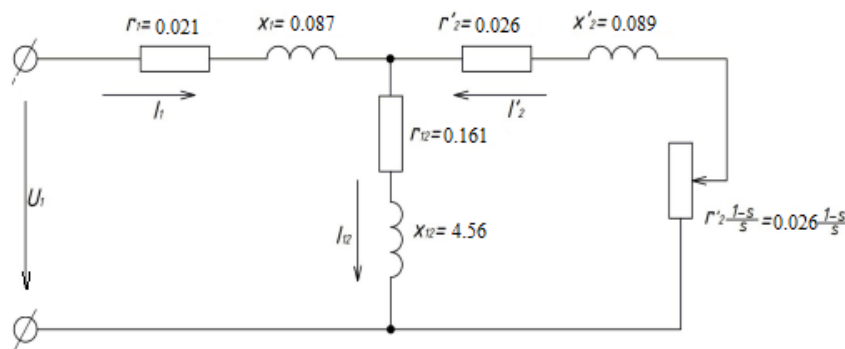


Рисунок 1 Схема замещения, моделируемого АД

Использовалась методика топологического тестирования, описанная в [2]. Методика предполагает 3 опыта тестирования. Схема опыта 1 представлена на рисунке 2. Аналогично выполняются другие 2 опыта с круговой перестановкой фаз.

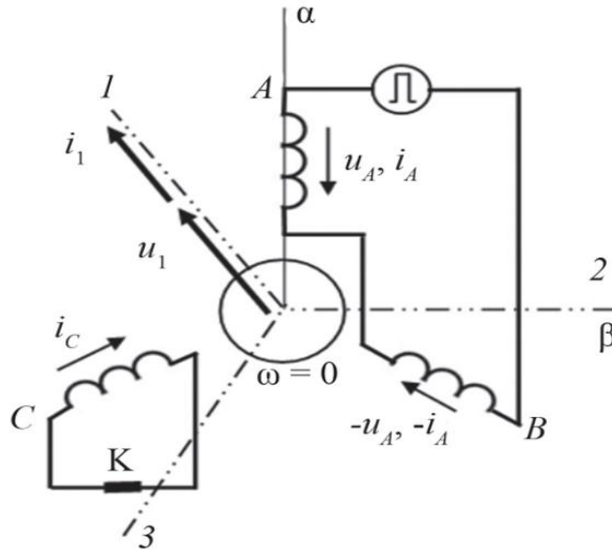


Рисунок 2 Принципиальная схема тестирования для первого опыта

На основе изменения отклонений токов полученных в трёх опытах по сравнению с токами полученным в эталонном состоянии оценивался остаточный ресурс АД. Для связи между модельными и фазными величинами используются следующие соотношения:

$$i_A(t) = \sqrt{\frac{2}{3}} i_{s\alpha}(t), \#(1)$$

$$i_B(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} i_{s\beta}(t), \#(2)$$

$$i_C(t) = -\sqrt{\frac{2}{3}} i_{s\alpha}(t), \#(3)$$

где $i_A(t), i_B(t), i_C(t)$ – фазные токи; $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ – модельные токи (плоскость $\alpha\beta$).

Векторы прикладываемых к обмоткам напряжений, приводятся к базису математической модели (n_0, n_α, n_β) следующим образом:

$$U_{s\alpha} = \sqrt{\frac{3}{2}} \delta(t) U, U_{s\beta} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \delta(t) U, \#(4)$$

$$U_{s\alpha} = 0, U_{s\beta} = \sqrt{2} \delta(t) U, \#(5)$$

$$U_{s\alpha} = -\sqrt{\frac{3}{2}} \delta(t) U, U_{s\beta} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \delta(t) U, \#(6)$$

где $U_{s\alpha}, U_{s\beta}$ – векторы напряжений в плоскости $\alpha\beta$;

Формулы (1), (4) для первого опыта, (2), (5) для второго и (3), (6) для третьего.

В результате моделирования для различных видов повреждений были рассчитаны прогнозируемые остаточные ресурсы электродвигателя. При моделировании был принят текущий срок эксплуатации 10000 ч. Результаты моделирования для симметричных повреждений приведены в таблице 2 и на рисунке 3. $R[s]$, $R[r]$ - эталонные сопротивления фаз статора и ротора соответственно,

аналогично индуктивные сопротивления: $x[s]$, $x[r]$. $R[\alpha]$, $R[\beta]$ – индуктивные сопротивления по осям α и β соответственно, аналогично для индуктивных сопротивлений: $x[\alpha]$ и $x[\beta]$.

Таблица 2 – Остаточный ресурс асинхронного двигателя при симметричных повреждениях

Изменяемые параметры	Остаточный ресурс	Тип повреждения
$R[\alpha]=R[s]*50.00; R[\beta]=R[s]*50.00$	7636	Обрыв фазы
$R[\alpha]=R[s]*10.00; R[\beta]=R[s]*10.00$	82592	Обрывы в параллельных ветвях обмотки статора
$x[\alpha]=x[s]*1.05; x[\beta]=x[s]*1.05$	31152	Статический эксцентриситет
$R[d]=R[r]*50.00; R[q]=R[r]*50.00$	4925	Обрывы в стержнях ротора
$R[d]=R[r]*10.00; R[q]=R[r]*10.00$	68124	Трещины в одном или нескольких стержнях беличьей клетки
$x[r]=0.089*1.10$	11459	Динамический эксцентриситет

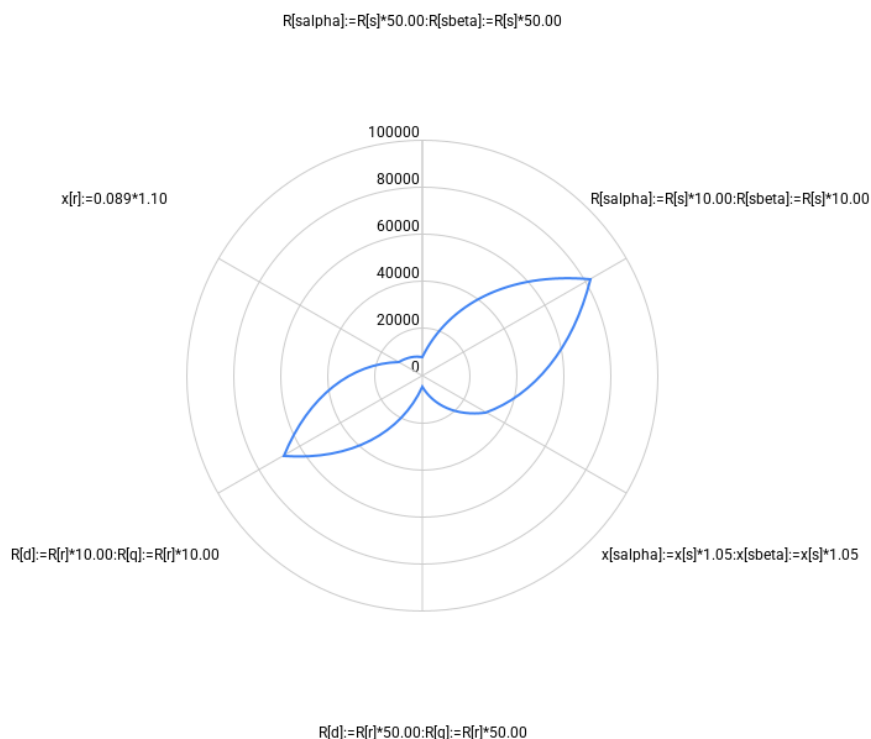


Рисунок 3 Прогнозируемый остаточный ресурс асинхронного двигателя при различных симметричных повреждениях

Аналогично были выполнены опыты моделирования для не симметричных повреждений. Полученные результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 4.

Таблица 3 – Остаточный ресурс асинхронного двигателя при не симметричных повреждениях

Изменяемые параметры	Остаточный ресурс	Тип повреждения
$R[s]_{\alpha} = R[s] * 20$	34444	Наличие сильного обрыва фазы
$R[s]_{\alpha} = R[s] * 50$	7636	Обрывы в параллельных ветвях фазы обмотки статора
$x[s]_{\alpha} = x[s] * 1.10$	30486	Статический эксцентриситет
$R[d] = R[r] * 20$	27453	Трещины в одном или нескольких стержнях беличьей клетки
$R[d] = R[r] * 50$	4925	Обрывы в стержнях ротора

На рисунка 3 и 4 представлены многоосные графики остаточного ресурса для симметричных и не симметричных повреждений. Каждая ось соответствует определённому типу повреждения.

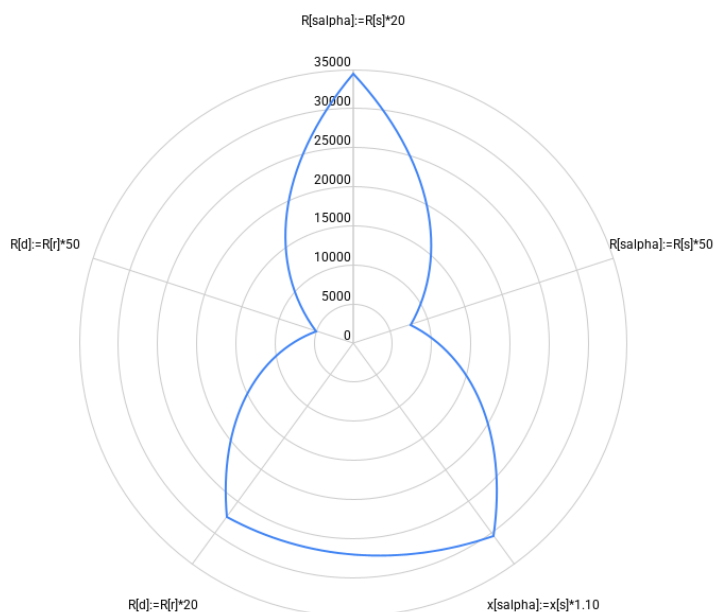


Рисунок 4 Прогнозируемый остаточный ресурс асинхронного двигателя при различных не симметричных повреждениях

Наибольшее влияние на изменение остаточного ресурса оказывает изменение индуктивного сопротивления обмоток ротора и статора. Так, например, при симметричном увеличении индуктивного сопротивления ротора на 10% прогнозируемый остаточный ресурс после 10000 часов эксплуатации оказался равным 11459 часов. Изменение индуктивного сопротивления ротора соответствует наличию динамического эксцентриситета ротора. Трещины и обрывы в стержнях ротора так же приведут к изменению индуктивного сопротивления цепи ротора, что отразится на остаточном ресурсе. Изменение активного сопротивления обмоток статора слабо отражается на изменении остаточного ресурса, что не позволит заметно отобразить эксплуатационные повреждения, связанные

с изменением активного сопротивления цепи статора, например изменение сопротивления контактов в месте их соединения. Межвитковые замыкания или обрывы параллельных ветвей обмотки статора повлияют на определяемый остаточный ресурс за счёт изменения индуктивного сопротивления цепи статора.

Таким образом была апробирована методика топологической диагностики и оценены степени влияния различных видов повреждений на остаточный ресурс АД. В ходе тестирования было выявлено, что наибольшее влияние оказывают параметры, связанные с индуктивным сопротивлением обмоток статора и ротора, что позволит достоверно оценивать остаточный ресурс электродвигателя при возникающих дефектах в электромагнитной части электродвигателя.

Список литературы

1. Курилин С.П. Методы тестирования технического состояния асинхронных электродвигателей в процессе эксплуатации // Вестник МЭИ. 2022. № 6. С. 11-20. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-6-11-20 (ВАК)
2. Способ диагностирования технического состояния асинхронных электрических двигателей и устройство для его осуществления/ Патент РФ № 2 794 240 С1 //Курилин С.П., Дли М.И., Бобков В.И., Соколов А.М. Опубликовано: 13.04.2023 Бюл. № 11.

*Д.А. Шулакова, студ.; рук. В.Л. Максимкин, к. т. н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ПОСТОЯННОГО МАГНИТА НА ПАРАМЕТРЫ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В настоящее время большую актуальность приобретает вопрос проектирования синхронного двигателя на постоянных магнитах. Ключевым преимуществом таких двигателей является то, что, в отличие от классической конструкции с обмоткой возбуждения, поле возбуждения создается постоянными магнитами, что позволяет уменьшить потери, а, следовательно, повысить КПД машины [1].

С развитием промышленности стало возможно производить постоянные магниты с более высокой удельной энергией, а также с большей способностью к сопротивлению размагничиванию, что дало возможность более широко использовать их в электрических машинах. Особенностью проектирования подобных машин является электромагнитный расчет, а именно этап построения рабочей диаграммы магнита, которая устанавливает связь между основными параметрами самого магнита, внешней цепью и полем реакции якоря [2].

Постоянные магниты характеризуются петлей гистерезиса $B=f(H)$, но для оценки качества постоянного магнита основное значение имеет часть характеристики во втором квадранте, определяющая зависимость между индукцией в материале и напряженностью размагничивающего поля, называемая кривой размагничивания, рис.1.

Постоянные магниты характеризуются рядом параметров:

1. Индукция магнитного насыщения B_s и, соответствующая ей, напряженность H_s ;
2. Остаточная индукция B_r – значение индукции при уменьшении напряженности до нуля;

3. Коэрцитивная сила H_c , которая определяет напряженность внешнего магнитного поля, необходимую приложить к магниту, чтобы снизить индукцию в нем до нуля; различают два значения коэрцитивной силы: по индукции H_{cB} и по намагниченности H_{cM} ;
4. Магнитная проницаемость магнита μ_a ;
5. Коэффициент возврата ρ ;
6. Максимальная удельная энергия $W_{max}=B_d H_d$;
7. Коэффициент формы кривой размагничивания (коэффициент выпуклости) γ .

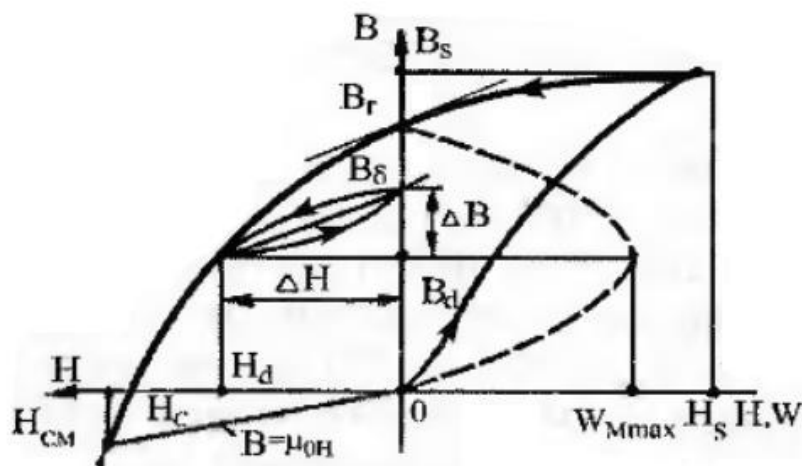


Рисунок 1. Кривая размагничивания постоянного магнита

На этапе проектирования важно определиться с материалом магнитов, удовлетворяющим различным требованиям, предъявляемым к электродвигателям, а именно, выходным параметрам, стоимости и т.д.

При проектировании электрических машин наиболее распространенными материалами для постоянных магнитов являются сплавы альни, альнико, ферритовые и интерметаллические соединения на основе редкоземельных элементов и кобальта [3].

Для определения влияния различных материалов постоянных магнитов на параметры синхронного двигателя рассмотрим магниты марки НмБ 150/270 на основе железа, неодима и бора и марки КС37А на основе сплава кобальта с редкоземельным металлом, основные параметры которых указаны в табл. 1.

Таблица 1. Параметры магнитотвердых материалов

Марка материала	B_r , Тл	H_c , кА/м	W_{Mmax} , Дж/м ³	μ_0	Стоимость на единицу объема, руб.
НмБ 150/270	0.94-0.98	680-700	150-170	1.05-1.1	7.07
КС37А	0.82	560	130	1.05	2.65

Технические данные исследуемой электрической машины указаны в табл.

2.

Таблица 2. Технические данные исследуемого синхронного двигателя с постоянными магнитами

Мощность P_2 , кВт	36.6
Напряжение $U_{ном}$, В	330.2
Частота вращения, об/мин	7000
Частота сети f_1 , Гц	233.33
Число пар полюсов $2p$	4
Коэффициент мощности $\cos\varphi$	0.9

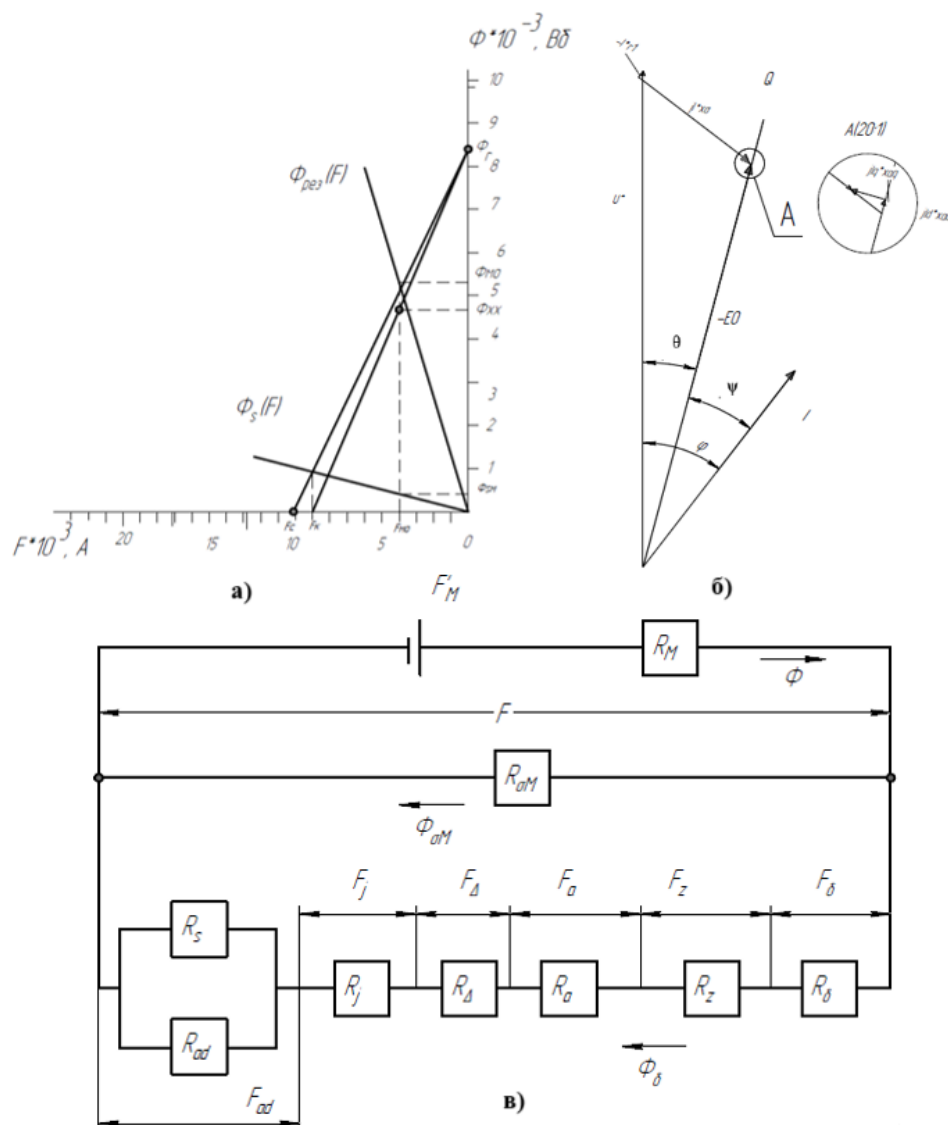


Рисунок 2. К расчету магнитной цепи синхронного двигателя с постоянными магнитами: а) энергетическая диаграмма постоянного магнита, б) векторная диаграмма для опережающего тока, в) схема замещения магнитной цепи по продольной оси на один полюс, где F – МДС магнита ротора, F'_M – условная МДС магнита ротора; Φ , $\Phi_{\sigma M}$, Φ_{δ} – магнитные потоки (общий, рассеяния магнита, воздушного зазора); R_M , $R_{\sigma M}$, R_{δ} , R_S , R_Z , R_j , R_a , R_{δ} – магнитные сопротивления (магнита, рассеяния магнита, воздушного зазора, рассеяния обмотки якоря, зубцов якоря, втулки ротора, спинки статора, воздушного зазора в стыке магнитов и втулки ротора)

Расчет двигателя проводился по следующему алгоритму:

1. Выбор главных размеров;
2. Определение размеров магнитопровода и обмотки статора;
3. Определение размеров воздушного зазора, ротора, постоянных магнитов;
4. Расчет магнитной цепи, построение рабочей диаграммы постоянного магнита;
5. Расчет потерь и определение КПД;
6. Расчет и построение характеристик двигателя.

Как было указано выше, особенностью расчета магнитной цепи синхронного двигателя с постоянными магнитами является использование диаграммы состояния магнита, (рис. 2, а) для определения рабочих характеристик, а также использование аналитических выражений и систем уравнений, полученных из векторной диаграммы, (рис. 2, б) и схемы замещения магнитной цепи двигателя, (рис. 2, в).

Для исследования влияния материала постоянного магнита на показатели исследуемого двигателя был проведен расчет магнитной цепи по указанному алгоритму. Результаты расчетов приведены в таблице 3. Для наглядности за базовые значения приведенных параметров приняты параметры двигателя при использовании для магнитов материала НмБ 150/270.

Таблица 3. Результаты расчетов

Марка материала	V_M^*	X_d^*	X_q^*	Φ_{sm}^*	Φ_{MO}^*	F_{MO}^*	η^*	Стоимость*
НмБ 150/270	1	1	1	1	1	1	1	1
КС37А	1.43	0.82	1.004	2	1.075	1.075	0.995	0.54

В табл.3 представлены следующие параметры:

V_M - объем магнита, X_d - синхронное индуктивное сопротивление обмотки статора по продольной оси, X_q - синхронное индуктивное сопротивление обмотки статора по поперечной оси, Φ_{sm} – магнитный поток рассеяния магнита, Φ_{MO} – магнитный поток магнита на два полюса, F_{MO} – МДС магнита на два полюса, η – коэффициент полезного действия.

Также для каждого заданного материала постоянных магнитов была построена энергетическая диаграмма и определена рабочая точка холостого хода (K_1 и K_2) (рис. 3).

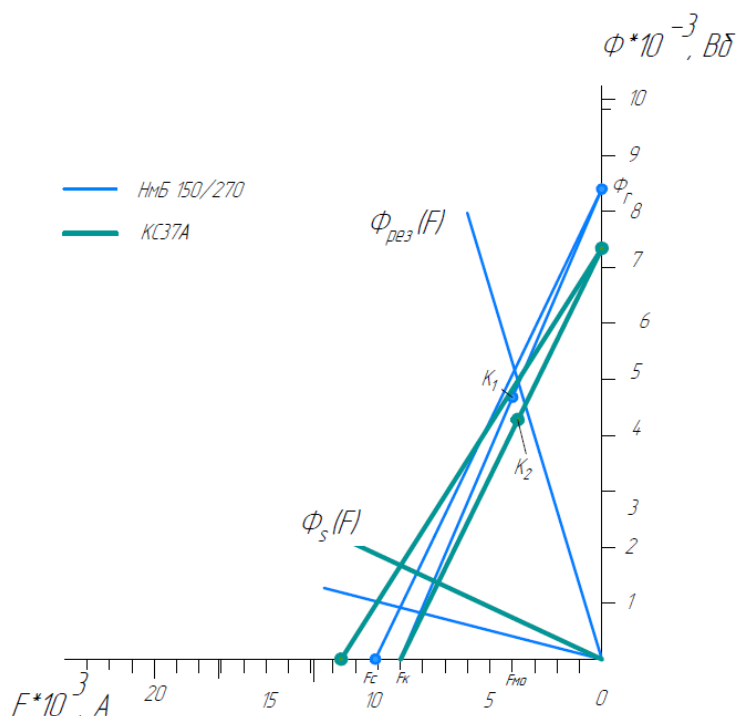


Рисунок 3. Энергетическая диаграмма постоянных магнитов для исследуемых материалов

По результатам исследования, приведенным в табл.3, можно сделать следующие выводы:

- использование материала, изготовленного на основе неодима, железа и бора, позволяет получить меньший объем магнита для двигателей на одну и ту же мощность, что уменьшит расход активных материалов;
- за счет более низкого значения потока рассеяния рабочая точка на диаграмме магнита (рис.3) сдвигается в зону больших потоков и МДС, что дает возможность получать необходимую мощность при меньшем размагничивании, а также использовать данный магнит в более мощных двигателях. В среднем магниты марки НмБ 150/270 мощнее магнитов марки КС37А на 19,8%

При использовании постоянного магнита из материала, изготовленного на основе сплава кобальта с редкоземельным металлом, увеличивается потребляемая мощность и, следовательно, уменьшается КПД на 0.5%, но стоимость магнитов меньше.

Таким образом, каждый рассмотренный материал имеет свои преимущества и недостатки, что дает возможность использовать их в зависимости от поставленных задач при проектировании и эксплуатации синхронных двигателей с постоянными магнитами.

Список литературы

1. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. – Изд. дом МЭИ, 2006.
2. Балагуров В. А., Галтеев Ф. Ф., Ларионов А. Н. Электрические машины с постоянными магнитами. – Энергия, 1964.
3. Балагуров В. А., Галтеев Ф. Ф. Электрические генераторы с постоянными магнитами. /-Москва: Энергоатомиздат. – 1988.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ

Асинхронные электродвигатели составляют основу большинства промышленных процессов. Их надежность напрямую влияет на бесперебойность производства, однако длительная эксплуатация в условиях перегрузок, загрязнения или износа компонентов приводит к выходу электродвигателя из строя. Для предотвращения остановок производства необходимо диагностировать эксплуатационные дефекты машины еще до выхода ее из строя. Для выявления неисправностей асинхронных машин существует несколько методик. Целью данной статьи является выявление наиболее подходящего способа раннего диагностирования неисправностей асинхронного электродвигателя в условиях бесперебойного производства.

Существует некоторая классификация методик для диагностирования неисправностей асинхронной машины: механические, электрические и тепловые. [4] Также выделяют разновидность электрических методов и классифицируют ее как «Современные методы».

К одному из наиболее точных механических методов относят *вибрационную диагностику* [4] – метод оценки технического состояния двигателя путем измерения и анализа вибраций. Этот метод позволяет выявить дефекты, такие как дисбаланс, несоосность, повреждение подшипников. Для проведения такого рода диагностики на корпус двигателя вблизи подшипниковых узлов крепятся акселерометры (датчики вибрации) в трех направлениях: вертикальном, горизонтальном и осевом. Производится запуск мотора и выход на его рабочую частоту вращения. Далее проводится частотный анализ спектра вибраций и общего уровня вибраций.

К электрическим методам относят *измерение сопротивления изоляции и анализ токов статора*. [4]

Для измерения сопротивления изоляции мегомметром проверяют целостность изоляции обмоток. Низкое сопротивление указывает на пробой, увлажнение или старение изоляции. Критический минимум – 1 МОм для напряжений до 1000 В.

Анализ токов статора подразумевает диагностику неисправностей двигателя путем измерения и анализа токов, потребляемых статором. На каждую из фаз статора поочередно устанавливаются токовые клещи и записывается сигнал тока в течение определенного времени. Далее сигнал преобразуется из временной области в частотную с помощью преобразования Фурье (FFT). Полученный спектр сравнивают с эталонным (для исправного двигателя). Метод выявляет такие неисправности, как: обрыв стержней ротора, дисбаланс ротора и несоосность, повреждение подшипников, эксцентриситет ротора, проблемы с питающей сетью.

Тепловизионный контроль [2] можно отнести как к тепловым методам, так и к электрическим. Данный метод подразумевает использование инфракрасной камеры для определения участков локального перегрева. Перегрев узлов электродвигателя может сигнализировать о достаточно широком спектре неисправностей. Преимуществами данного метода перед приведенными ранее являются бесконтактность (не требует внешнего вмешательства в конструктив и питание электродвигателя), а также скорость выявления неисправности.

Тепловизор – это устройство, преобразующее тепловое излучение объекта в видимое изображение (термограмму). Каждый пиксель термограммы соответствует определенной температуре, что позволяет:

1. Выявлять локальные перегревы (например, в подшипниках или обмотках).
2. Оценивать равномерность нагрева корпуса и статора.
3. Контролировать эффективность охлаждения (радиаторы, вентиляционные каналы).

Физическая основа метода:

- Все объекты с температурой выше абсолютного нуля (-273°C) излучают инфракрасные волны.
- Интенсивность излучения зависит от температуры и коэффициента эмиссии материала.
- Современные тепловизоры имеют точность до $\pm 1^{\circ}\text{C}$ и разрешение до 0.03°C .

Этапы проведения измерений [3]:

- Подготовка оборудования:
 - калибровка тепловизора с учетом коэффициента эмиссии поверхности двигателя (для металлов – ~ 0.9 , для окрашенных поверхностей – ~ 0.95);
 - установка параметров: диапазон температур, цветовая палитра.
- Условия съемки:
 - двигатель должен работать под нагрузкой не менее 30 минут для выхода на стабильный тепловой режим.
 - исключение помех: прямые солнечные лучи, отражения от других нагретых объектов.
- Анализ термограмм:
 - сравнение температурных зон (например, разница между фазами не должна превышать 5°C);
 - выявление аномалий:
 1. подшипники: перегрев указывает на износ или недостаток смазки;
 2. обмотки статора: неравномерный нагрев – признак межвитковых замыканий;
 3. клеммная коробка: горячие точки свидетельствуют о плохих контактах.

Таблица 1. Типовые дефекты, выявляемые тепловизионным методом [1]

Дефект	Термическая картина	Критическая температура
Износ подшипников	Локальный нагрев в зоне установки подшипника	$>80^{\circ}\text{C}$ (для класса изоляции В)
Межвитковое замыкание	Перегрев одной из катушек статора	ΔT между фазами $>10^{\circ}\text{C}$
Засорение вентиляции	Повышенная температура по всему корпусу	Зависит от модели двигателя
Ослабление контактов	Точечные "горячие" зоны в клеммной коробке	$>60^{\circ}\text{C}$ в месте соединения

К преимуществам методики можно отнести:

- Бесконтактность: измерения проводятся на расстоянии, без остановки оборудования;
- Скорость: сканирование занимает несколько минут.
- Наглядность: термограммы легко интерпретировать даже неспециалистам.

Ограничения:

- Не выявляет внутренние дефекты (например, трещины в роторе).
- Точность зависит от правильности настройки коэффициента эмиссии.
- Требуется оператор с опытом для исключения ложных срабатываний.

В статье был проведен сравнительный анализ методик и выявлен оптимальный способ диагностирования неисправностей на ранней стадии их проявления. Тепловизионный контроль — это эффективный инструмент для диагностики асинхронных электродвигателей, позволяющий бесконтактно выявлять дефекты на ранней стадии. В дальнейшем данный метод можно использовать в сочетании с вибродиагностикой и анализом токов, формируя комплексный подход к обслуживанию асинхронных электродвигателей для более глубокого диагностирования неисправной машины.

Список литературы

1. ГОСТ Р 54852-2011. Контроль неразрушающий тепловой.
2. Кузнецов А.В. Инфракрасная диагностика в электроэнергетике. — М.: Энергоатомиздат, 2018.
3. FLIR Systems. Руководство по тепловизионному обследованию электрооборудования. 2022.
4. Журавлев В.Ф., Климов Д.М. *Методы контроля технического состояния роторных машин* (2019).

СЕКЦИЯ 3 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

*К.П. Аскаленок, студ.: рук. И.А. Кабанова, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОЦЕНКА ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ СУШИЛЬНЫХ АГЕНТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Оценка теплотворной способности сушильных агентов имеет высокую актуальность для проведения процесса сушки, она способствует повышению эффективности процесса, снижает экологическое воздействие и обеспечивает устойчивость развития энергетической системы.

В таких отраслях, как энергетика, металлургия и производство цемента, вычисление процессов сгорания твердых видов топлива играют ключевую роль в проектировании и эксплуатации котлов, печей и других установок. Это связано с необходимостью соблюдения экологических норм и стандартов, что требует точного моделирования процессов сжигания.

Поэтому целью данной работы является оценка эффективности процессов сжигания для достижения безопасности и минимизации вредного влияния на экологию.

Применение дымовых газов для сушки представляет собой эффективный и экологически чистый метод, который позволяет использовать тепло при сжигании топлива, для сушки различных материалов (древесина, зерно и т.д.). Данный подход обладает рядом достоинств и находит применение в различных сферах деятельности, таких как энергетика, деревообработка и аграрный сектор.

Сушка продуктами сгорания обладает следующими достоинствами:

- возможность достижения высоких температур;
- удобство использования установок;
- экономичность использования;
- многофункциональность использования в различных отраслях промышленности.

Но несмотря на это можно выделить такие недостатки как:

- продукты сгорания содержат вредные вещества (угарный газ, сажа и т.д.), которые могут попадать в высушиваемый материал;
- неправильное использование топочных газов может привести к пожарам или взрывам;
- наличие специализированного оборудования;
- сжигание топочных газов может приводить к загрязнению окружающей среды.

После сгорания, полученные топочные газы разбавляются атмосферным воздухом в камерах смешения до достижения необходимой температуры для сушки.

Основными видами топлива являются:

- газообразное - состав этого топлива разнообразен, типичными компонентами являются углеводородистые соединения, такие как метан, этан, пропан, бутан, а также оксид углерода и газы (водород, азот, кислород);
- жидкое и твердое топливо – включает такие химические вещества как углерод, водород, кислород, а также азот, серу, воду и золу.

Выполним расчет процесса горения твердого топлива. Используем для расчета каменный уголь с разной влажностью. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Элементарный химический состав каменного угля

	C ^p	H ^p	N ^p	O ^p	S ^p	A ^p	W ^p	Σ
1	46,17	3,83	0,72	12,77	1,13	35,38	0	100
2	21,70	1,80	0,34	6,00	0,53	16,63	53	100
3	12,00	1,00	0,19	3,32	0,29	9,20	74	100

Основные расчетные зависимости представлены ниже.

Теплоту сгорания (кДж/кг) топлива определяют по следующим формулам:

- высшую:

$$Q_{\text{в}}^p = 339,4C^p + 1257H^p - 108,9(O^p - S^p) \quad (1)$$

- низшую:

$$Q_{\text{н}}^p = Q_{\text{в}}^p - 25,1(9H^p + W^p) \quad (2)$$

Количество воздуха, необходимое для полного окисления топлива при отсутствии избытка кислорода (кг сухого воздуха/кг топлива):

$$L_0 = 0,115C^p + 0,345H^p - 0,043(O^p - S^p) \quad (3)$$

Масса всех компонентов (для твердого и жидкого топлива), за исключением водяных паров (кг сухих газов/кг топлива):

$$G_{\text{с.г}} = 1 + \alpha L_0 - \frac{A^p + 9H^p + W^p}{100}, \quad (4)$$

где α – показатель избыточности воздуха, оцениваемый при текущей температуре газов t_r .

Масса водяных паров (кг водяных паров/кг топлива), образующихся при сгорании водорода:

$$G_{\text{п}} = \frac{9H^p + W^p}{100} + \alpha L_0 x_0, \quad (5)$$

где x_0 – количество влаги, присутствующей в атмосферном воздухе, кг/кг.

Содержание влаги в топочных газах (кг водяных паров/кг сухих газов):

$$x = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{с.г}}} \quad (6)$$

Для заданной температуры газов t_r коэффициент избытка воздуха можно рассчитать по формуле [1]:

$$\alpha = \frac{\left[Q_{\text{в}}^p \eta_{\text{т}} + c_{\text{т}} t_{\text{т}} - \left(1 - \frac{9H^p + W^p + A^p}{100} \right) c_{\text{с.г}} t_r - \frac{9H^p + W^p}{100} I_{\text{п}} \right]}{[L_0(c_{\text{с.г}} t_r + I_{\text{п}} x_0 - I_0)]}, \quad (7)$$

где η_T – коэффициент полезного действия топки; c_T – теплоемкость твердого топлива, кДж/(кг $^{\circ}$ С), определяется по формуле:

$$c_T = c_c \frac{100 - W^p}{100} + c_{ж} \frac{W^p}{100}, \quad (8)$$

где c_c , $c_{ж}$ – теплоемкость абсолютно сухого топлива и жидкости (воды), кДж/(кг $^{\circ}$ С).

t_T – температура топлива, $^{\circ}$ С; $c_{с.г}$ – теплоемкость сухих топочных газов, кДж/кг $^{\circ}$ С, определяется по формуле:

$$c_{с.г} = \frac{c_{CO_2} G_{CO_2} + c_{SO_2} G_{SO_2} + c_{N_2} G_{N_2} + c_{O_2} G_{O_2}}{G_{с.г}} \quad (9)$$

t_T – температура газов, $^{\circ}$ С; I_p – энтальпия пара при температуре газов t_T , кДж/кг, определяется по формуле:

$$I_p = 2493 + 1,97t_T \quad (10)$$

I_0 – энтальпия атмосферного воздуха, кДж/кг, определяется по формуле:

$$I_0 = (1,01 + 1,97x_0)t_0 + 2493x_0, \quad (11)$$

где t_0 – температура атмосферного воздуха, $^{\circ}$ С.

Энтальпия топочных газов (кДж/кг сухих газов), образующихся при сжигании топлива [1]:

$$I_{т.г} = \frac{Q_p^p \eta_T + c_T t_T + \alpha L_0 I_0}{G_{с.г}} \quad (12)$$

Количественный состав топлива (кг/кг топлива) (для твердого и жидкого топлива):

$$G_{CO_2} = 0,0367C^p \quad (13)$$

$$G_{SO_2} = 0,02S^p \quad (14)$$

$$G_{N_2} = 0,768\alpha L_0 + 0,01N^p \quad (15)$$

$$G_{O_2} = 0,232(\alpha - 1)L_0 \quad (16)$$

Вычисленные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета горения твердого топлива

Параметр	При $W^p = 0$	При $W^p = 53$	При $W^p = 86$
Q_p^p , кДж/кг	19 216,81	9 031,90	4 996,37
Q_H^p , кДж/кг	18 351,62	7 294,96	2 914,02
L_0 , кг сухого воздуха/кг топлива	6,13	2,88	1,59
I_0 , кДж/(кг $^{\circ}$ С)	16,49	16,49	16,49
Состав сухих продуктов сгорания	$G_{CO_2} = 1,69$ кг/кг топлива; $G_{N_2} = 11,78$ кг/кг топлива; $G_{O_2} = 2,13$ кг/кг топлива	$G_{CO_2} = 0,80$ кг/кг топлива; $G_{N_2} = 5,54$ кг/кг топлива; $G_{O_2} = 1,00$ кг/кг топлива	$G_{CO_2} = 0,44$ кг/кг топлива; $G_{N_2} = 3,06$ кг/кг топлива; $G_{O_2} = 0,55$ кг/кг топлива
$G_{с.г}$, кг/кг топлива	19,31	6,59	1,55
$G_{п}$, кг/кг топлива	0,43	0,72	0,84

α	3,10	2,24	0,92
$x_{т.г.}$, кг водяных паров/кг сухих газов	0,0223	0,1095	0,5396
$I_{т.г.}$, кДж/кг	951,99	1 306,54	3 056,67

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при увеличении влажности топлива уменьшается его теплота сгорания, по сравнению с абсолютно сухим топливом состав сухих продуктов сгорания уменьшается, потери тепла с уходящими газами снижаются, с увеличением влажности топлива его теплосодержание увеличивается.

Можно сделать вывод, что оценка теплотворной способности сушильных агентов необходима для множества целей, связанных с эффективным использованием топлива. Рассмотренный расчет позволяет определить оптимальные условия для полного и эффективного сгорания топлива. Благодаря проведённому анализу, можно повысить эффективность использования топлива. Расчет помогает уменьшить тепловые потери и увеличить выход полезной энергии. Это ведет к экономии топлива и снижению затрат. А также немаловажно отметить такие положительные результаты, как уменьшение выделения загрязняющих веществ в процессе сушки, оптимизация работы топок и котлов, обеспечение безопасности. Расчеты помогают предотвратить аварийные ситуации, такие как взрывы, пожары, заклинивание оборудования и другие. Они позволяют определить предельные значения параметров процесса сжигания и разработать меры по их контролю и регулированию. Вместе с тем представляется возможным изучить различные аспекты процесса горения, разработать новые технологии и улучшать существующие.

В целом, оценка теплотворной способности сушильных агентов в энергетике является важным инструментом для обеспечения эффективного, безопасного и экологически чистого использования этого вида топлива.

Список литературы:

1. Акулич П.В. Конвективные сушильные установки: методы и примеры расчета : учебное пособие / П. В. Акулич, А. В. Акулич. – Минск : Вышэйшая школа, 2019. – 376 с. : ил.

*Е.Д. Быченков, студ; рук. И.А. Кабанова, к.т.н, доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

Актуальность темы микроклимата в помещениях очень важна, особенно в условиях современного мира, а именно увеличения времени, проводимого человеком в закрытых пространствах. Уровень влажности, температура, качество воздуха и освещение играют важную роль в предотвращении различных заболеваний, таких как аллергии, астма и другие дыхательные расстройства. В рабочих помещениях оптимальный микроклимат повышает продуктивности. Научные исследования показывают, что комфортные условия способствуют

улучшению концентрации и снижению утомляемости. Также это влияет на психологическое состояние людей. Приятная атмосфера может улучшить настроение, повысить творческую активность и снизить уровень стресса. Улучшение микроклимата может привести к снижению затрат на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха. Энергоэффективные технологии и материалы позволяют поддерживать комфортные условия при минимальных ресурсах. Изменение климата и погодных условий требуют от людей адаптации, в том числе и в пространстве, где они живут и работают. Современные технологии позволяют быстро реагировать на такие изменения, обеспечивая необходимый уровень комфорта. Внедрение экологических технологий и устойчивых практик в управление микроклиматом является важным шагом к улучшению качества жизни.

Таким образом, изучение и оптимизация микроклимата в помещениях являются не только важной технической задачей, но и социальной необходимостью для повышения качества жизни каждого человека.

В широком смысле микроклимат – это особенности климата на небольших пространствах, которые определяются рельефом местности (лес, равнина, берег, водоем, направление склона, степень защиты от ветра и т. п.)

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на самочувствие человека, психологическое состояние и работоспособность.

Главными параметрами микроклимата являются:

- внутренняя температура воздуха в помещении, значения которой зависят от категории помещения и определяются в соответствии с СанПиН [1] или требованиями технологических процессов.
- влажность воздуха, которая также непосредственно связана с категорией помещений и оценивает содержание водяного пара в воздухе и тесно связана с температурой.

Параметры оптимальной влажности воздуха в соответствии с СанПиН для жилых помещений составляет – 40-60% с возможностью отклонения в пределах допустимых значений [1].

Для обеспечения требуемых параметров микроклимата все помещения должны быть оборудованы системами естественной или механической вентиляции. При этом оборудование систем вентиляции позволяет очищать воздух от пыли, различных летучих соединений, обеспечивать противодымную защиту в случае чрезвычайных ситуаций.

Нормативы по уровню загрязнённости воздуха каждым типом загрязняющих веществ установлены санитарными правилами и нормами [1].

Влажность влияет на микроклимат, осложняя или облегчая теплообмен между организмом человека и экосистемой.

Высокая влажность (свыше 85%) затрудняет теплообмен с кожного покрова человека и может привести к перегреву организма. При низкой температуре и высокой влажности есть угроза сильного переохлаждения.

Недостаток влажности (ниже 20%) приводит к интенсивному испарению влаги и пересыханию дыхательных путей, что весьма негативно сказывается на самочувствии человека и его работоспособности.

Оптимальная влажность воздуха в соответствии с СанПиН [1] находится в диапазоне от 40 до 60% при характерных температурах 18-24 °С.

При строительстве зданий в условиях повышенной влажности рекомендуется:

1. Использовать материалы с повышенной влагостойкостью, предусматривая предварительную обработку специальными препаратами, линейка которых в настоящее время достаточно большая.
2. Предусмотреть установку специальных элементов в системе вентиляции для организации процессов осушки (или при необходимости увлажнения) воздуха.
3. В случае жестких технологических требований производственного процесса предусматривать проектирование системы кондиционирования воздуха.
4. Защитить фундамент. Для этого нужно использовать гидроизоляционные материалы и правильно устроить дренажные системы, чтобы предотвратить проникновение влаги из почвы.
5. Обеспечить надёжную гидроизоляцию кровли. Для этого используют качественные материалы и устанавливают дополнительную гидроизоляцию, чтобы предотвратить протечки и повреждение кровли.
6. Тщательно установить окна и двери. Для этого применяют влагостойкие материалы и герметичное крепление, чтобы предотвратить проникновение влаги через стыки.

К зданиям с повышенной влажностью относятся бани, сауны, бассейны, аквапарки, прачечные, пищевые производства и другие здания, где уровень влажности воздуха превышает 60%.

Рассмотрим одну из категорий зданий, отличающихся повышенной влажностью, - бассейны, которые относятся к категории общественных зданий спортивного назначения.

Конструктивно бассейн представляет собой сооружение, состоящее из одной или нескольких ванн, специальных помещений, необходимых для спортсменов, посетителей и зрителей. При этом влага испаряется не только с открытой чаши бассейна, но и дорожек, посадочных мест и самих посетителей.

В зависимости от категории бассейна (частные или бассейны общественные) изменяется баланс влаги, поступающий от разных источников.

По месту расположения бассейны разделяются на:

- открытые, расположенные на открытом воздухе и функционирующие только в летний сезон, либо круглогодично с подогревом воды в районах с мягким климатом;
- крытые с расположением ванны бассейна и служебных помещений внутри здания;

- комплексные, предусматривающие установку как крытых, так и открытых ванн;

- трансформирующиеся, в которых в зависимости от сезонных параметров может трансформировать ограждающие конструкции (покрытия, стен).

Характеризуя параметры микроклимата помещений плавательных бассейнов, необходимо в первую очередь отметить высокую относительную влажность воздуха, что приводит к конденсации водяных паров на холодных поверхностях. С учетом температуры ограждающих поверхностей помещений и охлаждения воздуха на них ниже точки росы происходит интенсивная конденсация водяных паров из влажного воздуха, что в итоге приводит к потере качества отделочных материалов, коррозии несущих конструкций и образованию плесени. Определенный дискомфорт возникает также при запотевании окон.

Предотвратить или снизить влияние негативных факторов микроклимата в бассейнах возможно только за счет установки систем кондиционирования воздуха или систем вентиляции с применением дополнительного оборудования, обеспечивающего осушку воздуха. Также требуется уделять внимание по обеспечению температуры ограждающих конструкций. Применение качественных теплоизоляционных материалов позволит уменьшить риски разрушения конструкций здания.

Для предотвращения избыточной влажности в бассейнах можно использовать следующие методы:

- Применение специального покрытия. Плавающее полиэтиленовое покрытие, которым накрывают бассейн на то время, когда он не используется. Это позволяет снизить влаговыведение в 1,5 раза, препятствует попаданию мусора и быстрому остыванию воды.

- Установка кондиционера с режимом осушения. Снижает не только влажность, но и температуру воздуха, из-за чего влага начинает испаряться более интенсивно. Однако кондиционер не может использоваться круглосуточно, в больших помещениях малоэффективен и не нужен зимой, когда нужно не охлаждать, а подогревать воздух.

- Устройство принудительной вентиляции. Достаточно дорогостоящий вариант для небольших бассейнов, который требует специального оборудования и дополнительных энергозатрат. Такой способ также неэффективен в сезон дождей и в зимнее время, так как будет подаваться с улицы воздух с высоким уровнем влажности.

- Применение осушителей воздуха. Специальные осушители для бассейнов удаляют избыток влаги из воздуха, постоянно контролируют уровень влажности и предотвращают образование конденсата. Оптимальным вариантом будет совместная работа осушителя и системы вентиляции.

Для снижения влажности до необходимого уровня и достижения наибольшего комфорта рационально использовать комбинированный подход с применением всех вышеперечисленных способов.

Для решения вопросов энергосбережения в системах кондиционирования бассейнов можно рассматривать следующие мероприятия:

- Установку рекуператора с промежуточным теплоносителем или двухконтурного рекуператора, что позволяет утилизировать теплоту удаляемого воздуха и предотвратить обмерзание системы в холодный период года.

- Применение тепловых насосов, которые также обеспечивают утилизацию теплоты вторичных низкопотенциальных ресурсов и повышают эффективность работы систем.

- Максимальное использование рециркуляции и регулируемой подачи наружного воздуха, что значительно может снижать затраты энергоресурсов на обработку воздуха и позволяет оптимизировать требуемый расход наружного воздуха и параметры оборудования подготовки и поддержания параметров микроклимата.

- При рассмотрении применения тепловых насосов максимально полно использовать получаемую в конденсаторе теплоту для обеспечения подогрева воды в чаше бассейна.

- Применение тепловых насосов позволяет рассмотреть возможность их применения для охлаждения воздуха в теплый период года. При этом тепловой насос работает в так называемом реверсивном режиме – режиме кондиционирования, обеспечивающем охлаждение воздуха в помещении.

- Применение энергоэффективного оборудования систем вентиляции и кондиционирования, номенклатура которого на современном этапе достаточно большая и разнообразная.

Таким образом, обеспечение оптимального микроклимата в помещениях с повышенной влажностью требует комплексного подхода, включающего проектирование, выбор материалов, и эксплуатацию оборудования.

Список литературы

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

*А.О. Журавлев, студ., рук. В.А. Галковский, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)»*

О РАСЧЕТЕ УДЕЛЬНОЙ ОТОПИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЙ

Удельная отопительная характеристика является одним из важнейших технико-экономических параметров жилых зданий, кроме того, что лучшая отопительная характеристика здания напрямую отражает энергетическую эффективность здания, тем самым повышает эффективность системы теплоснабжения в целом, но также удельная отопительная характеристика является одним из важнейших параметров, отражаемых в паспорте жилого здания и влияющих на его классность с точки зрения экономичности, что в том числе определяет различных льготы, предлагаемые застройщикам и эксплуатантам таких зданий. Соответственно точный расчет удельной энергетической характеристики является вопросом больших денег не только с точки зрения снижения эксплуатационных затрат, но и капитальных.

При этом в методике расчета удельной отопительной характеристики существуют некоторые расхождения, т.к. СП и нормативы требуют применения конкретной, в то время как управляющие компании используют упрощенную, по сути, устаревшую методику расчета и т.д. В этой работе рассмотрены различные методы расчета отопительной характеристики жилых зданий, а также приведено сравнение результатов расчета различными методиками с методикой, представленной в актуальной редакции СП 50 «Тепловая защита зданий», которую будем считать эталонной.

Во всех случаях расчеты велись для здания, компоновка и размеры которого характерна для Смоленской области, а именно трехэтажное здание габаритами 50х15 метров и наибольшей высотой по последнему этажу 9,5 м.

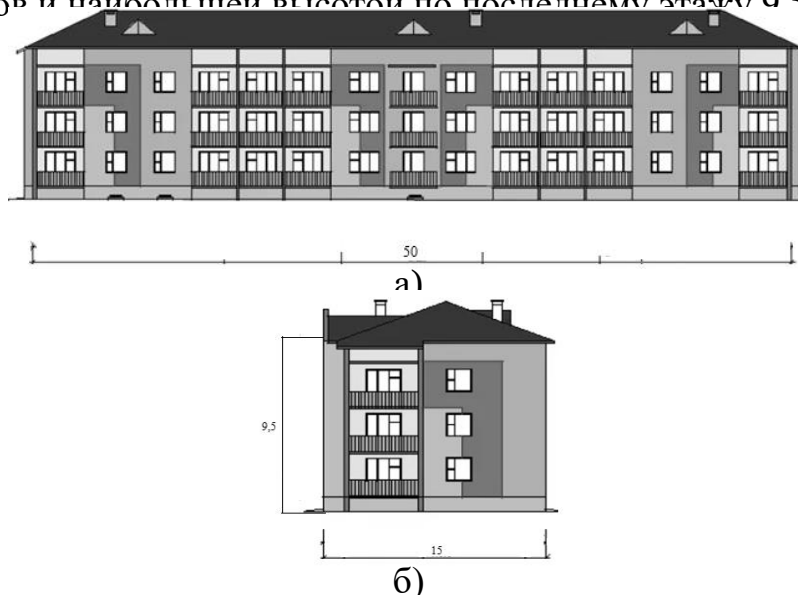


Рисунок 1. Расчетная схема здания: а). фронтальный фасад, б). торцевой фасад
Рассмотрим три методики расчета: учебную, упрощенную и нормативную.
Расчет удельных теплопотерь здания, используя учебную методику [2]:

$$q_o = \left(\frac{1}{R_o V} \right) (A_c \eta_{ок} + A_{п} (\eta_{пт} + \eta_{пл})),$$

$$q_o = \left(\frac{1}{2,99 \cdot 7125} \right) ((50 \cdot 9 \cdot 2 + 15 \cdot 9 \cdot 2)(1 + 0,15) + 750(0,6 + 0,8)) = 0,112$$

Тогда теплопотери через наружные ограждающие конструкции здания с учетом поправки на расчетную наружную температуру для г. Смоленска:

$$Q_T = q_o \beta_t V (t_B - t_H) = 0,112 \cdot \left(0,54 + \frac{22}{20 + 23} \right) \cdot 7125 \cdot (20 + 23) = 36085,56 \text{ Вт}$$

Расчет по упрощенной методике [1]:

$$q_{ov} = \frac{a}{\sqrt[6]{V}},$$

Где $a = 1,85 \text{ Дж}/(\text{м}^{2,5} \text{ с} \cdot \text{К})$.

$$q_{ov} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{7125}} = 0,253 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \text{К}}$$

Тогда теплопотери здания с учетом поправки на расчетную наружную температуру для г. Смоленска:

$$Q_T = q_{0v} \beta_t V (t_B - t_H) = 0,253 \cdot \left(0,54 + \frac{22}{20 + 23} \right) \cdot 7125 \cdot (20 + 23) = 81543 \text{ Вт.}$$

Расчет удельной характеристики расхода теплоты на отопление здания, в соответствии с СП 50.13330.2012:

$$q_{OT}^P = k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \beta_{КПИ},$$

В результате расчета получаем значение удельной отопительной характеристики здания, при этом параметром, оказывающим наибольшее влияние на значение отопительной характеристики, является вид системы регулирования отопления здания, в зависимости от значения которого была получена диаграмма (рисунок 1).



Рисунок 2. Зависимость удельной отопительной характеристики здания от способа регулирования в системе отопления здания прямоугольной планировки

Стоит так же отметить, что применение более эффективной системы автоматизации управления отоплением кроме повышения экономичности также повышает уровень комфорта населения, т.к. предотвращает «перетопы» и «недотопы» помещений, расположенных в различных местах здания на плане, что позволяет централизованной системе отопления в какой-то мере сравниться по уровню комфорта с системой отопления с индивидуальными котлами в каждой квартире.

На основании расчетов можно сделать выводы о том, что методика расчета, представленная в СП.50.13330.2012 наиболее полно отражает зависимость удельной отопительной характеристики здания от различных параметров, однако более простые методики расчета хоть и дают значительно завышенный результат, что в условиях современных тенденций к энергосбережению нежелательно, но тем не менее могут быть использованы для предварительного определения мощности источника теплоты для группы зданий. Значительные же отклонения упрощенной методики связаны с тем, что используемый в ней коэффициент α не обновлялся в течение длительного периода время, что также пока-

зывает нас на значительность перехода на энергосбережение в сфере тепло-снабжения.

Таблица 1. Мощность системы отопления здания.

Описание системы регулирования	$K_{\text{рег}}$	Q, Вт
система отопления без местных терморегуляторов и без авторегулирования на вводе	0,6	38281,56
система отопления без местных терморегуляторов и центральным авторегулированием на вводе	0,7	36673,09
система отопления без местных терморегуляторов и пофасадным авторегулированием	0,8	35064,62
система отопления с местными терморегуляторами и центральным авторегулированием на вводе	0,9	34099,54
система отопления с местными терморегуляторами и пофасадным авторегулированием на вводе	0,95	32491,07

Список литературы

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов // М.: Издательский дом МЭИ. – 2009.
2. Сканава А.И. Отопление. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство», специальности 290700/ Л.М. Махов. - М.: АСВ, 2002.- 576 с. : ил. ISBN 5-93093-161-5
3. Хрусталева Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Дипломное проектирование – М.: Изд-во АСВ. – 2008.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий
5. СП 131.13330.2020 СНиП 23-01-99* Строительная климатология
6. СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные

*А.Е. Куликов, студ.; И.А. Кабанова, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В настоящее время каждый из нас является свидетелем непрерывного роста цен природные ресурсы, что в свою очередь связано с ограниченностью большинства из них, а также постоянно увеличивающимся населением нашей планеты. Исходя из этого, одной из важных проблем на сегодняшний день является оптимальное применение природных ресурсов. Решением данной проблемы способно выступить усовершенствование действующих схем предприятий с использованием современных научных подходов и технологий. Существенный минус этих схем заключается в тепловых потерях со вторичными энергоресурсами. Поэтому одним из вариантов модернизации может выступить комплексное использование вторичных энергоресурсов, которое позволит увеличить энергоэффективность схемы в целом и, как следствие, сократить расход энергоресурсов [1].

Вторичные энергоресурсы (ВЭР) представляют собой энергопотенциал, аккумулированный в промежуточных, побочных продуктах, а также производственных отходах. Содержащийся в данных продуктах энергопотенциал возможно частично или полностью использовать для последующего энергообеспе-

чения как исходной технологической установки, так и иных производственных комплексов.

Рассмотрим вариант комплексного использования вторичных энергоресурсов на примере Ливанского опытного биохимического завода.

В схеме данного промышленного предприятия основными источниками вторичных энергоресурсов являются дымовые газы котельной, горячий воздух, охлаждающая вода и вторичный пар технологического оборудования. Схемой использования вторичных энергоресурсов предусматривается нагрев воды для подогрева поступающего в котлоагрегат воздуха, нужд воздушного отопления, вентиляции завода и системы горячего водоснабжения (ГВС) [3].

Так значительную часть теплоты всех вторичных энергоресурсов предприятия несут в себе дымовые газы, выходящие из теплогенерирующей установки. Данная теплота при помощи утилизатора передаётся к нагреваемой воде, тем самым генерируя новые потоки ВЭР, используемые на следующие нужды:

- подпитка системы ГВС;
- подогрев поступающего в теплогенерирующую установку воздуха;
- подогрев воды, поступающей в деаэратор.

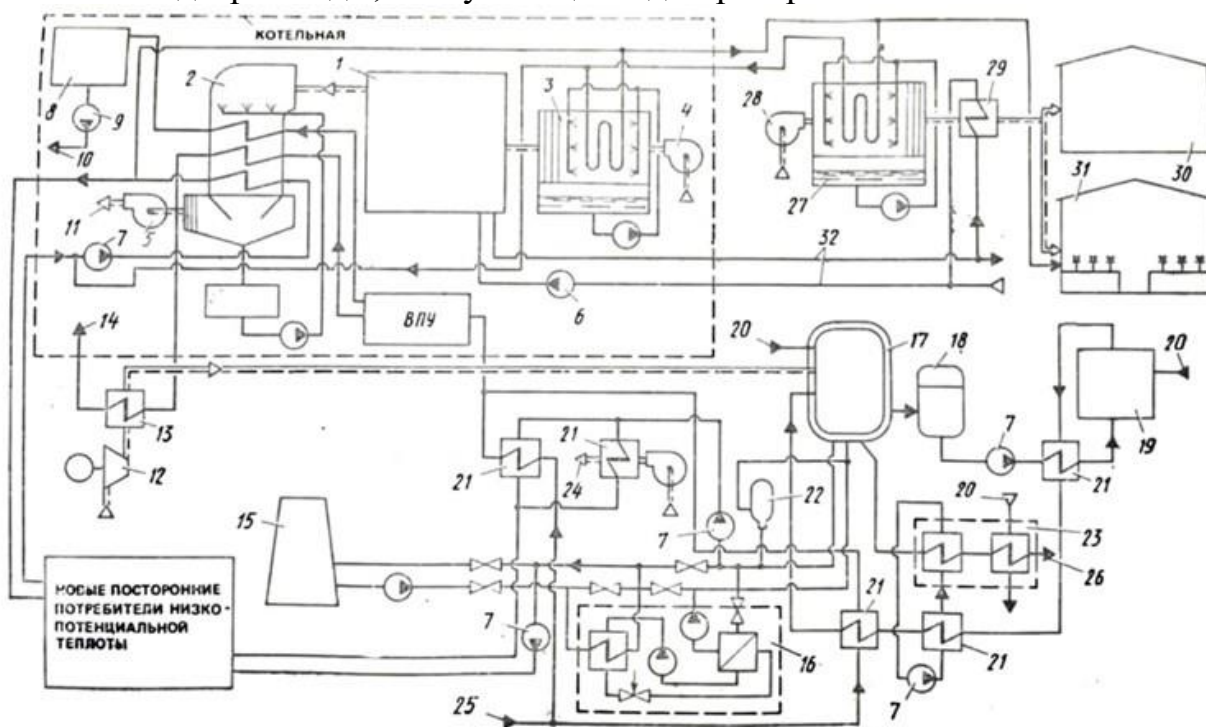


Рисунок 1 - Предприятие с комплексной утилизацией ВЭР:

1 – котельный агрегат; 2 – КТАН-утилизатор; 3 – КТАН-воздухоподогреватель дутьевого воздуха; 4 – вентилятор дутьевой; 5 – дымосос; 6 – насос сетевой; 7 – насос; 8 – бак аккумулирующий; 9 – сетевой насос; 10 – вода в систему ГВС; 11 – дымовые газы; 12 – компрессор; 13 – охладитель воздуха; 14 – химически очищенная вода в деаэратор; 15 – градирня; 16 – холодильная машина; 17 – ферментатор; 18 – реактор; 19 – установка стерилизации; 20 – пар; 21 – теплообменное оборудование; 22 – конденсатор выпарного аппарата; 23 – пастеризатор; 24 – воздух в сушильной камере; 25 – сырая вода; 26 – культурная жидкость на выпаривание; 27 – КТАН-воздухоподогреватель систем вентиляции и отопления; 28 – дутьевой вентилятор; 29 – калорифер; 30 – отапливаемые помещения; 31 – теплица; 32 – тепловая сеть.

Более подробно рассмотрим схемы использования вторичных энергоресурсов для подогрева воздуха, подаваемого в котлоагрегат, и подпитки системы ГВС.

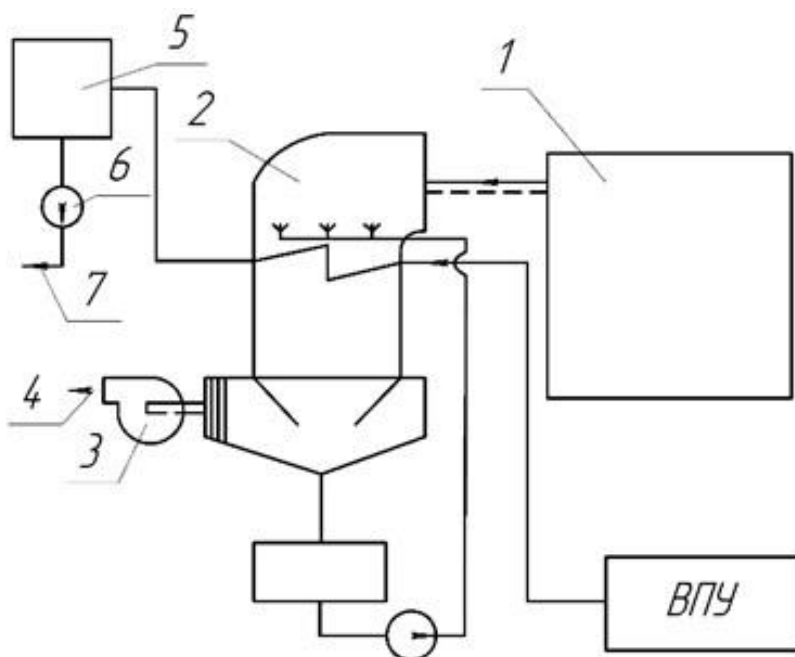


Рисунок 2 – Применение вторичных энергоресурсов для подпитки сети ГВС:

1 – котлоагрегат; 2 – КТАН-утилизатор; 3 – дымосос; 4 – дымовые газы; 5 – аккумулирующий бак; 6 – сетевой насос; 7 – вода в систему ГВС; ВПУ – водоподготовительная установка.

В роли вторичного энергоресурса в данной схеме выступают продукты сгорания, поступающие из теплогенерирующей установки в утилизатор. В нём они отдают своё тепло путём охлаждения и частичной конденсации поступающей из водоподготовительной установки воде. Получившая тепло вода направляется в аккумулирующий бак, а после в систему ГВС. Отдавший тепло вторичный энергоресурс удаляется при помощи дымососа 3 [2].

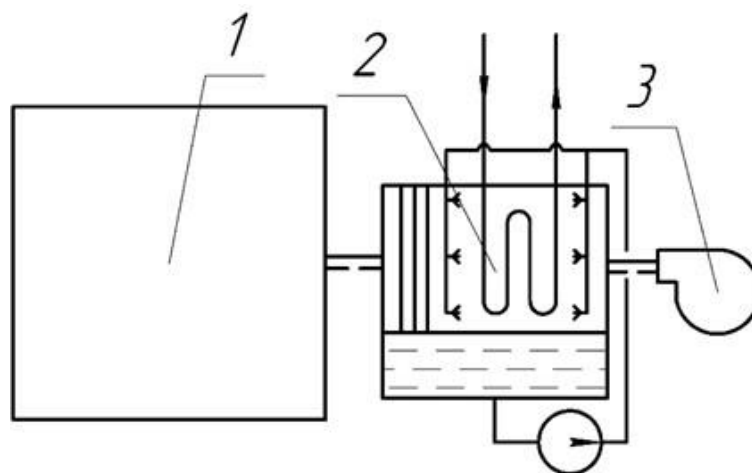


Рисунок 3 – Схема использования ВЭР для подогрева дутьевого воздуха:

1 – котлоагрегат; 2 – КТАН-воздухоподогреватель; 3 – дутьевой вентилятор.

В данной схеме в качестве вторичного энергоресурса выступает вода, подогретая дымовыми газами из котлоагрегата 1. Данная вода подаётся в КТАН-воздухоподогреватель 2, где отдаёт теплоту к нагреваемому воздуху, подающемуся в котлоагрегат 1 при помощи дутьевого вентилятора 3 [3].

Таким образом, важно отметить, что комплексное применение ВЭР в приведённом примере позволяет существенно повысить энергоэффективность промышленной схемы в целом и, как следствие, снизить затраты энергоресурсов, что является очень важной задачей в нынешних реалиях.

Однако не стоит забывать, что такого рода модернизация приводит к дополнительным капиталовложениям и снижению надёжности схемы, поэтому для внедрения комплексного использования ВЭР требуется:

- произвести анализ потенциала энергосбережения;
- выполнить технико-экономический расчёт;
- разработать план внедрения ВЭР;
- предусмотреть меры по минимизации рисков.

Несмотря на представленные нюансы, экономический эффект от комплексного использования вторичных энергоресурсов превышает затраты на внедрение, особенно в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. - Ульяновск: УлГТУ, 2000.-139 с.
2. Современные тенденции развития техники и технологий электроэнергетических систем; учебник / под ред. Ю.В. Шарова. - М.: Издательство МЭИ, 2018. - 408 с.
3. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. пособие/Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титов и др.; Под ред. Л. Д. Богуславского и В. И. Ливчака. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.: ил.
4. Энергосбережение в теплоэнергетике и тепло-технологиях: учебник А.Б. Горяев, И.В. Яковлев, А.В. Клименко и др.: под ред. А.В. Клименко. - 4-с изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2021. - 504 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Система отопления – это совокупность технических элементов, предназначенных для компенсации температурных потерь через внешние ограждающие конструкции, посредством получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты [2].

Схемы систем отопления существенно видоизменялись, причем общим явлением в России было вытеснение ранее широко распространенных двухтрубных систем однотрубными [1]. В этой статье рассмотрены наиболее распространенные типы систем отопления.

Вертикальная система отопления – сеть обогрева, у которой подключение радиаторов осуществляется к вертикальным стоякам. Основным недостатком вертикальной разводки является необходимость строгой позиционной привязки отопительных приборов, что может ограничивать гибкость в их размещении на разных этажах. В зависимости от конструкции выделяют однотрубную и двухтрубную системы.

Однотрубная система отопления характеризуется циркуляцией теплоносителя по замкнутому контуру. В этой системе радиаторы подключаются последовательно, что приводит к значительной разнице в нагреве между первым и последним радиатором. Схемы вертикальных однотрубных систем представлены на рисунке 1.

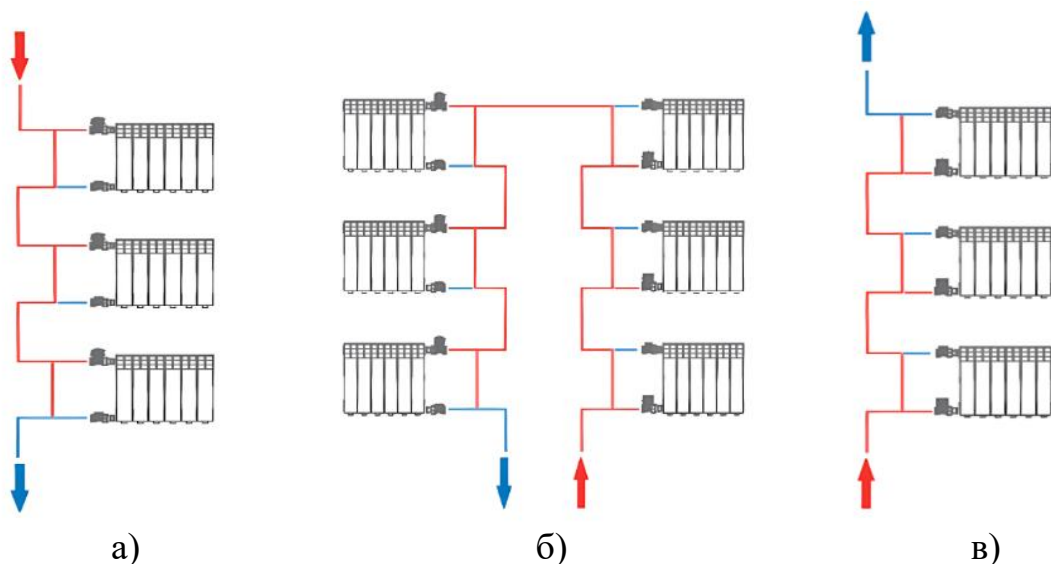
По способу подачи теплоносителя различают следующие вертикальные однотрубные системы отопления:

- с верхней разводкой;
- с нижней разводкой;
- с опрокинутой разводкой.

Система с верхним розливом и нижней прокладкой обратной магистрали получила широкое распространение в начале 1950-х годов. В настоящее время она используется в зданиях с высокой этажностью (четыре и более) и является одной из самых распространенных систем отопления.

Система с нижним расположением обеих магистралей начала применяться с начала 1960-х годов. Связано это с массовой застройкой бесчердачных зданий. В настоящее время эта система активно используется в зданиях, имеющих техническое подполье или подвал.

Система с опрокинутой циркуляцией воды позволяет обеспечить равномерный тепловой режим во всех помещениях и устанавливать приборы с одинаковой площадью по высоте здания.



а)

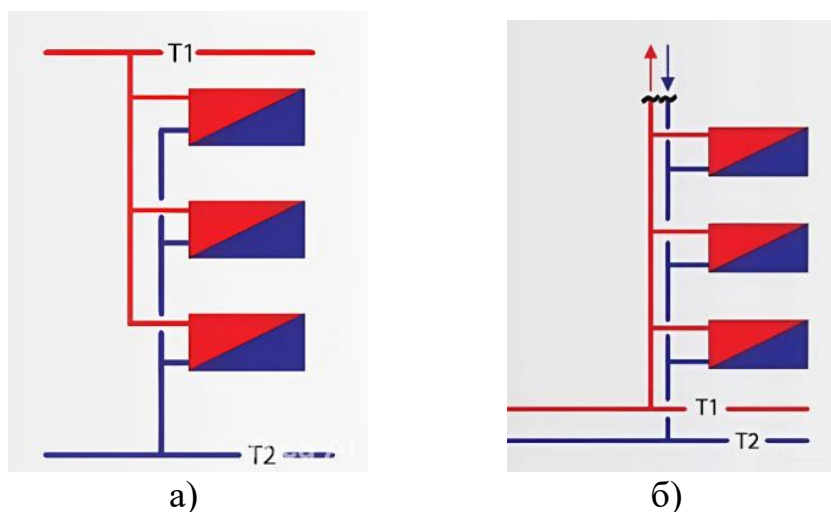
б)

в)

Рисунок 1 – Вертикальные однотрубные системы:

а) – с верхней разводкой; б) – с нижней разводкой; в) – с опрокинутой разводкой

В вертикальной двухтрубной системе для подачи теплоносителя используются две магистрали. Первая необходима для подачи теплоносителя, а вторая используется для отвода остывшей среды. Это позволяет каждому радиатору получать тепло независимо от друг друга. Такая система требует увеличенной протяженности труб, что делает её более дорогой по сравнению с однотрубной системой [1]. Схемы вертикальных двухтрубных систем представлены на рисунке 2.



а)

б)

Рисунок 2 – Вертикальные двухтрубные системы:

а) – с верхней разводкой; б) – с нижней разводкой

По способу подачи теплоносителя различают следующие вертикальные двухтрубные системы отопления:

- с верхней разводкой;
- с нижней разводкой.

На данный момент двухтрубная система практически не применяется. Система с верхней разводкой, в большинстве случаев, использовалась при естественной циркуляции воды. При насосной циркуляции такая система чаще всего применялась в зданиях малой этажности. Связано это с тем, что установка насоса позволяет более эффективно распределять тепло по всем помещениям.

Система с нижней разводкой используется чаще, особенно в зданиях с большой этажностью. Связано это с ее преимуществами, такими как высокая вертикальная гидравлическая и тепловая устойчивость и меньший расход труб. Нижняя разводка более эффективно распределяет тепло по этажам [2].

В горизонтальной системе отопления радиаторы подключаются к горизонтально расположенным трубопроводам. Характеризуется эта система протяженными магистралями и частичным отсутствием вертикальных стояков. Система применяется в домах с различной планировкой и разной этажности. Наибольшее распространение горизонтальные системы получили в связи с увеличением длины зданий [2]. Схемы горизонтальных систем представлены на рисунке 3.

По варианту подачи теплоносителя различают следующие горизонтальные системы отопления:

- однотрубные системы;
- двухтрубные системы.

При использовании однотрубной системы предусматривается последовательное включение всех радиаторов в системе отопления. Теплоноситель по трубопроводу поочередно проходит через каждый отопительный прибор, при этом его температура постепенно снижается. Для достижения необходимой теплоотдачи, каждая следующая батарея на пути теплоносителя увеличивается по площади [3].

В двухтрубной системе каждая батарея подключена параллельно, что позволяет регулировать поток теплоносителя к каждой из них отдельно, в том числе с использованием автоматических систем. Однако двухтрубная система является более сложной и требует прокладки большего количества труб, что увеличивает ее стоимость. Кроме того, наличие дополнительных труб усложняет монтаж скрытой проводки, что также стоит учитывать при проектировании системы [3].

На данный момент существует множество горизонтальных двухтрубных систем с различными вариантами разводки (тупиковая, с попутным движением теплоносителя и т.д.). Наиболее распространенной является коллекторно-лучевая система отопления. Трубопроводы прокладываются в стяжке пола, и к каждому радиатору подводится пара труб от коллектора. Это позволяет обеспечить индивидуальное регулирование потока теплоносителя к каждому отопительному прибору. Коллекторно-лучевая система отличается простотой монтажа, однако капитальные затраты на её устройство оказываются выше, чем у других двухтрубных горизонтальных систем. Это связано с необходимостью установки коллектора и прокладки дополнительных труб [3].

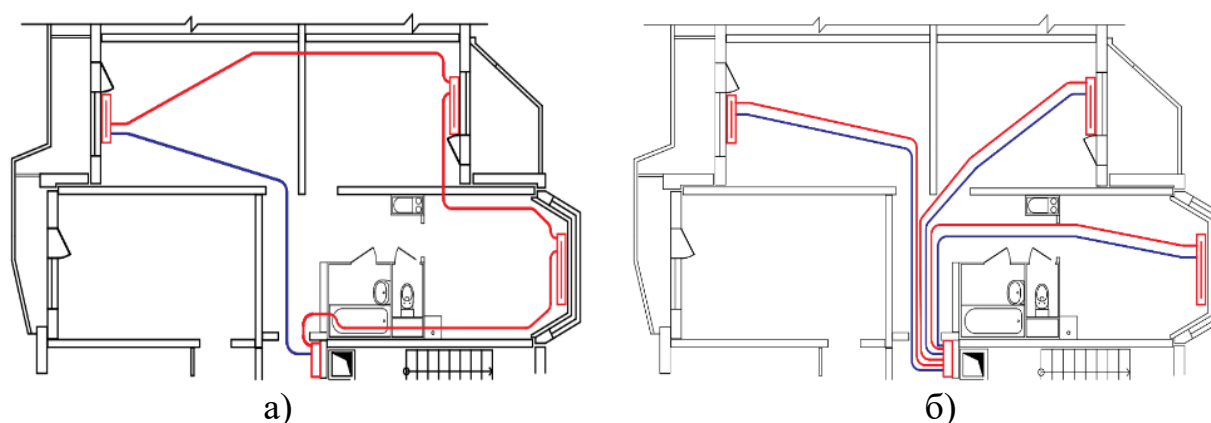


Рисунок 3 – Горизонтальные системы:
а) – кольцевая; б) – коллекторно-лучевая

Таким образом, проанализировав существующие системы отопления, можно выделить нескольких ключевых факторов выбора той или иной разводки:

1. Архитектурные особенности. Планировка здания, его этажность, наличие подвалов или технических этажей определяют наиболее выгодную и удобную для монтажа схему.

2. Бюджет. Однотрубные системы обычно дешевле в установке, так как требуют меньше труб и фитингов, однако двухтрубные могут оказаться более экономичными в долгосрочной перспективе благодаря своей эффективности.

3. Эстетичность системы. Горизонтальные системы обладают возможностью скрытой прокладки.

Список литературы

1. Сканава А. Н., Махов Л. М. Отопление / А. Н. Сканава, Л. М. Махов — Учебник для вузов. — М.: Издательство АСВ, 2008 — 576 с;
2. Невзорова А. Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция : учеб. / А. Б. Невзорова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. — Гомель : БелГУТ, 2014 – 279 с;
3. valtec.ru : [сайт]. — URL: https://valtec.ru/document/technical/techdoc/gorizontalnye_kvartirnye_sistemy_otoplenija.pdf (дата обращения: 19.02.2025).

*С.В. Незамаев, асп.; рук. В.П. Мешалкин, д.т.н., проф., академик РАН
(РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва)*

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ТЕПЛОУСТАНОВКИ ГОРНА ОБЖИГОВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ И АГЛОМЕРАЦИОННЫХ МАШИН

Анализ функционирования современных горнов действующих обжиговых конвейерных и агломерационных машин, выявляет возможность энергоресурсосбережения, за счёт внедрения мероприятий по регулировке и наладке горелочных устройств для сжигания природного газа в тепловых установках горна [1]. Расход сжигаемого природного газа обеспечивает получение необходимого количества теплоты для нагрева агломерационной шихты в агломерационной машине или слоя окатышей в обжиговой конвейерной машине и восполнение потерь, сопровождающих работу установки [2], вычисляется по формуле:

$$Q_{\Pi}^B = Q_1 + Q_{\text{пот}}.$$

Полезная тепловая энергия Q_1 идёт на получение рабочего тепла с нужными параметрами. Потери тепла в установке выражаются уравнением:

$$Q_{\text{пот}} = Q_2 + Q_3 + Q_5.$$

В этом уравнении:

Q_2 – потеря тепла с уходящими газами;

Q_3 – потеря тепла от химической неполноты сгорания газа;

Q_5 – потеря тепла агрегатами горна в окружающую среду.

В горнах современных обжиговых конвейерных и агломерационных машин при сжигании природного газа потерь тепла от химической неполноты сгорания топлива практически нет, из-за качественного регулирования соотношения газ-воздух автоматическими регуляторами или инъекцией необходимого количества воздуха для горения в горелках (допускается до 0.5%, при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$) [3].

Повышение избыточного количества воздуха α выше расчётного, в горелочных устройствах горна обжиговых конвейерных и агломерационных машин, почти не сказывается на увеличении потерь тепла с уходящими газами. Недостаток количества избыточного воздуха может привести к химическому недожёгу и при эксплуатации горна недопустим.

При установке технологического оборудования обжиговых конвейерных и агломерационных машин в помещениях цехов, потери тепла в окружающую среду составляют потери на нагрев воздуха в помещениях цеха. Нагретый воздух из помещения подаётся на горение и тепло, полученное на его нагрев от оборудования, повторно используется в технологическом процессе [4].

В уходящих газах содержится теплота, полученная от сжигания природного газа в количестве, необходимом для нагревания их от температуры наружного воздуха до температуры газа-теплоносителя перед подачей в движущийся плотный слой рудного материала на колосниковой решётке агломерационных и обжиговых конвейерных машин. Теплота парообразования остатков влаги от сгорания природного газа в горне:

$$Q_2 = Q_{2.1} + Q_{2.2},$$

где $Q_{2.1}$ – потери тепла на нагрев отходящих газов – газа-теплоносителя;

$Q_{2.2}$ – потери тепла на испарение влаги уходящих газов, образующихся при сжигании топлива – природного газа.

Влага уходящих газов включает в себя влагу, полученную при сгорании водорода природного газа и влагу, поступающую с воздухом для горения.

Количество влаги в уходящих газах – газе-теплоносителе от сгорания 1 м^3 природного газа в горне действующих обжиговых конвейерных и агломерационных машин составляет:

$$G = d_{yx} V_{yx} - d_b \alpha V^0,$$

где:

d_B – влагосодержание наружного воздуха, г/кг, по диаграмме влажного воздуха;

d_{yx} – влагосодержание уходящих газов, г/кг, представлено на рисунке 1;

V_{yx} – объём уходящих газов, м³;

V^0 – количество теоретически необходимого воздуха для сгорания 1 м³ природного газа.

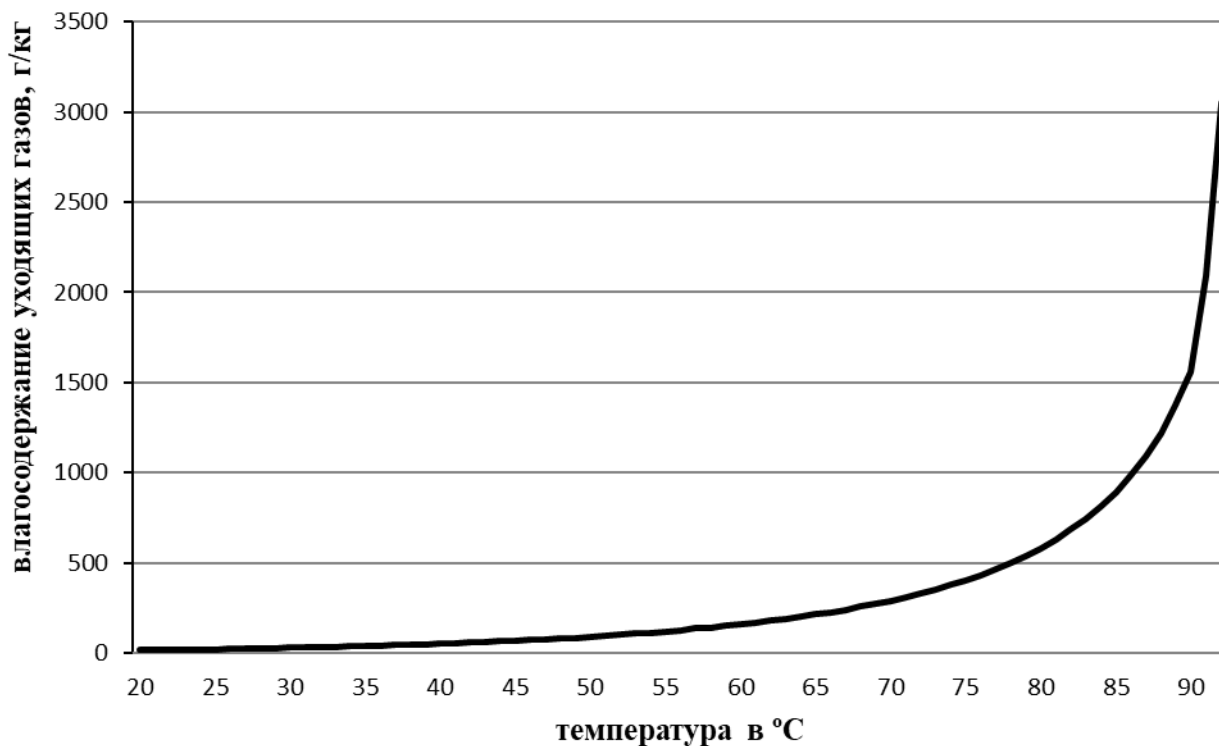


Рисунок 1 – Зависимость влагосодержания уходящих газов от температуры

Объём уходящих газов равняется сумме объёмов сухих газов и остатков влаги:

$$V_{yx} = V_{\text{сг}} + V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ где } V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{yx} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}^0; V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = d_{yx} / 0.804.$$

В формуле:

$V_{\text{H}_2\text{O}}^0$ – объём влаги в 1 м³ уходящих газов;

0.804 – плотность водяных паров в уходящих газах.

Масса сконденсировавшихся водяных паров от сжигания 1 м³ природного газа, рассчитывается по формуле:

$$G = 0.804 \left(V_{\text{H}_2\text{O}} - V_{\text{H}_2\text{O}}^{yx} \right).$$

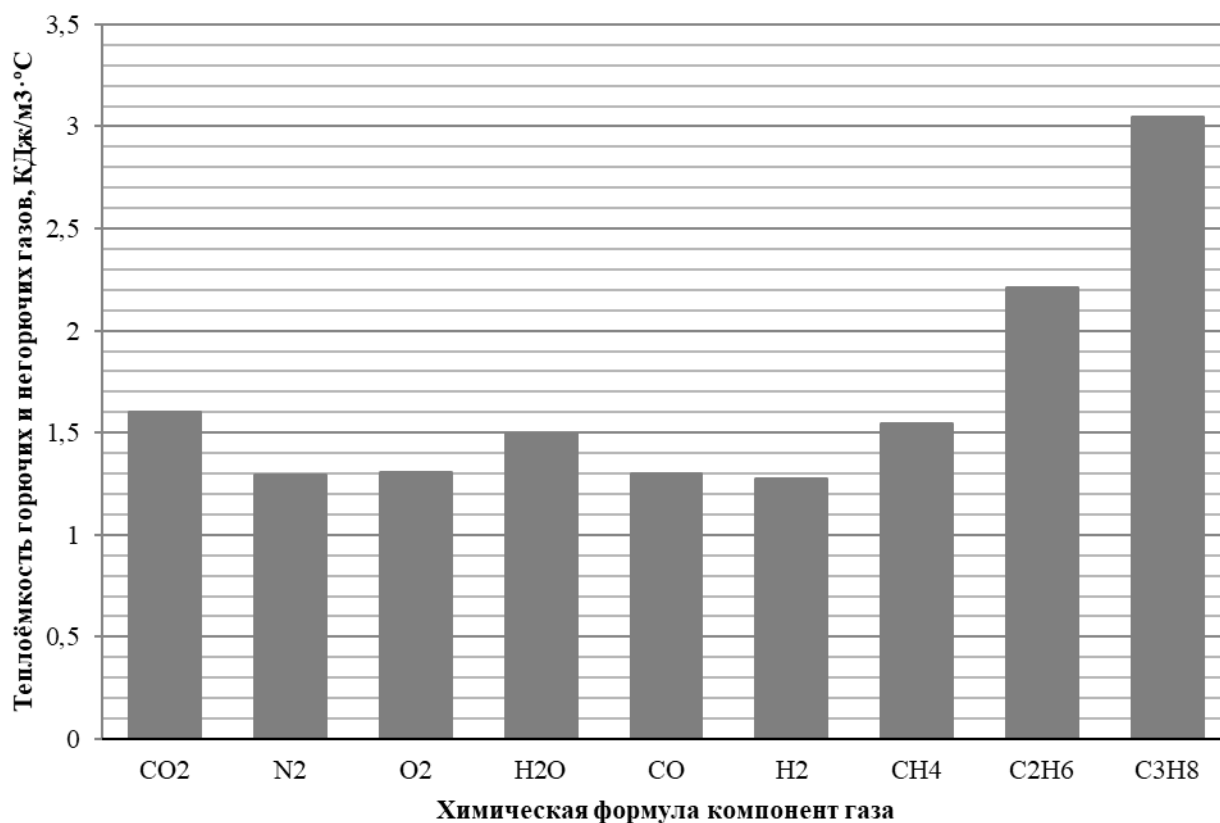


Рисунок 2 – Теплоёмкости компонент уходящих газов

Процентное содержание компонентов уходящих газов, может быть рассчитано по формулам:

$$R_{\text{CO}_2}^{\text{yx}} = \left(V_{\text{CO}_2} / V_{\text{yx}} \right) \cdot 100,$$

$$R_{\text{N}_2}^{\text{yx}} = \left(V_{\text{N}_2} / V_{\text{yx}} \right) \cdot 100, \quad R_{\text{O}_2}^{\text{yx}} = \left(V_{\text{O}_2} / V_{\text{yx}} \right) \cdot 100,$$

$$R_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{yx}} = \left(V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{yx}} / V_{\text{yx}} \right) \cdot 100.$$

Теплоёмкость уходящих газов, рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{yx}} = \left(C_{\text{CO}_2} \cdot R_{\text{CO}_2}^{\text{yx}} \right) / 100 + \left(C_{\text{N}_2} \cdot R_{\text{N}_2}^{\text{yx}} \right) / 100 + \left(C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot R_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{yx}} \right) / 100 + \left(C_{\text{O}_2} \cdot R_{\text{O}_2}^{\text{yx}} \right) / 100.$$

Средние теплоёмкости некоторых газов приведены на рисунке 2.

Потери тепла в горне действующих обжиговых конвейерных и агломерационных машин на нагрев газа-теплоносителя при сжигании 1 м³ природного газа: рассчитывается по формуле:

$$Q_{2,1} = V_{\text{yx}} \cdot C_{\text{yx}} \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{нв}}),$$

где t_{yx} - температура уходящих газов;

$t_{\text{нв}}$ - температура наружного воздуха.

Список литературы

1. Бобков В.И., Мищенко М.Н. Повышение энергоэффективности химико-энерготехнологической системы фосфорного производства // Энергобезопасность и энергосбережение. 2019. №2. С. 17-23.
2. Пучков А.Ю., Лобанева Е.И., Култыгин О.П. Алгоритм прогнозирования параметров системы переработки отходов апатит-нефелиновых руд // Прикладная информатика. 2022. Т.17. №1(97). С.55–68.

3. Брагин В. В., Берсенев И. С., Лопатин А. С., Поколенко С. И. Применение синтетического газа из местных видов топлива для производства железорудных окатышей // Энергобезопасность и энергосбережение. 2021. № 4. С. 31–37. <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2021-4-31-37>.

4. Орехов В.А., Бобков В.И. Анализ теплофизических свойств мультикомпонентных печных газов в энерготехнологических системах термической подготовки и переработки фосфатного рудного сырья // Энергобезопасность и энергосбережение. 2023. № 2. С. 50 – 54.

*В.А. Новиков, студ.; А.С. Ковалева, маг.; рук. И.А. Кабанова, к.т.н, доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В настоящее время актуален вопрос поддержания необходимого микроклимата в помещении, от которого сильно зависит работоспособность и здоровье человека, как физическое, так и моральное. С каждым годом совершенствуются виды промышленной продукции, оборудования и приборы, для использования которых необходимо точечное поддержание параметров воздуха (температура, влажность, скорость движения) [2].

Исходя из классификации помещений можно сделать вывод, что для каждой категории необходимы свои параметры воздуха, которые зависят от многих факторов (назначения помещения, активности человека и т.д.).

В тех случаях, когда в помещении есть требования только к определенному уровню температуры, можно обойтись только установлением вентиляции. Но если необходимо поддерживать одновременно несколько параметров, соответствующих установленным нормам, то необходимо рассматривать установку систем кондиционирования воздуха (СКВ) [1].

По степени централизации СКВ (системы кондиционирования воздуха) делятся на:

1. Местные кондиционеры. Используются во многих бытовых и офисных помещениях. Такие кондиционеры обслуживают сразу несколько помещений, которые расположены рядом, или отдельные помещения, требующие определенные параметры воздуха, отличающиеся от других помещений.

2. Центральные СКВ. Используются при обслуживании группы зданий, которые требуют схожие параметры воздуха. Центральные СКВ бывают прямоточными (подают исключительно наружный воздух обслуживаемое помещение), двухканальными и с применением частичной рециркуляции (доля воздуха, которая забирается из обслуживаемого помещения, подмешивается к поступающему наружному воздуху). Частичная рециркуляция позволяет повысить экономическую и энергетическую составляющую СКВ [2].

В таблице 1 представлено сравнение центральной СКВ и сплит-системы (одной из разновидностей местной СКВ)

Сравнивая показатели различных систем СКВ (табл. 1), можно отметить, что центральные СКВ имеют ряд плюсов и минусов по сравнению с местными.

Плюсы центральной СКВ: ниже стоимость обслуживания, больший срок службы, стоимость энергопотребления ниже, более чистый воздух, возможность более точного регулирования влажности и температуры воздуха

Минусы центральной СКВ: более сложный ремонт, первоначальные затраты выше, чем в местной СКВ, необходимо помещение для холодильных установок и вентиляторов.

Таблица 1 – Сравнение центральной СКВ и сплит-системы

Показатель	Центральная СКВ	Сплит-система
Подача наружного воздуха	есть	нет
Чистота воздуха	Удовлетворительная (используются любые типы фильтра)	Неудовлетворительная (используются фильтры низкой эффективности)
Регулировка температуры	Очень хорошее качество регулирования	Большие отклонения температуры
Изменение холодопроизводительности	Есть возможность производить изменения в широком диапазоне	Нет возможности производить изменения
Эффективность системы	Высокая	Низкая
Затраты на обслуживание	Низкие	Высокие
Срок службы оборудования	Большой	Меньший
Стоимость энергопотребления	Меньшая	Большая
Контроль задымления	Менее сложный	Более сложный
Необходимость оператора системы	Есть	Нет
Монтаж системы	Более сложный	Простой и быстрый
Управление	Более сложное	Менее сложное
Необходимость в помещении для оборудования	Есть необходимость в помещении для вентиляторов и холодильных установок	Нет необходимости
Индивидуальный замер энергопотребления	Очень нелегко осуществить	Легко осуществить
Возможность расширения системы	затруднена	Легко расширяется

СКВ являются достаточно энергоемкими системами, поэтому в настоящее время очень актуален вопрос энергосбережения в СКВ. Для снижения энергоемкости в таких установках можно использовать рециркуляцию воздуха или рекуперацию. Также есть возможность рассматривать использование СКВ совместно с тепловыми насосами [1].

Тепловые насосные установки (ТНУ) представляют собой аппараты, которые позволяют эффективно забирать и передавать тепло. Их принцип работы основан на использовании низкотемпературных источников: воздуха, грунта

или воды. Эти устройства эффективно применяются не только для отопления, но и для обеспечения горячего водоснабжения. В процессе функционирования ТНУ извлекают тепло из окружающей среды и передают его в отопительную систему. Важно отметить, что подобные устройства способны работать в обратном режиме, обеспечивая охлаждение помещений. Такой функционал особенно востребован в многофункциональных объектах, таких как частные дома, гостиницы, спортивные комплексы и промышленные здания. Применение ТНУ способствует уменьшению расходов на отопление и горячую воду, одновременно способствуя улучшению экологической ситуации [2].

Существуют два основных подхода к кондиционированию воздуха посредством тепловых насосов: пассивный и активный.

Пассивное кондиционирование – метод поддержания комфортного климата с незначительными энергетическими затратами. Применение рассольных тепловых насосов становится приоритетным. Эти устройства извлекают тепло из земли или воды. В свою очередь, воздушные тепловые насосы функционируют на основе тепла окружающего воздуха. Летние месяцы могут приносить излишний жар, трудный для проживания.

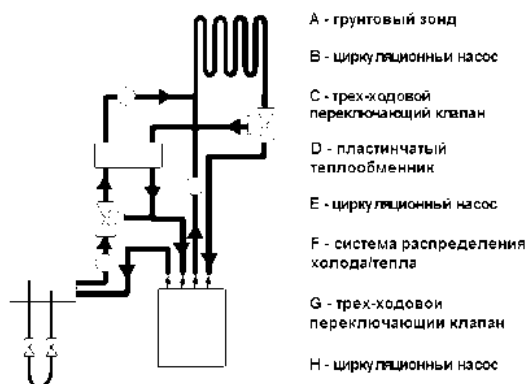


Рисунок 1–Схема реализации пассивного кондиционирования тепловым насосом «грунт-вода»

В целях эффективного использования низкопотенциальной теплотворности подземных вод и почвы в тепловых насосах применяются различные устройства. Среди них теплообменники, насосы и трехходовые клапаны [3], способствующие повышению комфортных условий в помещениях путём преобразования низкотемпературного тепла в уютное тепло.

Проходя через землю, холодный теплоноситель достигает дополнительного теплообменника, минуя компрессор насоса. Распределитель передает излишки тепла по помещениям, способствуя функционированию системы охлаждения. В данном процессе электроэнергия расходуется исключительно на насосы и электроприборы, без участия компрессора, что значительно сокращает потребление ресурсов.

Эффективность кондиционирования пассивного типа определяется множеством условий. Основным фактором выступает источник тепла и характеристика температуры в окружающей среде. Применение подземных вод в по-

добных системах занимает ведущее положение, так как стабильные температурные условия в недрах земли создают комфортные условия, обеспечивая эксплуатацию природных тепловых ресурсов.

Существование подземных вод позволяет системе аккумулировать осеннее и зимнее тепло, поддерживая в здании постоянный климат. Это существенно способствует увеличению энергоэффективности. В сезон зимы показатель COP системы достигает наивысшего значения, обеспечивая уютные условия в жилых пространствах.

Пассивные кондиционеры иногда не справляются с перегревом, хотя их использование оправдано с финансовой точки зрения. Их коэффициент полезного действия (COP) колеблется от 15 до 20, благодаря чему такой способ пользуется спросом среди покупателей. Тепловые насосы обеспечивают активное кондиционирование: они выводят тепло из помещения на улицу, применяя режим «Реверс». Здесь реализуется обратный цикл, в ходе которого воздух охлаждается, а тепло выводится наружу.

Четырёхходовые клапаны и вспомогательные дроссели устанавливают активный режим работы кондиционера. При таком режиме хладагент движется в обратном направлении, что приводит к превращению испарителя в конденсатор и наоборот.

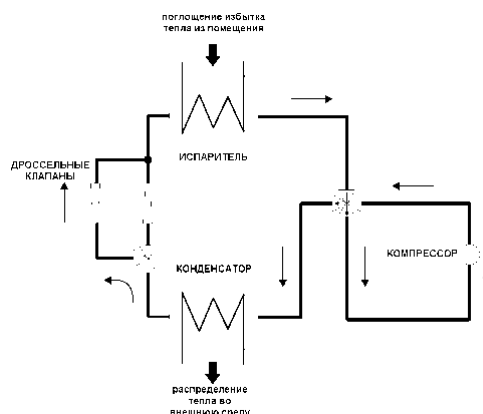


Рисунок 2 – Схема работы теплового насоса на кондиционирование

В активном режиме охлаждения теплового насоса коэффициент эффективности EER оказывается ниже, чем в режиме обогрева. Это объясняется тем, что компрессор выделяет больше тепла при первом сценарии, что существенно влияет на его работу. При высоких температурах, как в жарком климате, ключевым параметром выбора устройства становится холодопроизводительность, позволяющая поддерживать комфортную температурную среду в помещениях.

ТНУ демонстрирует внушительные показатели, позволяя преобразовывать небольшую долю потребляемой электрической энергии в значительно более внушительные объемы тепла или холода. Например, 1 кВт расходуемой электроэнергии способен обеспечить до 3 кВт тепла при заборе из воздуха и до 5 кВт при извлечении из подземных источников.

Применение тепловых насосов различных видов является современным решением проблемы тепло-хладоснабжения в системах кондиционирования воздуха и дает возможность сильно повышать их эффективность в зависимости от сезона и условий работы [2].

Список литературы

1. Ковалева А.С., Кабанова И.А. Эффективность применения тепловых насосов в системах кондиционирования воздуха / А.С. Ковалева, И.А. Кабанова // Актуальные вопросы энергетики. – 2021. – №1. – С. 14–18.
2. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – СПб.: «Авок Северо-Запад», 2005. – 402 с.
3. Хрусталева Б.М., Кувшинов Ю.А., Копко В.М. Теплоснабжение и вентиляция. – 3-е изд. исправленное и дополненное – М.: АСВ, 2008 – 786 с.

*М.М. Самошкин, асп.; рук. В.П. Мешалкин, д.т.н., проф., академик РАН
(РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва)*

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ГОДОВОГО РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ В ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

На современном этапе развития коммунально-бытового хозяйства Российское правительство придаёт особую важность решению вопросов экономии материальных и энергетических ресурсов по рациональному использованию топлива, в том числе природного газа [1]. Добыча газа в стране растёт значительными темпами. Проводится гигантская работа по строительству мощных магистральных газопроводов и отводов от них. Ежегодно подключаются к газовым сетям десятки малых городов и других населённых пунктов, сотни новых промышленных и аграрных предприятий [2]. Поэтому рациональный расход теплоэнергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве, при отоплении и горячем водоснабжении зданий и сооружений является весьма актуальным [3]. В свою очередь рациональный подход к использованию теплоэнергетических ресурсов основывается на качественный их учёт, в течение всего календарного года, принимая во внимание различные показатели тепловых нагрузок по сезонам в течение года [4]. При установке технологического оборудования в здании котельной, потери тепла в окружающую среду составляют потери на нагрев окружающего воздуха внутри непосредственно здания котельной. Нагретый воздух подается из помещения на горение и тепло, полученное на его нагрев от оборудования, и повторно используется в технологическом процессе функционирования котельного оборудования. Восполнение потерь от здания котельной окружающему воздуху и на процесс деаэрации необходимо учитывать в характеристиках тепловых нагрузок.

Потери тепловой энергии при сливании нагретых вод обуславливаются сливом конденсата с систем утилизации тепла и нагретой воды при ремонте технологического оборудования являются незначительными и не учитываются при проведении расчётов.

В тепловых установках с системами регенерации тепла выход тепловой энергии из деаэраторов и баков с теплой водой, а также технологические сбросы горячей воды, необходимо направлять в контактные водоподогреватели для подогрева воздуха, используемого для поддержки системы горения топлива. Процессы с регенерацией тепла наиболее экономичны при максимальном заборе для горения только охлажденного внешнего воздуха. Воздух из помещения котельной необходимо забирать в необходимом для удаления избытков тепловой энергии количестве. Данный подход позволяет вторично использовать энергию тепла, что, в свою очередь, позволяет эффективно расходовать топливные ресурсы при одинаковой теплоотдаче конечным потребителям.

Таким образом, получим, $Q_{\text{год}}^{\text{д}} = Z_{\text{д}} \cdot Q_{\text{ч}} \cdot P_{\text{о}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{ср.о}}) / (t_{\text{д}} - t_{\text{р.о}})$, $Q_{\text{ч}}$ – расход тепла на отопление здания Гкал/час, $t_{\text{ср.о}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $t_{\text{р.о}}$ – расчётная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, $t_{\text{д}}$ – температура с учетом работы системы дежурного отопления в помещении при работе, $t_{\text{вн}}$ – температура воздуха в помещениях, определенная нормативными документами СНиП, выступает как ключевой показатель при регулировании эксплуатации здания, $P_{\text{о}}$ – продолжительность отопительного периода по числу дней с устойчивой средней суточной температурой наружного воздуха 8°C и ниже.

В сезон летних месяцев, расходные показатели ГВ возможно рассчитать: $Q_{\text{Г.В.ср}}^{\text{л}} = Q_{\text{Г.В.ср}} \cdot \beta \cdot (55 - t_{\text{х.л}}) / (55 - t_{\text{х.з}})$, где $t_{\text{х.з}}$ – температура холодной (водопроводной) воды в зимний период, β – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период по отношению к отопительному, $t_{\text{х.л}}$ – температура холодной (водопроводной) воды в летний период.

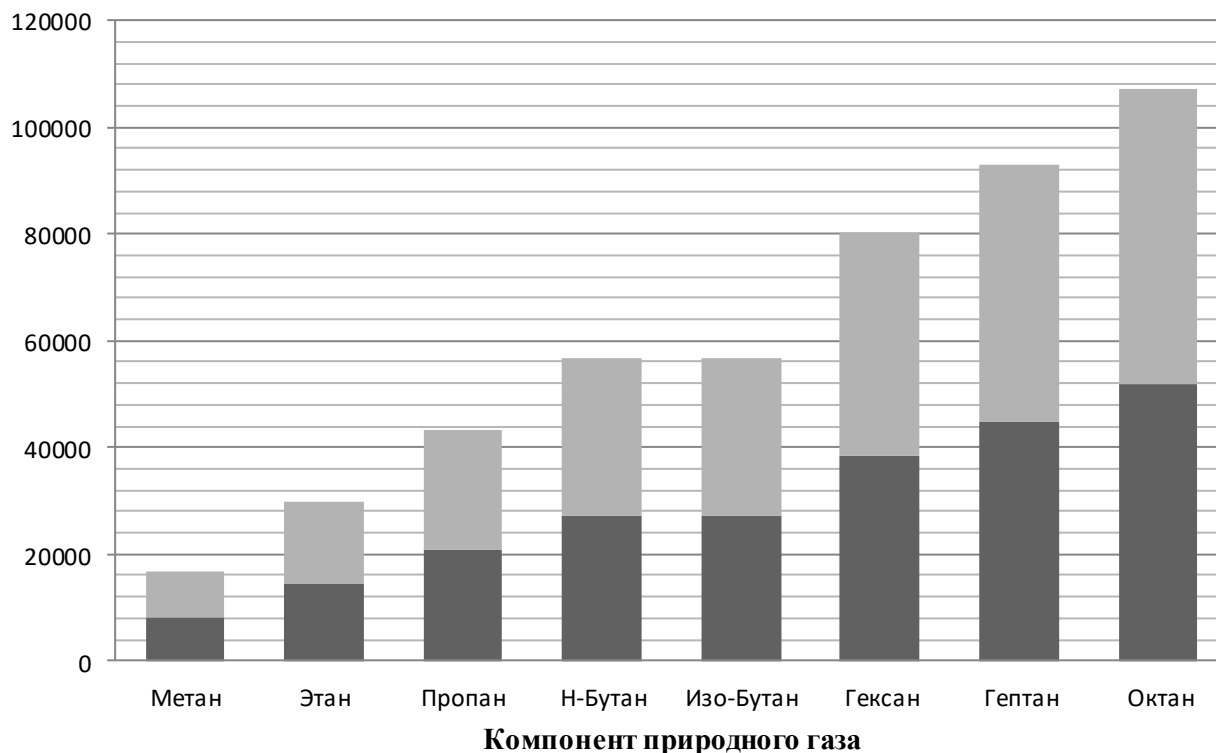


Рисунок 1 – Показатели выделения тепловой энергии при сгорании различных видов газообразного топлива (максимальная и минимальная), при 760 мм рт.ст. и 20°C, ккал/м³

Для определения годового расхода воды на горячее водоснабжение используется формула.: $Q_{Г.В}^{год} = 24 \cdot Q_{Г.В.ср} \cdot P_o + 24 \cdot (350 - P_o) \cdot Q_{Г.В.ср}^л$.

Расчет годового потребления топлива для котельной, не оборудованной системой утилизации тепла вычисляется по формуле: $B_{год}^T = Q_{год} / (Q_H \cdot \eta_k)$, где:

η_k – коэффициент полезного действия котельной, Q_H – минимальные показатели энергии, полученной от сгорания газообразного топлива (см. рис. 1).

Расход условного топлива на котельную, определяется формулой: $B_{год}^{у.т.} = Q_{год} / (7000 \cdot \eta_{ср})$. Годовая экономия природного газа, может быть найдена из соотношения: $B_{э.г} = B_{год}^T - B_{год}^Г$.

Расход топлива для выработки 1 Гкал тепла, определяется формулами: $B_{Гкал}^Г = B_{год}^Г / Q_{год}$, $B_{Гкал}^{у.т.} = B_{год}^{у.т.} / Q_{год}$.

Часовой расход газа на котельную, определяется из формулы $V_{ч}^Г = Q_{кот} / (Q_H \cdot \eta_k)$, где $Q_{кот}$ – теплопроизводительность котельной Гкал/час.

Максимальная часовая выработка тепла котельной с утилизацией тепла, определяется из формулы: $Q_{ч}^П = V_{ч}^Г \cdot Q_{в} \cdot \eta_{ср}$, количество тепла, получаемого в котельной с установкой утилизации тепла, равно $Q_{у.т.} = Q_{ч}^П - Q_{кот}$.

Повышение производительности котельной с установкой утилизации тепла, по сравнению с котельной без утилизации тепла, определяется из соотношения: $\eta_{у.т.} = (Q_{у.т.} / Q_{кот}) \cdot 100$.

Список литературы

1. Бобков В.И., Артюхова П.А., Незамаев С.В., Анализ возможности использования альтернативных газовых энергоносителей в горне обжиговой конвейерной машины // Емельяновские чтения. Имитационное моделирование и системный анализ в управлении - 2024: труды участников научного семинара, Смоленск, 26 июня 2024 года. Смоленск: Универсум. 2024. С. 58-66.
2. Орехов В.А., Незамаев С.В. Повышение энергетической эффективности термической переработки рудных техногенных отходов горнообогатительных предприятий // Химия. Экология. Урбанистика. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. 2024. Т.4, с. 106-111.
3. Бобков В. И., Трушаков Р. В., Реализация мотивационного обеспечения энергосбережения // Энергобезопасность и энергосбережение. 2022. № 2. С. 53–57.
4. Трушаков Р.В., Бобков В.И., Мищенко М.Н., Компьютеризированная система принятия решений по энергообеспечению в масштабе региона // Энергосбережение и водоподготовка. 2022. №2 (136). С. 29-34.

*Е.А. Семенкова, маг.; И.А. Кабанова, к.т.н, доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вентиляционная система – это неотъемлемая часть любого современного здания, направленная на обеспечение комфорта и здоровья людей. Она представляет собой комплекс механизмов и устройств, предназначенных для подачи свежего воздуха и удаления загрязненного воздуха из обслуживаемых помещений.

Приток свежего воздуха в помещение с постоянным пребыванием людей обеспечивает:

- поддержание оптимальных параметров микроклимата,
- положительно влияет на работоспособность,
- способствует улучшению концентрации,
- снижает утомляемость,
- предотвращает распространение вредных микроорганизмов и аллергенов.

При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий различного назначения с целью обеспечения нормативных параметров акустической среды необходимо руководствоваться требованиями [3]. Нормируемые параметры звукового давления приводятся в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц [1].

Категорию здания устанавливают техническим заданием на проектирование. Для проведения анализа выберем здание дошкольного образования. Вентиляционное оборудование располагается в соседнем помещении с учебным классом. Необходимо определить акустическое воздействие от вентилятора и шум, проникающий в учебный класс.

Помещение тамбура, в котором располагается оборудование приточной системы вентиляции, ограждено от учебного класса перегородкой, выполнен-

ной из двух гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм по металлическому каркасу. Воздушный промежуток имеет толщину 100мм.

Таблица 1 – Нормируемые параметры шума в октавных полосах частот согласно [3]

N п/п	Назначение помещений или территорий	Время суток	Для источников постоянного шума									
			Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука L(A), дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Учебные классы	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40

Шумовая характеристика вентилятора в составе приточной установки (шум через корпус) представлена на рисунке 1:

Режим работы	Уровень звука L, дБ(А)	Уровень звуковой мощности L, дБ(А) в октавных полосах частот (Гц)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Шум на нагнетании	70	46,0	54,0	58,0	63,0	63,0	67,0	59,0	57,0
Шум через корпус	55	36,0	38,0	40,0	46,0	49,0	50,0	46,0	38,0

Условия испытаний: Pст=355 Па

Рисунок 16 – Шумовая характеристика вентилятора

Основные расчетные формулы для определения акустических характеристик приведены на рисунке 2 [2].

Частота резонанса конструкции определяется по формуле:

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{2}{d \cdot m}}, \text{ Гц} \quad 1)$$

где m – поверхностная площадь ограждающей конструкции, кг/м²;

d – толщина воздушного пространства ограждающей конструкции, м.

Октавный уровень звукового давления определяется по формуле [2]:

$$L = L_w - 10 \lg B - 10 \lg k + 6, \text{ дБ} \quad 2)$$

где B – акустическая постоянная помещения,

k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля.

Частота резонанса конструкции по формуле (1): $f_p=80$ Гц. Точки кривой звукоизоляции плиты перекрытия (А,В,С,Д– вспомогательные точки) (см. рисунок 2):

Точка А: $f_A = 104$ Гц, $R_A = 16,5$ дБ;

Точка В: $f_B = 1600$ Гц, $R_B = 34,0$ дБ;

Точка С: $f_C = 3150$ Гц, $R_C = 28,0$ дБ;

Точка D: $f_D = 8000$ Гц, $R_D = 37,5$ дБ;

Точка Е: $f_E = 64$ Гц, $R_E = 17,0$ дБ;
 Точка F: $f_F = 80$ Гц, $R_F = 16,5$ дБ;
 Точка К: $f_K = 640$ Гц, $R_K = 42,5$ дБ;
 Точка L: $f_L = 1600$ Гц, $R_L = 48,5$ дБ;
 Точка М: $f_M = 2000$ Гц, $R_M = 48,5$ дБ;
 Точка N: $f_N = 3150$ Гц, $R_N = 42,5$ дБ;
 Точка Р: $f_P = 8000$ Гц, $R_P = 53,0$ дБ.

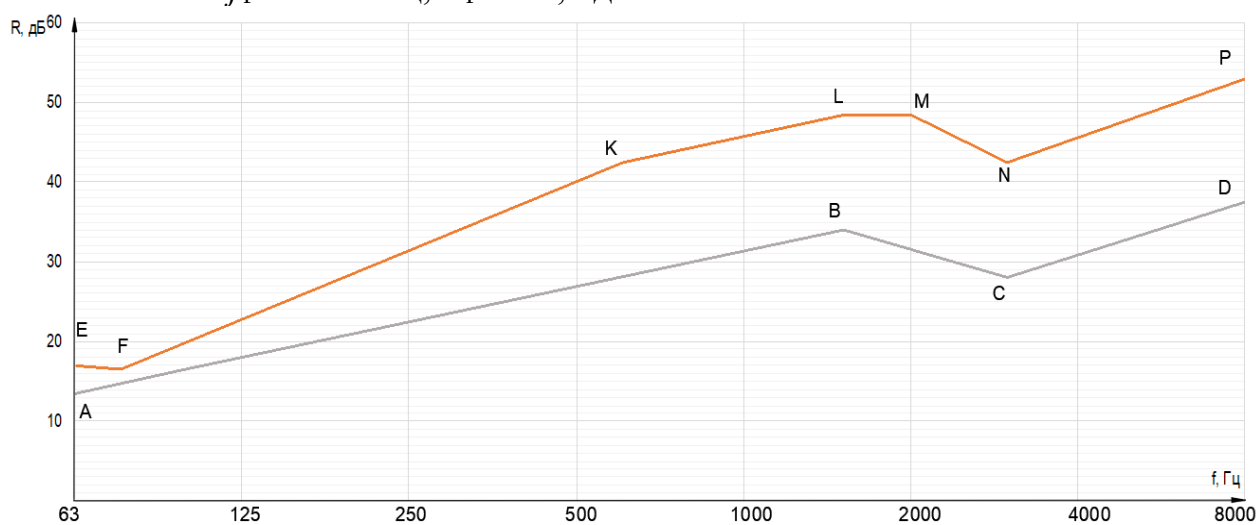


Рисунок 17 – Кривая звукоизоляции

Расчетные значения по определяемым параметрам представим в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные значения по определению шума, проникающего в помещение

Октавные полосы со средне-геометрическими частотами в Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A, м ² определяемая по формуле (2)	1,71	1,71	1,71	4,00	5,01	4,00	3,48	2,59	2,59
$\alpha_{\text{ср}}$, определяемый по формуле (3)	0,08	0,08	0,08	0,19	0,24	0,19	0,17	0,13	0,13
Коэффициент k, определяемый по табл. 4 []	1,05	1,05	1,05	1,24	1,33	1,24	1,15	1,09	1,09
B, м ² определяемые по формуле (4)	1,86	1,86	1,86	4,97	6,63	4,97	4,18	2,96	2,96
Шум, проникающий в помещение, Дб определяемый по формуле (5)	34,41	34,41	26,41	13,71	6,81	5,71	5,23	8,60	-7,90
Учебные классы	79	63	52	45	39	35	32	30	28
Поправка: -5 дБ (дБА) от оборудования	74	58	47	40	34	30	27	25	23
Превышение	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет

Согласно проведенному расчету, уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами при работе вентиляционного оборудования не превышают заданный уровень звука согласно [3].

Дополнительные мероприятия по снижению негативного воздействия от вентиляционного оборудования не требуются. Если бы рассчитанный шум, проникающий в помещение, оказался больше требуемой величины, указанной в [3], то необходимо было бы разработать дополнительные мероприятия по снижению шумопоступления. Например, установку шумоглушителя.

Список литературы

1. ВЕНТИЛЯЦИЯ. Оборудование и технологии. Учебно-практическое пособие. – М.: Стройинформ, 2007. – 424 с.: ил.
2. СНиП 23-03-2003. Защита от шума/Госстрой России. – М.: Госстрой, 2004.
3. СП 51.13330.2011. Защита от шума/ Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. – М.: Минрегион России, 2011.

*А.В. Сенина, студ.; рук. И.А. Кабанова к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УТЕПЛИТЕЛЕЙ

Важными задачами современности являются проблемы обеспечения населения доступным жильем, повышение его комфорта и качества. В связи со сложившейся экономической ситуацией: повышением ключевой ставки, темпами ввода в эксплуатацию новых жилых площадей, стратегической задачей становится повышение качества уже эксплуатируемых жилых домов, требуется своевременно производить ремонт и реконструкцию жилищного фонда, в соответ-

ствии с современными требованиями энергоэффективности. Несмотря на наличие свободных территорий для застройки жилыми домами в нашей стране, особое внимание стоит уделить модернизации старых домов, так как это мероприятие является более выгодным с экономической точки зрения.

Сегодня вопрос обновления жилого фонда становится более острым. Большая часть недвижимости в Российской Федерации – примерно 70% – была возведена после Великой Отечественной войны. С 1955 по 1964 год в СССР обладателями отдельных квартир стали почти 54 миллиона граждан, четверть населения всей страны. Типовые советские пятиэтажные панельные, блочные и кирпичные дома, которые в народе прозвали «хрущевки», построены в период 1950-70-х годов, не энергоэффективны в настоящее время. Согласно данным группы Всемирного банка и Института народнохозяйственного прогнозирования РАН на 2021 г., свыше 45% многоквартирных домов в России были построены более 40 лет назад, и большинство из них требуют капитального ремонта с учетом энергоэффективных технологий.[1]

Проектирование и строительство типовых домов велось по устаревшим нормативам, с использованием дешевых, низкосортных материалов, которые сегодня считаются неэффективными. В результате тепло-, гидро- и звукоизоляционные свойства таких зданий не соответствуют современным требованиям и нормам.

Для повышения энергоэффективности многоквартирных домов в рамках комплексного ремонта можно предпринять ряд мер: улучшить теплоизоляцию наружных стен; установить пластиковые окна с двухкамерным или трехкамерным остеклением; повышение теплозащиты верхнего покрытия крыши; обустроить «теплый» чердак; заменить или отремонтировать трубопроводы внутренних инженерных систем и т.д.

На рисунке 1 показано распределение затрат на энергоэффективный ремонт по видам работ представлена. Как видно из диаграммы, наибольшая часть затраты (62%) приходится на повышение теплозащиты наружных стен. Для этого применяются такие технические решения, как навесной вентилируемый фасад или фасады с тонким штукатурным слоем. Основными материалами для уменьшения потерь через наружные ограждающие конструкции являются теплоизоляционные материалы: минеральная вата и пенополистерол, толщина которых варьируется от 50 до 300 мм.

однослойных ячеистых блоков толщиной 250 и 300 мм (газобетон, газосиликат) и легких бетонов толщиной 250, 300, 350, 400 мм (керамзитобетон, перлитобетон). [2] В Москве данный тип домов был выполнен из ячеистобетонных панелей толщиной 350 мм. Приведенное сопротивление теплопередаче составляет $R = 1,4 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$.

ГСОП в период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ для города Москва составляет $4528,8 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$, тогда базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче $R_{0\text{тп}} = 1,91 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$. [3]

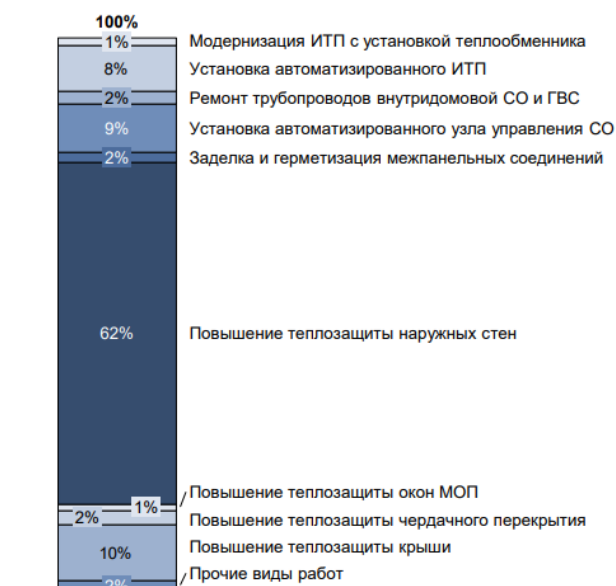


Рисунок 1 – Диаграмма затрат на энергоэффективный ремонт по видам работ

Для оценки технического состояния и теплотехнических качеств наружных стен выбраны крупнопанельные дома серий 1-467, построенные в Москве. При строительстве жилых многоквартирных домов серии 1-467 наружные стены выполнялись из

Показатель приведенного сопротивления теплопередачи наружной стены из ячеистобетонных панелей меньше на $0,51 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$, чем требуемое сопротивление теплопередачи. Это свидетельствует о несоответствии исходной конструкции крупнопанельного многоквартирного жилого дома современным стандартам тепловой защиты, соответственно необходимо реконструировать наружный фасад здания. Чтобы привести объект в соответствие с нормативными требованиями по тепловой защите, сопротивление теплопередаче наружных стен существующего здания должно быть значительно увеличено. Достичь этого можно путем наложения на существующий фасад дополнительных теплоизоляционных материалов.

В настоящее время на рынке представлено множество теплоизоляционных материалов. Для более детального анализа были выбраны два из них: каменная вата «Технониколь» толщиной 50 мм и экструзионный пенополистирол «Технониколь» той же толщины. Сопротивление теплопередаче каменной ваты составляет $R_{\text{ут1}} = 1,35 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$, а пенополистерола $R_{\text{ут2}} = 1,52 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$.

Температура наиболее холодной пятидневки t_n с обеспеченностью 0,92 для города Москва составляет -26°С . Расчетная внутренняя температура воздуха $t_b = 20^\circ\text{С}$.

Удельное количество теплоты, проходящее через 1 м^2 наружной конструкции из ячеистобетонных панелей:

$$q = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R} = \frac{20 - (-26)}{1,4} = 32,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Тепловой поток, проходящий через 1 м² наружной конструкции со слоем утеплителя:

$$q_{\text{ут1}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{ут1}}} = \frac{20 - (-26)}{1,4 + 1,35} = 16,73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

$$q_{\text{ут2}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{ут2}}} = \frac{20 - (-26)}{1,4 + 1,52} = 15,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Таким образом, при использовании теплоизоляционного материала тепловой поток через наружные стены снижается в 2 раза, соответственно потери тепла после реконструкции также уменьшаются. Применение теплоизоляции значительно сократит затраты на тепловую энергию и станет важным шагом к обновлению жилого фонда и улучшению качества жизни населения. Для повышения энергоэффективности многоэтажных панельных домов необходимо проводить их модернизацию и утепление наружных стен.

Список литературы

1. Оценка социально-экономических эффектов проведения капитального ремонта многоквартирных домов и повышения энергоэффективности городского жилого фонда в России: аналитическая программа «Повышение энергоэффективности городского жилья и содействие финансированию модернизации зданий в Российской Федерации». – М.:Группа всемирного банка, 2021. – 104 с. – URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2022/02/povyshenie-energoeffektivnosti-v-zhilyh-mnogokvartirnyh-domah.pdf?ysclid=m8evm2z87r291294569> (дата обращения: 11.03.2025).
2. Комплексная серия типовых проектов 467а крупнопанельных жилых и общественных зданий, изготавливаемых на существующих заводах с поточно-агрегатным, конвейерным и автоклавным производствами. Типовой проект 1-467а-17. Конструкторское бюро по железобетону Госстроя РСФСР и ЦНИИЭП жилища Государственного Комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, 1966 г. – 42 с. URL: – <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293784/4293784395.pdf?ysclid=m8e715h81> (дата обращения: 11.03.2025).
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП-23- 02-2003. – М.: Минрегион России, 2012 г. – 95 с.

**Я.С. Силков, студент; рук. В.А. Галковский, к.т.н., доцент
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)**

СРЕДНЕВЗВЕШЕННАЯ ПЛОТНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

В современных условиях развития урбанизированных территорий и растущих требований к энергоэффективности особое значение приобретает рациональное планирование систем теплоснабжения. Одним из ключевых показателей, определяющих эффективность теплоснабжения населенных пунктов, является плотность тепловой нагрузки – комплексный показатель, характеризующий распределение тепловых потребителей на определенной территории.

Актуальность изучения данного показателя обусловлена необходимостью оптимизации процессов теплопотребления и совершенствования методик расчета тепловых нагрузок в условиях роста городов и развития современных технологий теплоснабжения. Особую значимость приобретает разработка унифицированных подходов к определению плотности тепловой нагрузки для различных территориальных единиц – от отдельных расчетных элементов до крупных городских агломераций.

Целью данной работы является изучение методологической базы для комплексного анализа плотности тепловой нагрузки в различных территориальных масштабах, а также создание рекомендаций по оптимизации систем теплоснабжения на основе полученных данных. Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных результатов при разработке схем теплоснабжения населенных пунктов, планировании развития систем централизованного теплоснабжения и модернизации существующих инфраструктур. Результаты работы могут найти применение в деятельности проектных организаций, органов местного самоуправления и энергетических компаний при разработке стратегий развития теплоснабжения территорий различного масштаба.

Для расчета средневзвешенной плотности тепловой нагрузки необходимо выполнить несколько шагов, включая определение суммарной тепловой нагрузки, зоны действия источника теплоснабжения и применение итоговой формулы. Ниже приведен подробный порядок расчета.

Определение суммарной тепловой нагрузки

Суммарная тепловая нагрузка ($Q_{\text{сум}}$) рассчитывается как сумма всех видов тепловых нагрузок на рассматриваемой территории:

$$Q_{\text{сум}} = Q_o + Q_v + Q_{\text{ГВС}} + Q_{\text{тех}} \quad (1)$$

Расчет отдельных составляющих:

• Отопление (Q_o)

$$Q_o = \sum (\alpha \cdot q_o \cdot V_{\text{зд}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}})) \quad (2)$$

где:

α — безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий инфильтрацию ($\alpha = 1 + \mu$, где μ — коэффициент инфильтрации);

q_o — удельная тепловая характеристика здания ($\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$);

$V_{\text{зд}}$ — объем здания (м^3);

$t_{\text{вн}}$ — внутренняя температура здания ($^\circ\text{C}$);

$t_{\text{но}}$ — наружная температура для отопления ($^\circ\text{C}$).

• Вентиляция (Q_v)

$$Q_v = \sum q_v \cdot V_{\text{зд}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}) \quad (3)$$

где:

q_v — удельная тепловая нагрузка на вентиляцию здания ($\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$);

$t_{\text{нв}}$ — наружная температура для отопления ($^\circ\text{C}$).

• Горячее водоснабжение

$$Q_{\text{ГВС}} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a+b) \cdot (60 - t_{\text{хз}})}{24 \cdot 3600} \cdot c_{\text{воды}} \quad (4)$$

где:

1,2 — безразмерный коэффициент, учитывающий потери тепла от трубопроводов и элементов оборудования системы ГВС внутри здания;

m — количество единиц измерения, зависит от типа помещения (чаще всего — количество людей);

а — норма расхода горячей воды на одного человека в жилом доме, определяется из справочной литературы и зависит от благоустройства жилого здания (л/сутки);

б — норма расхода горячей воды на одну единицу измерения во всех зданиях, кроме жилых, (л/сутки);

60 — температура горячей воды в местах водозабора ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{хз}}$ — температура холодной водопроводной воды в зимний (отопительный) период ($^{\circ}\text{C}$). При отсутствии данных о температуре холодной водопроводной воды ее принимают в отопительный период $+5^{\circ}\text{C}$ и в летний период $+15^{\circ}\text{C}$;

24 — количество часов работы системы ГВС в сутки (ч);

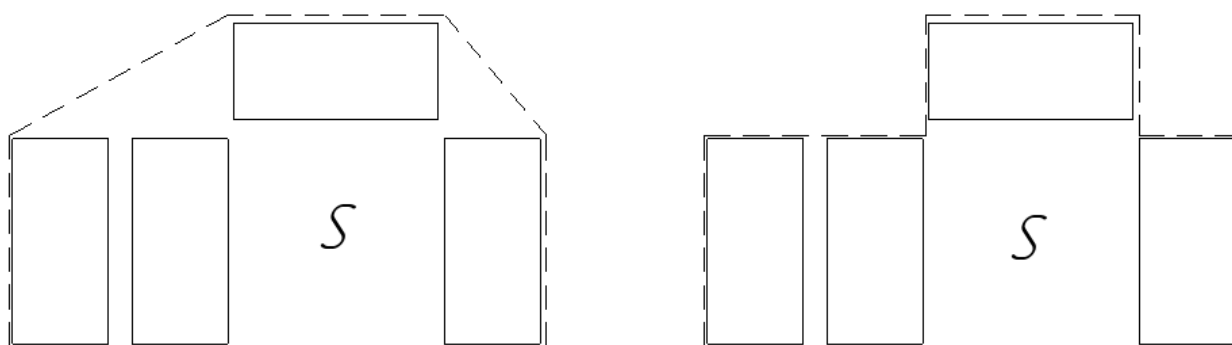
$c_{\text{воды}}$ — теплоемкость воды ($\text{Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$).

• Тепловая нагрузка на технические нужды ($Q_{\text{тех}}$) зависит от специфики объектов (например, промышленные предприятия, бассейны, больницы). Рассчитывается на основе технологических данных или проектной документации.

Данные по наружной и внутренней температурам, удельных отопительных нагрузках и коэффициентах инфильтрации указаны в [1, 2, 3].

Определение зоны действия источника тепловой энергии

Зона действия источника теплоснабжения — это территория, которая обеспечивается теплом от конкретного источника (ТЭЦ, котельной и т. д.). Площадь данной зоны рассчитывается по конечным точкам тепловых сетей, обеспечивающих циркуляцию теплоносителя для передачи тепловой энергии от источника к потребителю [4]. Однако, нельзя дать однозначный ответ по тому, какие границы будут выбираться для расчета. Ниже приведен пример того, как при одинаковом расположении потребителей теплоты можно использовать разные подходы для определения зоны покрытия.



Оба варианта имеют свои преимущества и недостатки. В первом случае получается не самое точное значение покрываемой площади источниками теплоснабжения, однако он может учитывать потенциальное расширение инфраструктуры, например, строительство новых зданий. Вторая схема будет иметь более точное значение площади покрытия (территория между домами так же учитывается, поскольку там прокладываются коммуникации для поставки теплоносителя), но в этом варианте не остается простора для возможного увеличения количества потребителей.

Определение средневзвешенной плотности тепловой нагрузки (q)

$$q = \frac{Q_{\text{сум}}}{F} \quad (5)$$

Данная величина измеряется в Гкал/ч на 1 га сравнивается с диапазонами, по которым будет определяться предпочтение какого-либо способа распространения теплоты потребителям: централизованное с ТЭЦ, децентрализованное с котельными или индивидуальное. Однако, границы плотности тепловой нагрузки не зафиксированы в одном конкретном документе, но они формируются на основе нормативных актов, методических рекомендаций и практического опыта. Для уточнения значений можно обратиться к местным строительным нормам.

По большей части, основными факторами, оказывающими влияние на границы средней плоскости тепловой нагрузки, являются:

1. Климатические условия:

- в холодных регионах тепловая нагрузка выше, что делает централизованное теплоснабжение более выгодным даже при низкой плотности;
- в более теплых регионах пороговое значение может быть выше.

2. Стоимость энергоносителей:

- если стоимость газа или электроэнергии низкая, индивидуальное отопление становится более выгодным;
- если стоимость топлива для котельных или ТЭЦ низкая, централизованное теплоснабжение может быть предпочтительным.

3. Инфраструктурные затраты:

- в районах с развитой инфраструктурой тепловых сетей централизованное теплоснабжение может быть выгодным даже при низкой плотности нагрузки;
- в удаленных районах строительство тепловых сетей может быть слишком дорогим.

4. Экологические требования:

- в некоторых регионах предпочтение отдается централизованному теплоснабжению из-за более строгих экологических норм.

Так образом, в г. Смоленске зоны действия индивидуального теплоснабжения на территории поселения располагаются, прежде всего, в районах застройки одно - двухквартирными жилыми домами с приусадебными земельными участками с плотностью тепловой нагрузки 0,12-0,25 Гкал/ч на 1 га [5]. Для г. Москвы, ввиду его высокой плотности застройки и развитой структуре теплоснабжения, индивидуальное отопление используется только в частных домах или удаленных объектах, потому пороговое значение должно быть ещё ниже. Однако при детальном рассмотрении выясняется, что для таких потребителей значение достигает 0,6-0,8 Гкал/ч на 1 га [6]. Для сравнения также был изучен г. Волгоград – город в южном регионе со сравнительно низкой потребностью в теплоте относительно более северного г. Москвы. В теории, индивидуальное отопление в этих краях должно быть более выгодным. По факту было выявлено, что в некоторых районах котельные работают даже при величине тепловой нагрузки 0,08 Гкал/ч на 1 га [7].

Данные расхождения теоретической информации с реальными значениями показывает, что величина средневзвешенной плотности тепловой нагрузки не учитывает множество факторов, влияющих на ценообразование и итоговую экономическую целесообразность того или иного способа поставки теплоты. Помимо объема потребления и площади территории необходимо также учитывать:

- наличие уже имеющейся инфраструктуры;
- экономику локального топлива;
- тарифы в регионе;
- цены на землю;
- развитость газификации для работы ИТП;
- экологические требования.

Эти и многие другие нюансы не позволяют использовать средневзвешенную плотность тепловой нагрузки как единый метод определения способа снабжения потребителей теплотой. Она позволяет выявить ориентировочные диапазонные значения для установки местных ТЭЦ или котельных, однако каждый случай будет требовать дополнительных исследований.

Список литературы

1. СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 2021-06-25.
2. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41–02–2003.
3. Соколов Е.А. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с.
4. Приказ Минэнерго России от 5 марта 2019 г. № 212 "Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения" (редакция от 11.09.2024) [Электронный ресурс] // Справочная правовая система КонсультантПлюс. — (Дата обращения: 12.03.2025).
5. smoladmin.ru [сайт] – URL: https://www.smoladmin.ru/files/372/2020-01_01.pdf (дата обращения 12.03.2025)
6. mos.ru [сайт] – URL: <https://www.mos.ru/upload/documents/files/8680/Tom1Kniga13.pdf> (дата обращения 12.03.2025)
7. Глава 1. Том 2. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения // Схема теплоснабжения в административных границах города Волгограда на период до 2034 года [сайт] – URL: <https://disk.yandex.ru/d/MYnW-8Y3mbTCQg> (дата обращения 12.03.2025)

*О.С. Соловьев, маг.; рук. В.А. Галковский, к.т.н, доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

При выборе теплообменника следует учитывать множество факторов, определяющих его функциональность и эффективность. Теплообменники должны быть выбраны на эксплуатацию в условиях, которые будут превышать рабочие характеристики в ходе использования. Это поможет предотвратить поломки и снизить риск возникновения аварийных ситуаций.

Теплообменные аппараты разделяться на рекуперативные, регенеративные и смесительные.

Рекуперативные теплообменники — это тип теплообменных аппаратов, в которых тепло передается от одного теплоносителя к другому через разделительную стенку, например, металлическую или керамическую [3]. Такой тип подходит для любых теплоносителей, однако главными недостатками являются усложнённая конструкция, сложность обслуживания и габариты. Не смотря на недостатки, популярность таких теплообменников, по сравнению с остальными типами, обусловлена широким диапазоном температур и давлений.

Регенеративные теплообменники — это тип теплообменных аппаратов, в которых тепло передается между двумя теплоносителями через накопительный материал. В отличие от рекуперативных теплообменников, где тепло передается через стенку, в регенеративных теплообменниках тепло сначала аккумулируется в твердом материале, а затем передается другому теплоносителю [3]. Они применяются в основном для газов, их эффективность оптимальна для высокотемпературных потоков. Конструкция регенеративных теплообменных аппаратов дорога и сложна, но не смотря на это, такой тип теплообменников используется в тех областях, где требуется утилизация тепла из высокотемпературных потоков или где циклический процесс теплообмена является преимуществом [2].

Смесительные теплообменники — это тип теплообменных аппаратов, в которых тепло передается путем непосредственного смешивания двух или более теплоносителей [2]. Их схема простая и бюджетная, эффективность высокая, отличительной чертой является обязательная совместимость теплоносителей. Смесительные теплообменники незаменимы в тех областях, где прямой контакт теплоносителей допустим и полезен.

Рассмотрим различные типы рекуперативных теплообменников, как наиболее распространённые, параллельно обозначим их преимущества и недостатки.

Кожухотрубчатые теплообменники являются одним из популярных видов теплообменников [3]. Их конструкция позволяет эффективно работать при высоких давлениях и температурах, что делает их идеальными для применения в химической и нефтехимической промышленности, их популярность обусловлена большей надежностью, благодаря большому диаметру труб, такие аппараты не боятся загрязнений, которые могут навредить продвижению потоков теплоносителей. Однако, несмотря на свои преимущества, такой вид не универсален, из-за значительных габаритов и сложности в обслуживании, что может стать ограничивающим фактором в некоторых случаях [1].

Пластинчатые теплообменники, в отличие от кожухотрубчатых, отличаются высокой теплопередачей и компактными размерами. Их конструкция легко разборная, что значительно упрощает техническое обслуживание [2]. Тем не менее, из-за устройства работы, они более уязвимы к загрязнениям, в отличие от кожухотрубчатых теплообменников, потоки с теплоносителем движутся по узким канавкам, из-за чего загрязнения скапливаются куда быстрее, так же они могут быть менее устойчивыми к высоким давлениям и температурам, что ограничивает их применение в определенных областях [2]. Кроме того, стои-

мость пластинчатых теплообменников может быть выше, чем у кожухотрубчатых.

Теплообменники типа «труба в трубе» представляют собой интересный компромисс между простотой конструкции и эффективностью. Они просты в обслуживании благодаря своему устройству [2]. При правильном уходе такие теплообменники могут служить десятилетиями, обеспечивая стабильную работу систем, стоимость данного аппарата бюджетная. Они могут быть использованы в различных условиях, однако их эффективность ниже по сравнению с другими видами конструкции теплообменников, особенно при высоких нагрузках, связано это с значительно малой площадью теплообмена, чем у пластинчатых или кожухотрубчатых теплообменников, у которых площадь увеличена за счет множества трубок или пластин, а при той же производительности устройство типа «труба в трубе» занимает больше места [1].

При выборе подходящего теплообменника необходимо учитывать множество факторов, включающие температуру, давление, тип теплоносителя, стоимость эксплуатации, доступное пространство и требования к обслуживанию. Важно также учитывать специфику применения, так как разные отрасли предъявляют различные требования к теплообменным устройствам. Например, в пищевой промышленности ключевыми критериями являются гигиеничность, легкость очистки и использование материалов, устойчивых к коррозии. В энергетике и химической промышленности акцент делается на долговечность, устойчивость к высоким температурам и давлениям, а также способность работать с агрессивными средами.

Теплообменные аппараты играют ключевую роль в современных промышленных, энергетических и бытовых системах. Наиболее широко используются рекуперативные теплообменники, такие как кожухотрубчатые и пластинчатые теплообменники, которые остаются наиболее популярными типами оборудования благодаря своей универсальности, надежности и широкому спектру применения. Их использование продолжает расти, особенно в условиях, где требуется высокая эффективность, долговечность и простота обслуживания. Регенеративные теплообменники нашли свое применение в условиях высоких температур и циклических процессов, например, в металлургии и энергетике, где требуется утилизация тепла. Современные тенденции направлены на повышение энергоэффективности, использование новых материалов и внедрение автоматизированных систем управления.

Список литературы

1. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2. Газовые турбины. Теплообменные аппараты: учебное пособие/ В.В. Сахин; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2015. С 121-128.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е в 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты/ Ю. И. Дытнерский. - стер. изд. - Москва : Альянс, 2015. С 333-357.
3. Тепломассообмен: учебник для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2011. С 512 – 521.

ПРОЦЕСС КОГЕНЕРАЦИИ НА КОТЕЛЬНЫХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Активное внедрение возобновляемых источников энергии, тепловых насосов и комбинированных установок в системы отопления как промышленных, так и гражданских объектов способствует значительной экономии топливно-энергетических ресурсов и более эффективному использованию органического топлива. В России развитие энергетики включает территориальные системы комбинированной выработки энергии, известные как когенерационные установки, которые обеспечивают одновременно производство тепловой и электрической энергии [1].

На когенерационных установках в качестве первичного источника энергии используются двигатель внутреннего сгорания и электрогенератор, для получения электрической и тепловой энергии. Этот процесс схож с обычными методами производства электроэнергии, но с тем отличием, что выделяющееся в процессе тепло направляется в систему утилизации тепла, где оно используется для отопления, нагрева воды, технологических нужд на промышленных предприятиях, а также для охлаждения через абсорбционные холодильные установки. Основные достоинства когенерационных установок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Достоинства когенерационных установок

Достоинства	Обоснование
Высокий КПД	Когенерационные установки эффективно используют топливо, перерабатывая до 80-90% энергии в полезную форму (тепло и электричество). Это выше по сравнению с традиционными ТЭС, где КПД обычно не превышает 40-50%.
Снижение затрат на энергию	Поскольку тепло и электроэнергия производятся одновременно, это снижает затраты на энергоснабжение и повышает экономическую эффективность.
Экологическая устойчивость.	За счет сокращения потребления топлива когенерационные установки уменьшают выбросы парниковых газов и других загрязнителей, что положительно сказывается на окружающей среде.
Независимость от централизованных сетей.	Когенерационные установки могут функционировать в режиме автономного источника энергии, что особенно ценно для удаленных объектов и предприятий, нуждающихся в независимом энергоснабжении.
Гибкость в выборе топлива	Установки могут работать на различных видах топлива (природный газ, биомасса, уголь), что дает пользователям гибкость при выборе источника энергии.

Однако в процессе когенерации возникает проблема избыточной тепловой энергии в летний период, так как потребность в ней существует только в отопи-

тельный сезон. Для эффективного использования этой энергии необходимо искать альтернативные решения.

Одним из таких решений может быть сезонное аккумулирование тепла – это технология, позволяющая накапливать тепло в теплое время года и сохранять его для использования в холодный сезон [1]. Этот метод является эффективным решением для повышения энергетической независимости и снижения затрат на отопление.

Существует несколько технологий сезонного аккумулирования тепла, представленных в таблице 2, которые различаются по способу хранения тепла и использованию различных типов теплоносителей.

Таблица 2 – Виды сезонного аккумулирования тепла

Аккумулирование в водяных резервуарах	Вода в специальных резервуарах является популярным вариантом для хранения тепла, поскольку она обладает высокой теплоемкостью. Такие резервуары могут быть подземными или наземными и сохранять тепло в течение нескольких месяцев. Примеры таких систем можно встретить в частных домах и промышленных объектах.
Аккумулирование тепла в грунте (тепловые скважины)	В этом методе тепло передается в грунт через системы тепловых скважин. Летом тепло передается в землю, а зимой из грунта извлекается с помощью теплового насоса для отопления. Этот метод подходит для длительного хранения тепла и обладает высокой эффективностью.
Аккумулирование в скальных породах	Тепло аккумулируется в скальных породах или грунтовых структурах с высокой теплоемкостью. Тепло можно хранить и забирать с помощью трубопроводов, проложенных в массиве породы. Подходит для районов, где есть плотные скальные породы или другие подходящие природные резервуары.
Аккумулирование в подземных водоносных горизонтах	В этом методе тепло аккумулируется в подземных водоносных горизонтах, то есть в слоях породы, содержащих подземные воды. Вода нагревается летом и циркулирует в слое, а зимой тепло откачивается. Эта система требует тщательного проектирования и соблюдения экологических стандартов.
Фазопереходные материалы	Используются специальные материалы, которые сохраняют тепло за счет фазового перехода (например, плавления или затвердевания). РСМ могут накапливать большое количество тепла на малых объемах, но пока технология остается дорогой и ограниченно используется.

При выборе системы сезонного аккумулирования тепла, необходимо:

1. Произвести расчет физической и математической модели;
2. Проанализировать затраты на строительство системы;
3. Оценить возможность оптимального управления процессом.

Наиболее экономичной теплоаккумулирующей средой являются грунтовые массивы, которые в настоящее время получили наибольшее распространение.

ние. Принцип работы системы состоит в следующем: в летний период происходит сбрасывание избыточного тепла в грунт, аккумулируя его для использования в отопительный сезон при помощи геотермальных тепловых насосов. Центральным элементом системы является подземный аккумулятор. [2]

Схематическое изображение грунтового аккумулятора представлено на рисунке 1.

Грунтовый аккумулятор состоит из вертикальных теплообменников, представляющих собой замкнутые U-образные скважины. Вертикальная геотермальная скважина изображена на рисунке 2.

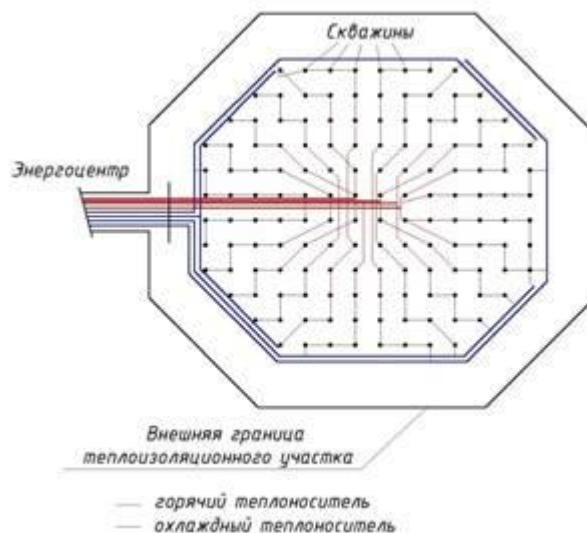


Рисунок 1. Схематическое представление грунтового аккумулятора

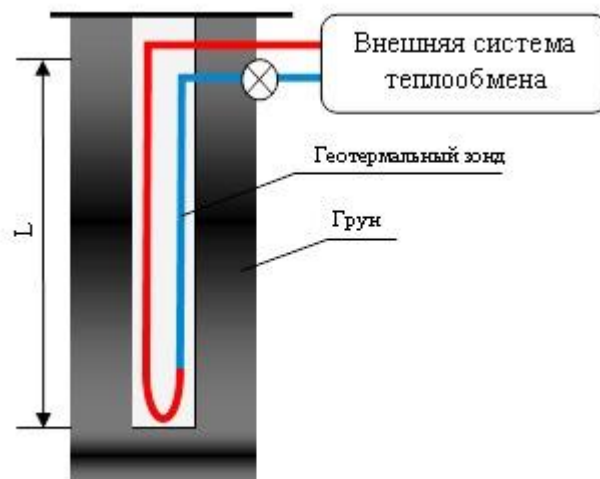


Рисунок 2. Вертикальная укладка геотермального зонда

Работа грунтового аккумулятора организована таким образом, что тепло равномерно передается всеми теплообменниками по всему объему. При разрядке аккумулятора периферийные теплообменники отключаются для обеспечения стабильного извлечения тепла из центральной части коллектора.

В качестве среды для грунтового аккумулятора рекомендуется использовать естественный грунт. Геологические и климатические особенности местности, такие как теплопроводность почвы, глубина промерзания и скорость теплообмена, учитываются при расчете параметров аккумулятора.

Поскольку накопленное тепло имеет низкий температурный потенциал, оптимальным способом его извлечения считается использование грунтовых тепловых насосов, которые используют низкопотенциальное тепло грунта как основной источник энергии.

С точки зрения экономии, те же геотермальные скважины можно применять как для сброса, так и для извлечения тепла насосом, что позволяет снизить затраты на создание системы.

Рекомендуется размещать грунтовый аккумулятор рядом с тепловым насосом, чтобы минимизировать потери тепла, а также вблизи потребителя, например, котельной, систем отопления или объектов, использующих низкотемпературные отопительные приборы, такие как фанкойлы или теплые полы.

Сочетание когенерационных установок и тепловых насосов позволяет достигнуть высокой эффективности и экономичности при использовании тепловой энергии. Актуальность этого подхода будет расти по мере увеличения расходов на производство тепловой и электрической энергии.

Список литературы

1. Гарькавый К.А. Методы сезонного аккумулирования теплоты // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – № 2 – С. 29–30.
2. Матвеева А.С. Экономические проблемы эффективности когенерации // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 11.
3. Трошина Н.С. О моделировании задачи оптимизации показателей экономичности когенерационных газопоршневых установок с учетом эксплуатационных затрат и показателей вредных выбросов // Омский научный вестник. – 2017. – № 6(156). – С. 97–101.
4. Хороших О.В., Стариков А.П., Громов А.Н. Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения // Повышение эффективности объектов теплоэнергетики и систем теплоснабжения: Межвузовский тематический сборник научных трудов / Омский государственный университет путей сообщения. Омск. – 2016. – С. 29–30.

СЕКЦИЯ 4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Д.Г. Агейченков, студ.; рук. В.А.Курылев, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНВЕРТАЦИИ ФАЙЛОВ

В данной статье рассматриваются три основных подхода к конвертации файлов: ручной, автоматизированный и основанный на использовании искусственного интеллекта (ИИ). Конвертация файловых форматов представляет собой важную задачу в условиях современной цифровой среды, где данные циркулируют между разными платформами, устройствами и программным обеспечением. Правильный выбор метода преобразования влияет не только на удобство работы пользователя, но и на точность передачи информации, производительность процессов и безопасность данных. Проведен сравнительный анализ описанных подходов, выделены их сильные и слабые стороны, а также рассмотрены наиболее актуальные области применения. Статья ориентирована на специалистов в области информационных технологий, разработчиков программного обеспечения, системных администраторов, а также пользователей, сталкивающихся с необходимостью преобразования форматов данных в профессиональной или бытовой деятельности.

Исторически задача преобразования файлов возникла почти сразу после появления первых компьютерных систем, когда стало очевидно, что программное обеспечение разных производителей не всегда совместимо. Пользователи сталкивались с невозможностью открыть файлы, созданные в одной программе, в другой без потери данных. Это особенно ярко проявлялось в текстовых редакторах, графических редакторах и мультимедийных приложениях. Первые попытки конвертации были строго ручными и зачастую сводились к копированию и вставке содержимого между приложениями или полному повторному созданию файлов. Со временем появились специальные утилиты и программы, направленные на решение проблемы совместимости форматов.

Ручной метод преобразования предполагает использование доступных пользователю инструментов, входящих в состав операционной системы или установленного программного обеспечения. Например, документ, созданный в формате DOCX, можно открыть в текстовом редакторе и сохранить в формате PDF или ODT. Аналогично изображения можно экспортировать из одного формата в другой с помощью графических редакторов, таких как Adobe Photoshop или GIMP. Преимущество этого подхода заключается в его доступности и простоте. Пользователь может самостоятельно контролировать процесс, проверять содержимое и настраивать параметры преобразования под свои нужды. Кроме того, ручной метод не требует подключения к интернету и передачи данных на

внешние серверы, что особенно важно при работе с конфиденциальной или чувствительной информацией.

Однако у данного подхода имеются существенные недостатки. Он требует значительных временных затрат, особенно если необходимо обработать большое количество файлов. Человеческий фактор также не исключен: возможны ошибки при выборе формата, неправильное сохранение или потеря части данных. Кроме того, ручной способ плохо масштабируется, поскольку с увеличением количества файлов возрастает и объем рутинной работы. Он не подходит для конвертации редких форматов, требующих специфического программного обеспечения или специальных библиотек.

Автоматизированный подход решает многие из перечисленных проблем. Суть его заключается в использовании программ, скриптов или утилит, позволяющих в автоматическом режиме производить конвертацию большого объема данных. Например, утилита FFmpeg широко применяется для обработки аудио и видеофайлов, предоставляя гибкие возможности для пакетной конвертации и сжатия медиафайлов. Для текстовых и табличных документов может быть использован Pandoc, позволяющий конвертировать данные между множеством текстовых форматов. Кроме того, существует множество облачных сервисов, таких как CloudConvert и Zamzar, которые предлагают удобную онлайн-конвертацию без необходимости установки дополнительного ПО [3; 4].

Основные преимущества автоматизированного метода — высокая скорость работы, снижение вероятности ошибок, возможность обработки больших объемов данных и масштабируемость. Как отмечает К. Браун в своем исследовании, автоматизация процессов обработки данных позволяет значительно оптимизировать рабочие процессы в организациях и повысить производительность труда [2]. Однако данный метод также требует начальной настройки: написания или редактирования скриптов, установки и конфигурации программного обеспечения. Кроме того, автоматизация может быть недостаточно гибкой: многие программы работают по заданным алгоритмам и не всегда позволяют учесть индивидуальные особенности конкретных файлов. При использовании облачных сервисов возникает и проблема конфиденциальности, поскольку файлы передаются на удаленные серверы. Это может быть критично при работе с персональными или корпоративными данными.

С развитием технологий все большую популярность приобретают методы, основанные на применении искусственного интеллекта. Такие системы не только преобразуют файлы, но и выполняют интеллектуальную обработку: восстанавливают утерянные фрагменты, устраняют шумы, повышают качество изображений, переводят текст с сохранением структуры и контекста. Благодаря алгоритмам машинного обучения и нейросетям ИИ-системы способны анализировать содержимое файлов, подбирать наилучший формат преобразования, автоматически исправлять ошибки и адаптироваться под новые условия. По мнению Дж. Смита, методы, основанные на ИИ, открывают новые горизонты в сфере обработки данных, поскольку обеспечивают качественное улучшение ис-

ходного материала и значительно расширяют функциональные возможности программных систем [1].

Вместе с тем, использование ИИ-методов требует значительных ресурсов и технической подготовки. Алгоритмы нуждаются в большом объеме обучающих данных, а их разработка требует высокой квалификации специалистов. Кроме того, точность работы таких систем напрямую зависит от качества предварительного обучения: при отсутствии соответствующих данных возможны ошибки или некорректное преобразование. Также важным ограничением является требование высокой вычислительной мощности, что делает такие методы недоступными для широкого круга пользователей без специального оборудования или доступа к облачным платформам с ИИ-инфраструктурой.

Современные тенденции показывают, что интеграция ИИ в популярные офисные решения уже становится нормой. Например, в последних версиях Microsoft Office и Google Docs используются интеллектуальные алгоритмы для перевода, стилистического редактирования и даже автоматического подбора форматов вывода. Это свидетельствует о том, что граница между автоматизацией и ИИ постепенно стирается, а пользователи получают все более интеллектуальные инструменты для работы с данными. Кроме того, появляются гибридные решения, сочетающие автоматизированный подход с возможностью интеллектуальной настройки, что обеспечивает более высокий уровень качества и универсальности.

Углубляясь в практическое применение каждого из описанных методов, можно отметить, что ручной способ широко используется в образовательной и административной среде. Например, преподаватели часто преобразуют презентации и текстовые документы в PDF-формат для распространения среди студентов. В таких случаях важна возможность вручную отредактировать и проверить итоговый файл перед публикацией. Аналогично, в работе с графическими материалами дизайнеры и иллюстраторы нередко сохраняют изображения в нужных форматах вручную, чтобы проконтролировать качество, разрешение и цветовую палитру.

Автоматизированный подход находит широкое применение в корпоративной среде, особенно в организациях, где требуется регулярная конвертация больших массивов данных. Например, в юридических и бухгалтерских фирмах автоматизация используется для массового перевода документов в архивные форматы, такие как PDF/A. В медиапроизводстве утилиты типа FFmpeg применяются для автоматического преобразования видеоматериалов в требуемые форматы и разрешения для публикации на разных платформах. Сценарии на Python с использованием библиотеки Pandas позволяют в автоматическом режиме конвертировать табличные данные из Excel в базы данных или другие аналитические форматы, что особенно актуально при подготовке отчетности.

Методы, основанные на ИИ, активно внедряются в сферах, где важна не просто конвертация, а интеллектуальная обработка. Например, в медицинской диагностике ИИ применяется для преобразования сканов МРТ и КТ в форматы, пригодные для последующего анализа или передачи между клиниками, с одно-

временным улучшением качества изображений. В юридической практике нейросети используются для распознавания и структурирования отсканированных документов, включая автоматическое выделение ключевых данных и преобразование их в машиночитаемый вид. В области локализации программного обеспечения ИИ позволяет не только переводить интерфейсы, но и адаптировать их структуру под целевой язык и культуру, что выходит за рамки обычной конвертации.

Перспективы развития методов конвертации связаны с дальнейшим распространением облачных технологий, ростом производительности вычислительных систем и совершенствованием ИИ-алгоритмов. Уже сегодня нейросети не только преобразуют данные, но и создают новые файлы на основе анализа исходной информации. В будущем можно ожидать появления систем, способных самостоятельно определять формат входных данных, анализировать цели пользователя и выбирать оптимальные способы конвертации, минимизируя необходимость вмешательства со стороны человека.

Выбор метода конвертации зависит от конкретной задачи, объема данных, уровня доступа к программным ресурсам и требований к точности преобразования. Ручной метод целесообразен при работе с единичными файлами, когда важна индивидуальная настройка и контроль. Автоматизация подходит для регулярной и массовой обработки данных, обеспечивая стабильность и высокую скорость. Методы с применением ИИ актуальны в тех случаях, когда необходимо не просто преобразование, а интеллектуальный анализ и улучшение качества информации. На практике нередко используется комбинированный подход, позволяющий достичь оптимального результата с учетом особенностей каждого конкретного случая.

Список литературы

1. Смит, Дж. Конвертация файловых форматов: принципы и применение. – Springer, 2021. – 320 с.
2. Браун, К. Автоматизация обработки данных: преимущества и вызовы. – Elsevier, 2020. – 256 с.
3. Документация API CloudConvert [Электронный ресурс]. – URL: [\[https://cloudconvert.com/api/v2\]](https://cloudconvert.com/api/v2).
4. Руководство по конвертации файлов Zamzar [Электронный ресурс]. – URL: [\[https://www.zamzar.com/guides/\]](https://www.zamzar.com/guides/).

*Т.А. Андреев, студ.; С.А. Литвин, студ.; рук. А.В. Полячков к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОТЛАДЧИК ПРОЦЕССОРОВ RISC-V

RISC-V - расширяемая открытая и свободная система машинных команд на основе концепции RISC, предназначенная для разработки системного ПО и создания процессорных архитектур любого назначения, например для центральных микропроцессоров и микроконтроллеров [1].

В современное время существуют различные онлайн инструменты для работы с RISC-V: RISC-V Playground, RISC-V Spike, RISC-V Simulator и другие, которые позволяют производить отладку программного кода, написанного на языке ассемблер.

Для учебных целей требуется разработать отладчик для встраивания на программируемые схемы типа FPGA.

Разрабатываемый отладчик содержит следующие функциональные характеристики:

- выполнение отображения хода выполнения целочисленных команд архитектуры RISC-V;
- импорт текста на языке ассемблер;
- монитор отладчика должен отображать адреса и коды отлаживаемых команд, содержимое регистров сверхоперативной памяти процессора, отдельных ячеек (блоков) оперативной памяти;
- автоматический и ручной режим отладки;
- добавление и удаление точек останова;
- организация входных и выходных данных: входные данные (текст на языке ассемблера); выходные данные (значения регистров) [2].

Разработанная программа не проводит лексический и синтаксический анализы, а сразу производит выполнение кода, так как предполагается, что импортированный текст на языке ассемблер корректен.

Интерфейс программы (рисунок 1) реализует действия:

- пошаговая отладка (ручной режим);
- полная отладка (автоматический режим);
- остановка отладки;

Также отображаются:

- список пронумерованных флажков (для отображения номера строки, а также для установки точек останова);
- текстовое поле для импорта кода программы
- вкладки:
 - отладка (для вывода информации о выполнении кода и о наличии или об отсутствии ошибок),
 - память (для вывода занимаемой памяти)
 - регистры (для просмотра значений регистров до, во время и после выполнения кода).

При пошаговой и полной отладке первоначально анализируется полный текст программы для распознавания меток и дальнейшей работы с ними. При пошаговой отладке необходимо нажимать на кнопку каждый раз, если нужно выполнить строку кода, причем в строке содержится только одна команда и необходимые операнды. При автоматической отладке кнопка «Полная отладка» нажимается один раз. При возможном бесконечном цикле при выполнении кода в программе предусмотрена функция прекращения выполнения кода, которая активируется кнопкой «Остановка отладки».

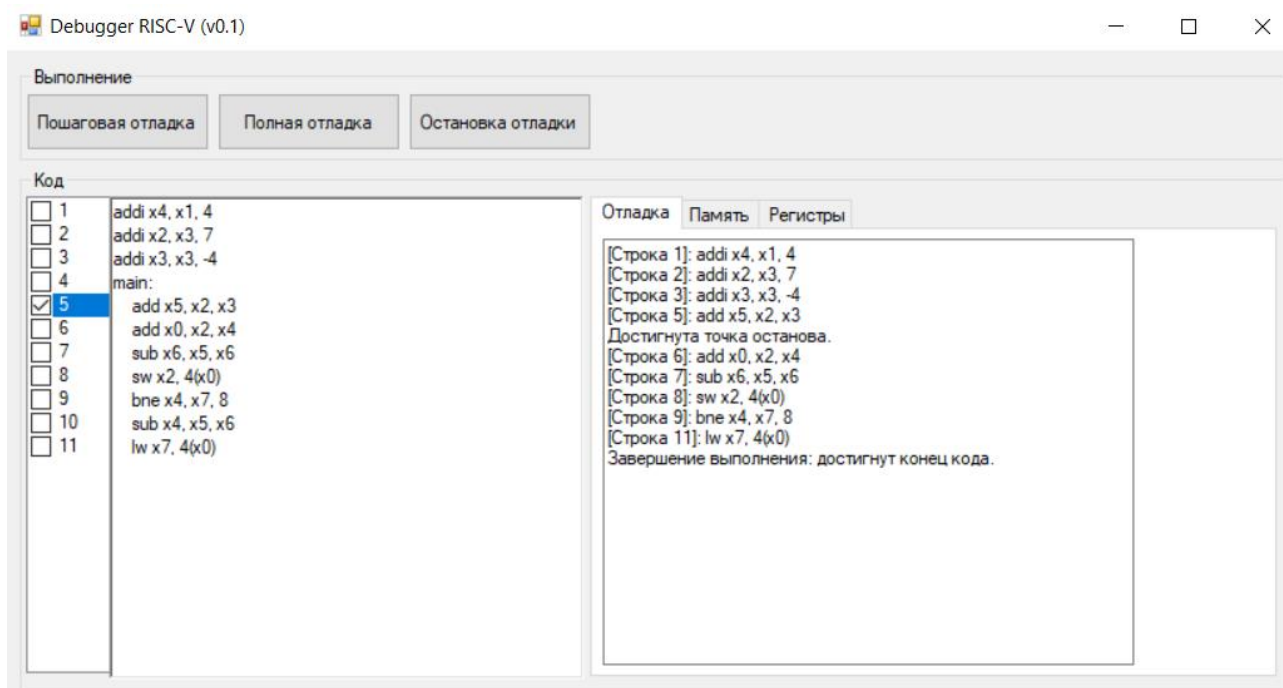


Рисунок 18 – Интерфейс отладчика

Базовые команды RISC-V используют 32 регистра, именно с помощью них происходит выполнение команд. Они будут выводиться по мере выполнения кода программы (рисунок 2) [3].

Также в программе выводятся значения адресов памяти и их содержимого (рисунок 3).

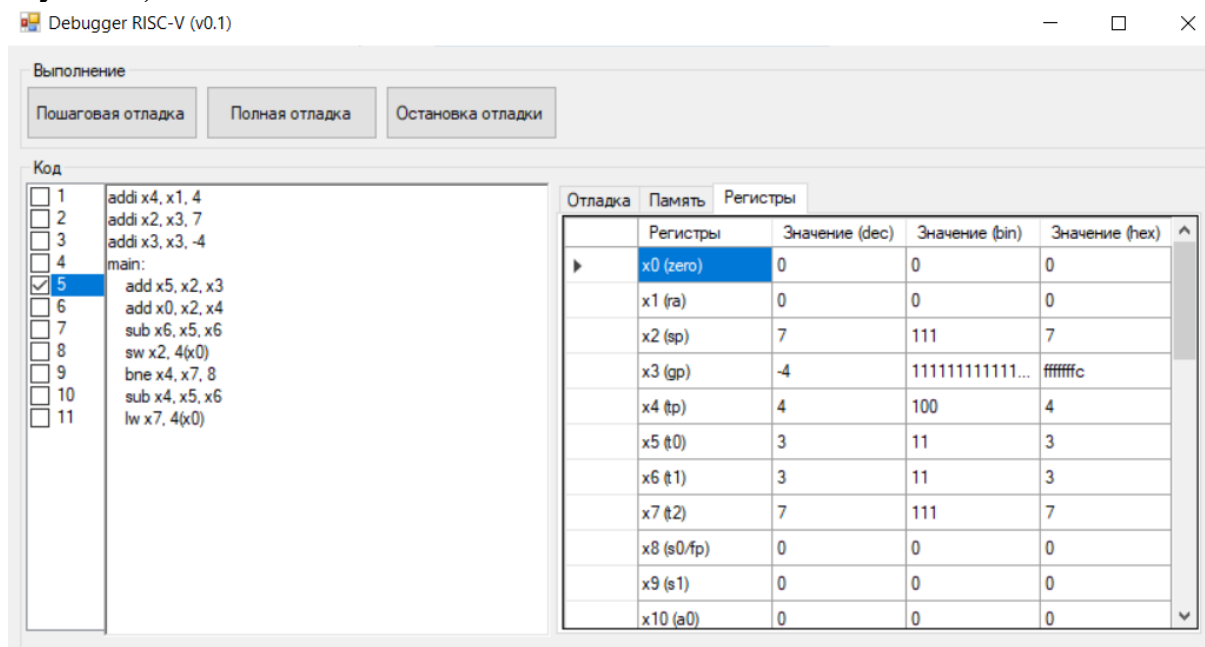


Рисунок 19 – Вывод значений регистров

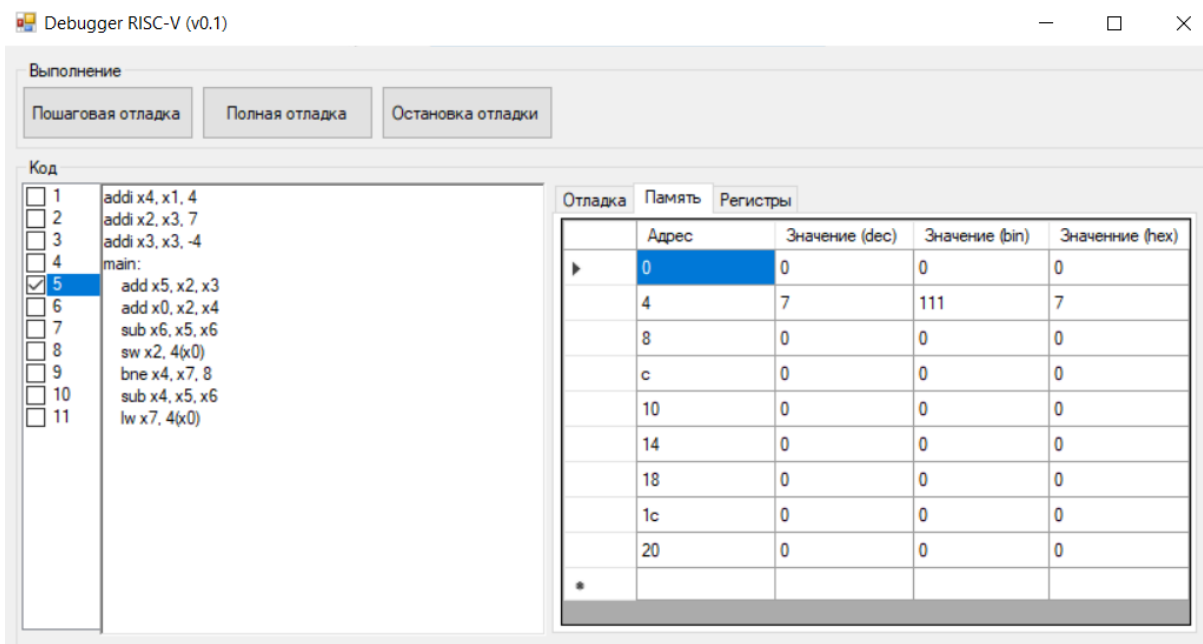


Рисунок 20 – Вывод значений памяти

Таким образом, для учебных целей был разработан отладчик RISC-V для встраивания на программируемые схемы типа FPGA, выполняющий команды и выводящий информацию о результате их выполнения.

Список литературы

1. Ben Keller. RISC-V, Spike, and the Rocket Core. CS250 Laboratory 2 (Version 091713) // [Электронный ресурс]. Режим доступа: – URL: <https://web.archive.org/web/20140903185328/http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~cs250/fa13/handouts/lab2-riscv.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).
2. Макконнелл С. M15 Совершенный код. Мастер-класс / Пер. с англ. — М. : Издательство «Русская редакция», 2010. — 896 стр. : ил. ISBN 978-5-7502-0064-1.
3. RISC-V Foundation. RISC-V: Открытая стандартная архитектура команд // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – URL: <https://riscv.org> (дата обращения: 15.03.2025).

*П.А. Артюхова, маг.; рук. Д.Ю. Волкова, к.э.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РЕИНЖИНИРИНГ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

В настоящее время реинжиниринг информационных процессов занимает важное место для обеспечения конкурентоспособности и устойчивости организаций. Многочисленные методы и инструменты оптимизации различных бизнес-процессов в недостаточной мере обеспечивают необходимый уровень эффективности за частую автоматизация процессов, подразумевающая применения ПО для увеличения производительности и минимизации человеческого фактора сосредоточена на привычных операциях, но не затрагивает их основную структуру. Существующие решения способны улучшить отдельные элементы, но не меняют суть информационных процессов что снижает их эффективность.

Традиционные подходы к реинжинирингу нередко опираются на статические модели [1-3], упрощающие сложные системы до уровня, где игнорируются многие переменные и их взаимосвязь, что создает видимость понимания про-

цессов, в то время как реальные условия остаются неучтенными. В данных условиях использование нейро-нечетких систем приобретает особую значимость. Их внедрение в информационные процессы позволяет организациям преодолевать не только существующие вызовы, но и приспосабливаться к изменениям в деловой среде, увеличивая общую гибкость и улучшая качество. Они объединяют адаптивность нейронных сетей с возможностями нечеткой логики что позволяет воспроизводить имитацию человеческого мышления при принятии решений.

Нейро-нечеткие системы способны проводить анализ больших массивов данных и обнаруживать сложные зависимости и закономерности, которые могут быть пропущены традиционными моделями и инструментами. Также системы обрабатывают различные несистематизированные данные объединяя источники информации снижая уровень неопределенности информационных процессов, что позволяет получить целостное представление происходящего. Благодаря синтезу аналитики и знаний возможности для маневрирования в условиях неопределенности имеют широкий диапазон позволяя руководству организации корректировать стратегии на основе полученных результатов и принимать обоснованные решения. Учитывая рост сложности и объема данных в информационных системах важным, является адаптация нейро-нечетких систем под новые условия обеспечивая более быструю и точную обработку информации, что позволит организациям преодолевать изменчивость и неопределенность рыночной среды. Возможности и ограничения применения нейро-нечетких систем в реинжиниринге информационных процессов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Возможности и ограничения применения нейро-нечетких систем в реинжиниринге информационных процессов

№	Возможность	Ограничение
1	Повышение достоверности анализа данных	Сложность параметризации моделей
2	Гибкость в обработке различных типов данных	Зависимость от больших массивов данных для проведения обучения
3	Автоматизированное принятия решений на основе результатов анализа	Высокие требования к вычислительной мощности
4	Умение адаптироваться к изменениям внешней и внутренней среды	Потребность в экспертных навыках для разработки
5	Ускоренный темп обработки информации	Угрозы и риски, связанные с переобучением моделей
6	Улучшение координации между операциями	Необходимость в непрерывном контроле и корректировки моделей
7	Сокращение расходов посредством оптимизации процессов	Юридические и моральные проблемы при преобразовании данных

Интеграция нейро-нечетких систем в реинжиниринг информационных процессов сочетает в себе комплексный подход элементов нечеткой логики и искусственного интеллекта для эффективного протекания различных бизнес-процессов в организациях. Применение таких систем для анализа сложных необработанных данных способствует увеличению скорости, точности и эффективности при принятии решений. Общая структура этапов внедрения нейро-нечетких систем в информационные процессы реинжиниринга представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные этапы реинжиниринга информационных процессов в условиях внедрения нейро-нечетких систем

На первом этапе необходимо четко выявить проблемы, требующие решения и определить процессы подлежащие оптимизации. К примеру, это может быть минимизация издержек в организации, увеличение скорости обработки данных и повышение качества обслуживания клиентов. Следующим шагом является определение источников информации (как структурированная, так и неструктурированная) для нейро-нечеткой системы. Важно обеспечить высокое качество собираемых данных для предотвращения ошибок в их последующем анализе. Третий этап включает разработку архитектуры нейро-нечеткой системы, выбор алгоритмов, определение входных параметров нейронной сети и проведение предварительного тестирования модели для проверки правильной обработки данных. На четвёртом этапе необходимо обеспечить эффективную коммуникацию между ИТ-специалистами структурных подразделений для стабильной работы новой системы в рамках текущих информационных процессов, а также провести обучение сотрудников эффективной работе с данной технологией. Затем осуществляется оценка производительности системы в реальных условиях, выявляются возможные недостатки и вносятся корректировки. Данный процесс требует проведения множества итераций для достижения опти-

мального результата. На последнем этапе применяется оценка отзывов пользователей и данных о фактических результатах для улучшения работы информационных процессов.

Дальнейшее развитие нейро-нечетких систем будет связано с совершенствованием алгоритмов машинного обучения и расширением их функциональных характеристик. Стоит ожидать активного использования мультиагентных систем, способных объединить элементы нечеткой логики с другими подходами и методами, их интеграция приведет к созданию более мощных инструментов анализа данных и поддержки принятия решений, что в последствии увеличит эффективность всех процессов организации. Подготовка и обучение сотрудников является приоритетной задачей поскольку от их квалификации и степени восприятия системы во многом зависит потенциал ее успешной интеграции.

Таким образом, эффективность нейро-нечеткой системы может претерпевать изменения со временем, поэтому необходимо проведение регулярного анализа и корректировки данных. Интеграция нейро-нечетких систем в реинжиниринг информационных процессов открывает перспективы для роста конкурентоспособности организаций и требует комплексного подхода, включающего различные аспекты, позволяющие создавать устойчивые и инновационные бизнес-модели, отвечающие вызовам современного мира.

Список литературы

1. Роль искусственного интеллекта в автоматизации бизнес-процессов / Е.А. Тасполат, П.Ы. Еримбет, А.М. Абишева, Ш.И. Одилова // Молодой ученый. - 2024. - № 48(547). - С. 11-12.
2. Серхенов М.Э. Применение и перспективы искусственного интеллекта в автоматизации бизнес-процессов / М.Э. Серхенов, К.Ч. Сейитниязов // Вестник науки. - 2024. - Т. 4, № 5(74). - С. 1534-1537.
- 3 Карпов В. А. Особенности внедрения цифрового реинжиниринга бизнес-процессов в малом и среднем бизнесе / В. А. Карпов, А. В. Павлов // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. - 2021. - № 4. - С. 79-87.

*Д.Е. Балацкий, асп.; рук О. В. Булыгина, к.э.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИННОВАЦИОННЫЙ СКОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ НЕОПРЕ- ДЕЛЕННОСТИ

Экономическая безопасность современного государства в значительной степени определяется способностью эффективно управлять инвестиционными ресурсами, направляемыми в высокотехнологичные и наукоёмкие отрасли. В условиях усиления глобальной конкуренции и ускоренного технологического развития особую значимость приобретает точная и оперативная оценка инвестиционной привлекательности инновационных проектов. Одним из перспективных подходов в этом направлении выступает система инновационного скоринга – специализированная методика, обеспечивающая комплексную оценку проектов с учётом высокой степени неопределенности и многофакторности внешней среды.

Скоринг, как инструмент количественной оценки, традиционно применяется в кредитной и инвестиционной сферах для анализа платёжеспособности и устойчивости субъектов. Однако классические скоринговые модели, основанные на статистических данных и стандартных алгоритмах (линейная и логистическая регрессия, деревья решений, анализ временных рядов), оказываются малоэффективными при работе с инновационными проектами. Это связано, прежде всего, с отсутствием достаточного массива исторических данных, а также с высокой волатильностью рыночной и технологической среды, требующей постоянного пересмотра оценок. Кроме того, традиционные подходы не учитывают качественные параметры, такие как стратегическая значимость технологий, уровень государственной поддержки, играющие ключевую роль при оценке инноваций.

Инновационный скоринг представляет собой более гибкий и адаптивный подход, в рамках которого учитываются как количественные, так и качественные характеристики проектов. Он позволяет оценить технологическую зрелость, потенциал коммерциализации, степень институциональной поддержки, а также соответствие проектных решений стратегическим приоритетам. Система инновационного скоринга формируется на пересечении интересов и информационных потоков между основными участниками инновационного процесса – разработчиками, инвесторами, государственными институтами и экспертными сообществами. Последние, обладая междисциплинарной экспертизой, обеспечивают содержательную оценку перспектив проектов в условиях высокой неопределённости. Тем самым формируется научно обоснованный механизм распределения инвестиционного капитала, способный минимизировать риски и обеспечить приоритетное финансирование наиболее перспективных разработок. Включение инновационного скоринга в стратегические контуры управления способствует формированию устойчивой инновационной экономики, ориентированной на технологический суверенитет и долгосрочный рост.

Современная методология инновационного скоринга основана на применении инструментов интеллектуального анализа данных. Так, использование нечеткой логики позволяет учитывать субъективные экспертные оценки и моделировать неопределённость параметров. Кластерный анализ применяется для выявления типовых моделей успешности и рисков среди групп схожих проектов. Методы машинного обучения позволяют обрабатывать и интегрировать разнородные источники информации – от технической документации до рыночных отчётов и данных мониторинга.

Эффективность инновационного скоринга особенно проявляется в разрезе жизненного цикла инновационного проекта. Описываемый подход предполагает поэтапную реализацию оценки, охватывая ключевые стадии развития продукта – от начальной идеи до массового внедрения на рынок. Каждый этап содержит собственные цели и инструменты анализа, обеспечивая преемственность и глубину оценки.

На рисунке 1 представлена схема, показывающая этапы, инструменты и возможные риски инновационного скоринга. На первом этапе, идентификации

и маркетингового анализа, осуществляется определение рыночного потенциала проекта, анализ конкурентной среды и сегментация инновационных идей. Применяются методы кластеризации и Data Mining, позволяющие выделить перспективные ниши и снизить риски, связанные с недостаточностью статистики. Второй этап включает в себя разработку прототипов, уточнение технических характеристик и углублённую оценку инновационного потенциала. Здесь активно используются методы многокритериального анализа и нечеткой логики, обеспечивающие учёт сложных и часто противоречивых параметров. Далее идет подготовка производства, этот этап направлен на оценку производственных рисков, надёжности поставок, финансовых параметров и готовности к серийному выпуску. Скоринговая система на этом этапе адаптируется к технико-экономическим условиям реализации проекта.

Четвёртый этап – массовое производство и выход на рынок – предполагает применение динамических методов анализа (включая машинное обучение и байесовские сети) для оценки рыночной эффективности, мониторинга рисков и своевременной адаптации бизнес-стратегий. Наконец, пятый этап – эксплуатация и постмаркетинговый мониторинг – обеспечивает анализ репутационных и эксплуатационных рисков на основе обратной связи от пользователей, эффективности применения продукта и сбора эмпирических данных для дальнейшей оптимизации и инноваций. Последовательность и системность этапов инновационного скоринга позволяют выстроить целостную траекторию сопровождения проекта, минимизируя инвестиционные ошибки.



Рисунок 1 – Этапы инновационного скоринга

Таким образом, инновационный скоринг представляет собой многоуровневую и адаптивную систему оценки, опирающуюся на интеграцию аналитиче-

ских методов и инструментов интеллектуальной обработки данных. Его внедрение способствует более точному распределению инвестиционных ресурсов, снижению рисков на каждом этапе развития проекта и повышению общей устойчивости национальной инновационной системы. В условиях ускоренной технологической трансформации и нестабильной внешней среды инновационный скоринг становится элементом современной инвестиционной политики и механизмом обеспечения экономической безопасности страны.

Список литературы

1. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Росс Г.В., Яшин Е.С. Инвестиции, инновации, импортозамещение: имитационное моделирование с элементами искусственного интеллекта в управлении проектными рисками // Прикладная информатика. 2020. Т. 15. № 1 (85). С. 68-102.
2. Масютин С.А., Булыгина О.В., Селявский Ю.В. Процедура оценки перспектив реализации инновационного IT-проекта в условиях неопределенности // Транспортное дело России. 2015. № 2. С. 156-157.
3. Дли М.И., Булыгина О.В., Малевич Е.П., Яшин Е.С. Инструменты государственного управления рисками инновационных проектов импортозамещения // Путеводитель предпринимателя. 2024. Т. 17. № 4. С. 103-109.
4. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Емельянова Н.З. Назначение приоритетов в технологических хабах на основе имитационного моделирования и нечеткой логики // Прикладная информатика. 2017. Т. 12. № 5 (71). С. 71-92.

*Д.Р. Беликов, студ.; рук. А.И. Гаврилов, ст. пр.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ В ОФФЛАЙН-РЕЖИМЕ: СТРАТЕГИИ КЭШИРОВАНИЯ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SERVICE WORKERS

Современные приложения все чаще и чаще переносятся в среду WEB для обеспечения максимального охвата пользователей. При этом, даже если приложение может работать в режиме отсутствия соединения, оно все равно требует стабильное подключение к интернету. Чтобы организовать работу приложения в оффлайн режиме, можно воспользоваться современными технологиями, а именно Service Workers и Cache API.

В настоящее время существует проблема выбора стратегий для реализации сервиса в режиме плохого соединения или его отсутствия. В ходе исследования, был проведен сравнительный анализ возможных стратегий, а также предложена архитектурная схема для реализации сервиса для планирования задач и совместной работы.

Service Workers – это фоновые скрипты, работающие отдельно от основного потока браузера, которые позволяют перехватывать сетевые запросы, управлять кэшем, обеспечивать оффлайн-функциональность, реализовывать обработку разных частей задачи (схоже с многопоточным программированием) и др. [1]

В свою очередь Cache API создано для хранения данных и доступно только в контексте Service Workers. В данный объект можно внести критически важные статические файлы (например, HTML, JS, CSS, изображения и др.), что позволяет организовать работу веб-сервиса без требования к постоянному и стабильному соединению. [2]

Вместе с развитием вышеописанных технологий, появились и типичные сценарии для их взаимодействия. Рассмотрим несколько из них.

1. Cache-First

Схематичное изображение данного сценария изображено на рисунке 1.

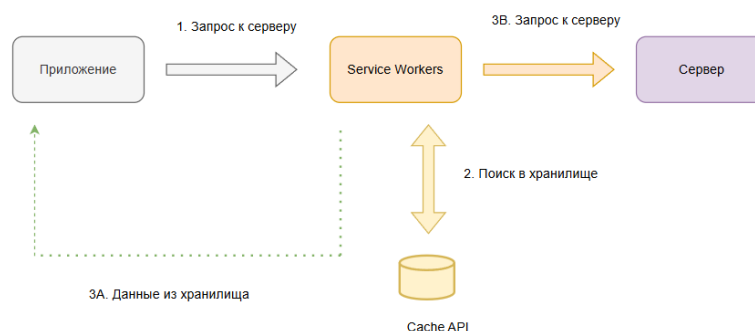


Рисунок 1 – Сценарий кэширования Cache-First

В данном сценарии приоритет отдается кэшу. Первым этапом идет запрос к серверу, который перехватывает соответствующий Service Worker. Следующим шагом он ищет данные об этом же запросе в cache. Если данные уже были загружены в кэш, то они отправляются по пути 3А к приложению, в ином случае осуществляется запрос на сервер.

Преимущества:

- Быстродействие. Запросы на сервер, как правило, имеют задержку, связанную с асинхронностью запроса. Кэш встроен в браузер, следовательно передача данных будет иметь минимальную задержку;
- Уменьшается нагрузка на сервер за счет проксирования запроса через Service Worker.

Недостатки:

- Обновление данных. Так как приоритет отдается кэшу, разработчику нужно следить, чтобы он периодически (при наличии интернета) обновлялся. Иначе может возникнуть проблема с неконсистентностью данных.

В данной стратегии приоритет отдается производительности приложения, а не актуальности данных. Ее можно использовать для хранения данных, не требующих частого обновления, например, статических веб-страниц, страниц книги в приложении для чтения и др.

2. Network-First

Схематичное изображение данного сценария изображено на рисунке 2.

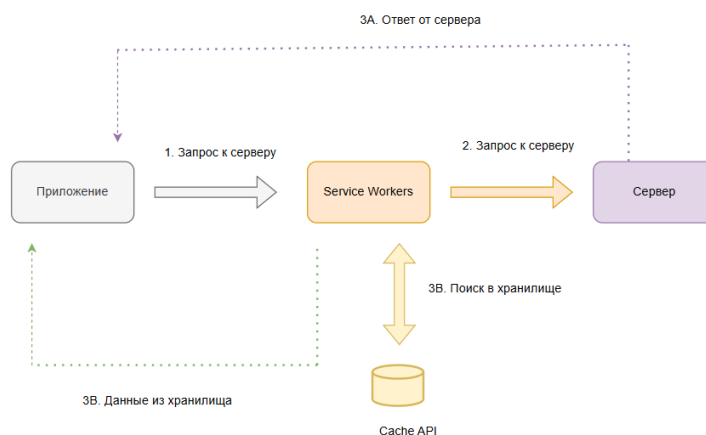


Рисунок 2 – Сценарий кэширования Network-First

Данная стратегия является альтернативой Cache-First. Единственное отличие заключается в том, что сначала идет запрос на сервер, а только потом, в случае отсутствия соединения, проверяются данные из кэша.

Преимущества:

- Разработчику не нужно следить за актуальностью данных. При наличии соединения, пользователь автоматически подгрузит последние данные из сервера;
- В случае ненадежного соединения, данные берутся из кэша;

Недостатки:

- При плохом соединении возможно существенные задержки при работе приложения.

Данная стратегия отлично подойдет для случая, когда пользователю необходимо предложить актуальные, но не часто обновляемые данные. Например, новостной ресурс при заходе в сеть может загружать некоторый объем данных в кэш, а пользователь просматривать их при отсутствии соединения.

3. Stale while revalidate

Схематичное изображение данного сценария изображено на рисунке 3.



Рисунок 3 – Сценарий кэширования Stale while revalidate

Данную стратегию можно кратко охарактеризовать как объединение двух предыдущих. Приложение делает запрос на сервер, его перехватывает Service Worker и сразу же отдает данные из кэша, параллельно отправляя запрос на сервер. В данной стратегии пользователь сразу же получает кэшированный ответ, при этом в фоновом режиме будет обрабатываться запрос, после чего он обновит кэш и состояние приложения.

Преимущества:

- При плохом соединении пользователь сразу получит данные из хранилища;
- После успешного получения ответа от сервера пользователь получит обновленную версию приложения;
- Кэш постоянно обновляется.

Недостатки:

- Сложность обработки ошибок сервера;
- Пользователи видят неактуальные данные до обновления со стороны сервера.

Данный подход отлично подойдет в приложениях, которые требуют высокую скорость загрузки, актуализацию данных (но при этом не требуют данных в реальном времени). Например, для отображения постов, просмотра погоды и других.

Проведенный сравнительный анализ позволит сделать правильный выбор стратегии в зависимости от требуемых условий. Например, приложение для планирования задач и совместной работы. Такие приложения позволяют выстроить грамотную коммуникацию между работниками в условиях удаленной работы. При этом сотрудник может уезжать в командировку, работать за границей в режиме плохого интернет соединения. Большинство современных сервисов, при загрузке страницы, выдадут ошибку о невозможности подключения к сервису.

Предлагаемое решение проблемы: добавить вышеописанные стратегии, для сохранения текущих задач пользователя, комментариев к ним, сообщений с коллегами. Схема данного решения представлена на рисунке 4.

Запрос к статическим ресурсам сайта (HTML, CSS, JS, картинкам и др.) предлагается сделать при помощи Cache First. Статические ресурсы редко меняются (только между выпусками новой версии приложения), поэтому отправка их в кэш этой стратегией увеличит быстродействие сервиса и позволит загружать страницу без подключения к интернету.

Запрос к сообщениям и задачам сделан при помощи стратегий Network First и Stale while validate соответственно. Эти стратегии были выбраны в виду важности актуализированных данных. Сообщения сервис сначала пытается загрузить из сети. Если пользователь находится в оффлайн режиме, то предоставляет последние сохраненные в кэш. Важно отметить, что в хранилище попадает не вся переписка, а только сообщения за последние несколько дней в виду оптимизации места в кэше.

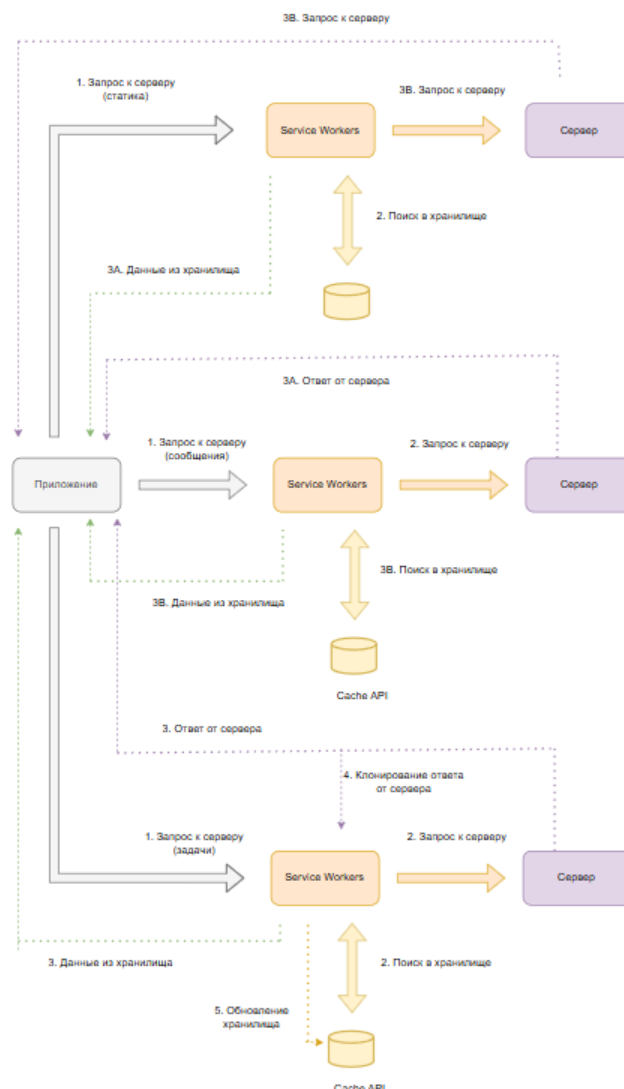


Рисунок 4 – Предлагаемая схема для реализации приложения

Задачи, исходя из схемы, сразу отдаются для просмотра пользователю. Параллельно с этим идет запрос на обновление данных. Часто, в подобных приложениях, на конкретную задачу назначается один ответственный, поэтому заранее загрузив в кэш данные, можно пользоваться сервисом без препятствий.

Стоит отметить, что хоть и технически существует возможность работы сервиса в режиме оффлайн, пользователю все равно будет необходимо подгружать актуализированные данные. Это могут быть как динамические данные (сообщения, задачи из примера выше), так и статические данные (вышло обновление приложения, следовательно нужно скачать новую версию).

Список литературы

1. PWADDEV – Обслуживание PWA [Электронный ресурс] // URL: <https://pwaddev.ru/learn/pwa/serving/> (дата обращения: 16.03.2025).
2. Cache - WEB APIs | MDN [Электронный ресурс] // URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Cache> (дата обращения: 16.03.2025).

ИНТЕРАКТИВНАЯ РАБОТА С ГРАФИКАМИ ФУНКЦИЙ НА ЯЗЫКЕ СИ

В стандартах языка программирования С отсутствуют какие-либо средства для работы с графическими объектами, поскольку многообразие возможных аппаратных средств не позволяет создать такую одновременно универсальную и производительную модель взаимодействия с ними, которая была бы применима ко всем платформам, для которых существуют соответствующие стандарту трансляторы С. [1]. Для решения задач работы различными аппаратными платформами разработана общедоступная библиотека *SDL* [2].

SDL (Simple DirectMedia Layer) это кроссплатформенная мультимедийная библиотека, предоставляющая низкоуровневый *API* для доступа к аппаратным ресурсам: графике (2D/3D), звуку, устройствам ввода (клавиатура, мышь, джойстик) и файловой системе. Написана на языке С и поддерживает *Windows, Linux, macOS, Android, iOS* и другие ОС.

Данное приложение разработано с использованием библиотеки *SDL* и предназначено для визуализации математических функций. Оно позволяет пользователям вводить математические выражения, отображать и исследовать их графики на экране. Приложение поддерживает различные режимы масштабирования графиков и предоставляет возможность настройки внешнего вида графиков и осей.

Основные возможности приложения:

- Ввод математических выражений. Пользователи могут вводить функции в виде строк, которые обрабатываются для отображения графиков. Приложение поддерживает стандартные математические операции, такие как сложение, вычитание, умножение и деление, а также функции, такие как синус, косинус и экспонента.
- Отображение графиков. Приложение визуализирует введенные функции в виде графиков на двумерной плоскости. Пользователи могут видеть, как меняется график при изменении входных данных.
- Масштабирование графиков. Пользователи могут изменять масштаб отображаемых графиков. Это позволяет детально рассмотреть интересные участки функций или получить общий обзор поведения функции на большом интервале.
- Отрисовка сетки. Приложение автоматически добавляет сетку на график для улучшения восприятия данных. Сетка помогает пользователям лучше ориентироваться в значениях и наблюдать за поведением функций.
- Подписи осей. На осях *X* и *Y* отображаются метки, что помогает пользователям лучше ориентироваться в значениях. Подписи могут быть настроены в зависимости от выбранного масштаба.
- Перемещение графика. При помощи левой кнопки мыши можно перемещать график. При нажатии клавиши «С» можно задать координаты для

точного перемещения. После ввода значений приложение автоматически переместит график в указанную позицию.

➤ *Ввод кол-во графиков.* Пользователи могут вводить кол-во графиков, которое нужно вывести на экран. Кол-во этих графиков неограниченно (оптимально 1-4).

Приложение включает в себя следующие основные модули:

- Инициализация шрифта (*initFont*). Загружает шрифт для отображения текста на графике. Если загрузка не удалась, выводится сообщение об ошибке.

- Отрисовка текста (*renderText*). Позволяет выводить текст на экран в заданных координатах. Эта функция используется для отображения подписей осей и других текстовых элементов.

- Пересчет параметров масштабирования (*recalculateScaleAndParameters*). Настраивает минимальные и максимальные значения осей X и Y в зависимости от выбранного режима масштабирования. Также рассчитывает масштабирование для каждой оси.

- Рисование осей (*drawAxes*). Отрисовывает основные оси координат (X и Y) на графике с указанием стрелок для обозначения направлений.

- Рисование сетки (*drawGrid*). Добавляет сетку на график для улучшения визуального восприятия. Сетка рисуется в соответствии с заданными параметрами шага.

- Рисование меток (*drawTicks*). Отображает метки на осях для обозначения значений. Метки помогают пользователям быстро считывать данные с графика.

- Вычисление значения функции (*evaluateFunction*). Вычисляет значение математической функции в заданной точке. Эта функция используется при отрисовке графика для получения координат точек.

- Отрисовка графика функции (*drawFunction*). Рисует график заданной функции, используя вычисленные значения. Эта функция учитывает видимость точек и адаптивно корректирует шаг отрисовки.

- Рисование подписей осей (*drawAxisLabels*). Добавляет текстовые подписи к осям X и Y, чтобы обозначить значения. Подписи помогают пользователям лучше понимать представленные данные.

В состав разработанного приложения входит собственная библиотека *calculator.h*, предназначенная для парсинга формул и вычисления введенных математических выражений. Библиотека содержит функции для последовательного разбиения выражения на более мелкие части, такие как слагаемые, множители, числа, переменные и функции, для построения и последующего вычисления математического выражения. Библиотека определяет прототипы функций для обработки различных элементов выражения, таких как выражения, члены, множители, числа, функции и возведение в степень.

Рассмотрим основные возможности приложения на примерах.

1. Вывод инструкции для пользователя (рисунок 1).

```

Хотите вывести инструкцию? (y/n): y
Инструкция:
Введите математическое выражение с использованием переменной 'x'.
Доступные операции: +, -, *, /, ^
Доступные функции: sin(), cos(), tan(), exp(), log(), sqrt(), abs()
Примеры функций:
-  $x^2 + 3x - 2$ 
-  $\sin(x) + \cos(2x)$ 
-  $\exp(-x)$ 
Для перемещения камеры к заданным координатам нажмите клавишу 'C' и введите координаты X и Y через пробел.
Для зума вперед нажмите клавиши '+' или '='.
Для зума назад нажмите клавишу '-'.
Правила записи формулы:
- Используйте только английскую раскладку клавиатуры.
- Функции должны быть записаны в нижнем регистре.
- Аргументы функций должны быть в круглых скобках.
- Пример:  $\sin(x) + 2\cos(x)$ 
Сколько функций вы хотите отрисовать?

```

Рисунок 1 – Инструкция для пользователя

2. Ввод функций для построения и исследования их графиков (рисунок 2).

```

Сколько функций вы хотите отрисовать? 2
Введите математическое выражение #1:  $\sin(2x) + 0.3x$ 
Введите математическое выражение #2:  $x^2 + 3x - 3$ 
|

```

Рисунок 2 – Ввод функций

3. Окно программы с построенными графиками (рисунок 3).

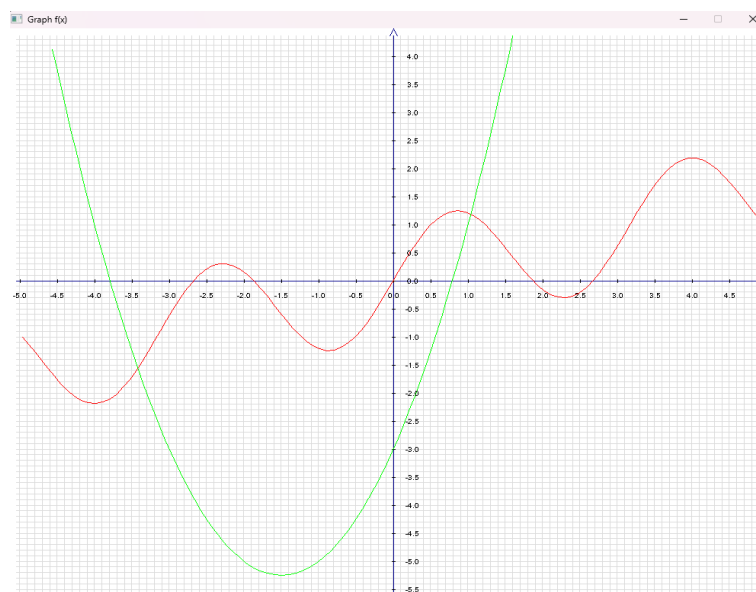


Рисунок 3 – Построенные графики

4. При нажатии клавиш «+» «-» можно изменять масштаб и искать, например, точки пересечения графиков или посмотреть общую тенденцию графиков (рисунок 4).



Рисунок 4 – Изменение масштаба графика

5. Пример рисования сразу 10 графиков (рисунки 5 и 6).

```

Хотите вывести инструкцию? (y/n): y
Инструкция:
Введите математическое выражение с использованием переменной 'x'.
Доступные операции: +, -, *, /, ^
Доступные функции: sin(), cos(), tan(), exp(), log(), sqrt(), abs()
Примеры функций:
- x^2 + 3*x - 2
- sin(x) + cos(2*x)
- exp(-x)
Для перемещения камеры к заданным координатам нажмите клавишу 'C' и введите координаты X и Y через пробел.
Для зума вперед нажмите клавиши '+' или '='.
Для зума назад нажмите клавишу '-'.
Правила записи формулы:
- Используйте только английскую раскладку клавиатуры.
- Функции должны быть записаны в нижнем регистре.
- Аргументы функций должны быть в круглых скобках.
- Пример: sin(x) + 2*cos(x)
Сколько функций вы хотите отрисовать? 10
Введите математическое выражение #1: sin(x)
Введите математическое выражение #2: cos(x)
Введите математическое выражение #3: tan(x)
Введите математическое выражение #4: exp(x)
Введите математическое выражение #5: log(x)
Введите математическое выражение #6: sqrt(x)
Введите математическое выражение #7: abs(x)
Введите математическое выражение #8: x
Введите математическое выражение #9: x^2
Введите математическое выражение #10: x^3

```

Рисунок 5 – Ввод нескольких функций

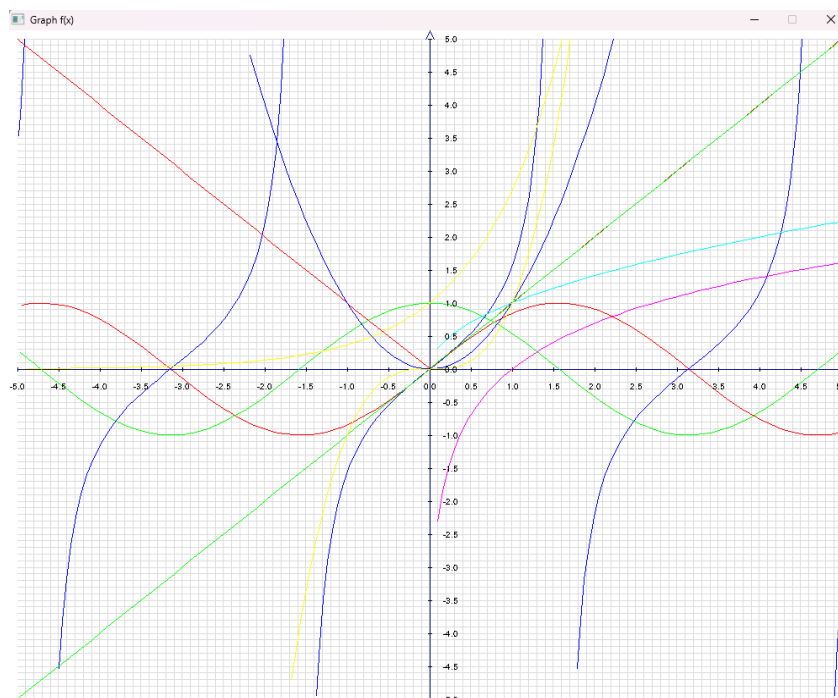


Рисунок 6 – Построенные графики

Разработанное приложение дает пользователю широкие возможности по визуализации математических функций и интерактивной работе с графиками функций, изучению их характеристик, поведения в различных интервалах, быстрого сравнения графиков, поисков экстремумов, точек пересечения и может быть с успехом использовано в лабораторных работах по программированию и аналитической геометрии.

Список литературы

1. Гушин, А. Н. Применение библиотеки SDL для разработки программ на языке C : учебное пособие / А. Н. Гушин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 118 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63684> (дата обращения: 11.03.2023). — ISBN 978-5-85546-833-5.
2. SDL Wiki — Introduction to SDL [Электронный ресурс]: URL: <https://wiki.libsdl.org/SDL2/Introduction> (дата обращения: 11.03.2023).

*В.Н. Богатырёва, студ.; рук. М.А. Свириденкова к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБЗОР ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ

В связи с последними событиями импортозамещение является, несомненно, важной задачей наших отечественных производителей. Такая задача, начиная с 2022 года, затрагивает различные сферы жизни, от продовольствия, до информационных технологий.

Некоторые импортные товары уже удалось успешно заменить отечественными аналогами. Это такие товары как лекарства, система цифровой связи "борт-земля" для российских авиакомпаний, зарядные станции для электрокаров и так далее.

Но есть и те товары, которым предстоит ещё долгий путь для полной замены импортного продукта. И некоторые из них не имеют физическую форму. Отечественные операционные системы (ОС) как раз именно такие.

Операционная система важна для современного человека, поскольку именно она обеспечивает работу некоторого устройства и взаимодействия с ним пользователя. Если бы неожиданно исчезли все операционные системы, никто не смог бы зайти на свой персональный компьютер, телефон или какое-то другое устройство и сделать привычные там дела. Не было бы этой связи, создающей взаимодействие человека с машиной.

Поэтому в современном мире операционные системы – одни из важнейших информационных продуктов. С каждым годом они всё больше совершенствуются, выпускаются новые версии, обновления, исправляются многие ошибки. Под самые популярные и распространённые операционные системы пишется огромное количество программ. Всё для того, чтобы наиболее эффективно использовать необходимые нам электронные устройства.

Наибольшую популярность в современном мире обрели такие операционные системы как Windows, macOS и Linux. Их доли на мировом рынке составляют 71,91%, 15,02% и 3,71% соответственно, что в совокупности составляет целых 90,7%. Такая цифра не только поражает, но и показывает, насколько сильно данные операционные системы востребованы по всему миру, особенно среди них выделяется Windows [1].

В данной же работе будет произведено сравнение некоторых операционных систем, которые были разработаны в России. Почти каждая из них основана на ядре Linux в виду его открытости и отсутствия единого владельца (см. Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная таблица

Операционная система	Кол-во поддерживаемых отечественных устройств	На чём базируется ОС	Разработчик	Наличие бесплатной версии для домашних ПК	Версии ОС	Минимальные системные требования		
						Место на жёстком диске (HDD) для установки ОС	Оперативная память (RAM)	Поддерживаемая архитектура процессора (CPU)
Astra Linux	>2000	Дистрибутив Debian GNU/Linux.	«Группа Астра»	+	Special Edition, Common Edition, Desktop, Mobile, Embedded, SE Server	4 Гб	1 Гб	x86-64

RED OS	>1000	Ядро Linux	«РЕД СОФТ»	+	Стандартная редакция, Сертифицированная редакция	20 Гб	2 Гб	2 ядра 1,6 ГГц
ALT Linux	>200	Французский дистрибутив Mandriva Linux	«Базальт СПО»	+	Рабочая станция, Сервер, Сервер Виртуализации, Образование, СП, Mobile	16 Гб	1 Гб	x86-64
ROSA Linux	—	Французский дистрибутив Mandriva Linux	НТЦ ИТ РОСА	+	Desktop Fresh, Enterprise Desktop, Enterprise Linux Server, «КОБАЛЬТ» ФСТЭК, «ХРОМ», «КОБАЛЬТ», «БАРИЙ», VIRTUALIZATION	10 Гб	1 Гб	1 ядро
Simply Linux	—	Ядро Linux	«Базальт СПО»	+	Simply Linux 10.2	20 Гб	2 Гб	x86-64

Начнём наш обзор с такой ОС, как Astra Linux. Основные пользователи Astra Linux – госкорпорации и спецслужбы, которым важна надежная защита данных. Она ориентирована на максимальную защищённость конфиденциальной информации и защиту серверов и рабочих станций. Так же эта ОС особо привлекательна своими низкими требованиями к машине. Она подходит и для обыкновенных повседневных задач: работы, учёбы, отдыха и т.д. По отзывам её интерфейс чем-то напоминает старые Windows XP, но более стильный и современный. Так же в ней включены версии для мобильных устройств (мобильная версия), промышленных контроллеров, платёжных терминалов, постаматов и других (встраиваемая версия) [2].

У Astra Linux существует бесплатная версия, Astra Linux Common Edition, но она в настоящее время не получает обновлений, хотя скачать её можно. Так же у этой ОС существует версия, предназначенная в первую очередь для IT-инфраструктур – Astra Linux Special Edition. Она включает в себя три уровня защиты:

- «Орёл» – базовый, не имеет сертификации.
- «Воронеж» – для обработки информации и конфиденциальных данных, не содержащих гостайну.
- «Смоленск» – самый сильный, для особо чувствительной информации.

Следующий технологический продукт, который мы рассмотрим, – РЕД ОС, от российского разработчика «РЕД СОФТ». Эта операционная система так же, как и прошлая, построена на базе ядра Linux. По отзывам интернет

ресурсов напоминает интерфейсом macOS или старые версии Windows. Данная ОС обеспечивает высокий уровень защиты информационных систем и входит в реестр отечественного ПО, сертифицированных ФСТЭК.

РЕД ОС доступна в двух основных редакциях: стандартная и сертифицированная. Стандартной является универсальная версия для серверов и рабочих станций, и она предназначена для повседневного использования. Сертифицированная же – это специальная версия с подтверждённой защитой информации, прошедшая особую сертификацию. И всё-таки, РЕД ОС предназначена больше для корпоративного использования, она ориентирована на бизнес и предлагает широкий спектр для работы с документами, управления проектами и удалённого доступа. А для работы с критически важными задачами и конфиденциальными данными предпочтительнее использовать Astra Linux.

Дальше затронем разработку компании «Базальт СПО». Операционная система Альт по внешнему виду так же приближена к Windows XP. ОС имеет несколько версий:

- «Альт Рабочая станция» – система для офиса и дома. Является бесплатной для использования физическими лицами.
- «Альт Сервер» – система для серверного оборудования.
- «Альт Образование» – система, предназначенная для организации учебного процесса в учреждениях.

Так же есть версия для мобильных устройств – «ALT Mobile».

У Альта разнообразные дистрибутивы для различных задач и оборудования. От лёгкой комплектации для старых машин, до мощной для разработки.

Помимо уже перечисленных в число операционных систем отечественного производства так же входят РОСА (ROSA) Linux, Simply Linux и другие. Первая хорошо подходит обыкновенным пользователям с небольшим опытом работы с Linux за счёт своей понятной и дружелюбной среды. Так же её удобством является предустановленное программное обеспечение. В такой набор входят офисный пакет LibreOffice, веб-браузер Firefox, мультимедийные плееры и инструменты для работы с графикой.

А Simply Linux, основанный на платформе ALT Linux, легковесный дистрибутив Linux. Его основной задачей является быть простым в использовании и не занимать много места на диске. Он отлично подходит для старых компьютеров и устройств с ограниченными возможностями.

Исходя из Таблицы 1 и всего выше сказанного, можно сказать, что универсальной операционной системы российской разработки не существует. Каждая из них ориентирована на определённую цель использования и свою аудиторию и имеет как сильные, так и слабые стороны.

Российский рынок ОС предлагает решения для разных пользователей, от бизнеса и государственных структур до пользователей с разными требованиями к производительности и уровню опыта. Такие ОС показывают эволюцию отечественных разработок и стремление к независимости от зарубежных продуктов, предлагая альтернативы и дополнения к уже существующим мировым лидерам.

Список литературы

1. Доля рынка настольных операционных систем по всему миру - февраль 2025 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide> 2 марта 2025.
2. Astra Linux – Российская операционная система [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://astralinux.ru/> 5 марта 2025.

*Я.А.Божина, студ.; рук. к.т.н., доц. И.А.Денисова
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ КОНСТРУКТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: APPMASTER И FLUTTERFLOW

В быстро развивающемся мире разработки мобильных приложений платформы без кода расширили границы, позволив разработчикам и пользователям, не обладающим техническими знаниями, с легкостью создавать функциональные продукты [1]. Среди множества доступных инструментов «AppMaster» и «FlutterFlow» выделяются, как две популярные платформы для проектирования и разработки мобильных приложений. Целью этой статьи является выявление наиболее простого в использовании и гибкого no-code конструктора. Были поставлены задачи выявить и сравнить достоинства двух популярных платформ, оценить их функционал и сделать вывод в пользу одного из них.

AppMaster - это мощная платформа без использования кода, которая позволяет пользователям создавать серверные, веб- и мобильные приложения. Он известен своей способностью генерировать исходный код и развертывать приложения в различных средах, что делает его универсальным инструментом, как для начинающих, так и для опытных разработчиков.

FlutterFlow - это визуальный конструктор приложений, который использует платформу Google Flutter для создания кроссплатформенных мобильных приложений. Он предназначен для пользователей, которые хотят быстро создавать приложения с помощью интерфейса перетаскивания и предварительного просмотра в режиме реального времени[2].

Первым достоинством двух конструкторов является простота использования. «AppMaster» предлагает интуитивно понятный интерфейс с возможностью перетаскивания, который упрощает процесс создания приложений. Его визуальный редактор позволяет пользователям создавать базы данных и определять бизнес-логику без написания кода. Платформа также предоставляет готовые шаблоны и компоненты, что делает ее доступной для пользователей с различным уровнем подготовки.

«FlutterFlow» также удобен в использовании, благодаря интерфейсу с возможностью перетаскивания, который позволяет пользователям создавать пользовательские интерфейсы и подключать их к серверным службам. Однако для этого требуется некоторое знакомство с другими сервисами, что может вызвать трудность у пользователей, не обладающих техническими знаниями[3].

Платформы для создания мобильных приложений привлекают пользователей своей функциональностью и расширенными возможностями.

Конструктор «AppMaster» преуспевает в разработке серверной части, позволяя легко создавать надежные API, базы данных и бизнес-логику. Также одной из

отличительных особенностей AppMaster является его способность генерировать исходный код для приложений, позволяя пользователям экспортировать и изменять код при необходимости.

«FlutterFlow», в свою очередь, уделяет особое внимание дизайну пользовательского интерфейса, предлагая широкий спектр настраиваемых виджетов и компонентов. Пользователи также могут просматривать предварительные результаты по созданию своего приложения в режиме реального времени на нескольких устройствах, что является существенным преимуществом для разработки пользовательского интерфейса.

Однако, если «AppMaster» позволяет генерировать и экспортировать исходный код приложения, то конструктор «FlutterFlow», в первую очередь, предназначен для создания прототипов, и экспорт кода может оказаться ненадежным.

Для пользователей одним из важнейших качеств конструктора является его гибкость. «AppMaster» предоставляет широкие возможности настройки, позволяя определять собственные рабочие процессы, бизнес-логику и структуры баз данных. Его способность генерировать и экспортировать исходный код также дает разработчикам возможность гибко вносить расширенные изменения. В плане гибкости и настройки приложения «FlutterFlow» более ограничен, особенно для внутренней логики. Хотя он предлагает широкий спектр компонентов пользовательского интерфейса, пользователям придется полагаться на внешние инструменты или ручное кодирование для получения расширенной функциональности.

Еще одними качествами платформ, которые можно сравнить, являются производительность и масштабируемость. «AppMaster» создан с учетом производительности и масштабируемости, а также способности обрабатывать большой трафик и сложные рабочие процессы. Созданные им приложения оптимизированы для повышения скорости и эффективности.

Приложения «FlutterFlow» отличаются малым весом и хорошей производительностью, но для крупномасштабных приложений может потребоваться дополнительная оптимизация. Использование Firebase для внутренних сервисов также может привести к ограничениям в масштабируемости.

Несмотря на высокий функционал обеих платформ, их гибкость и клиентоориентированность, «AppMaster» и «FlutterFlow» имеют достаточно дорогостоящие тарифные планы. Хотя оба конструктора предлагают пробный период и корпоративные планы для крупных организаций, их функционал гораздо меньше.

Еще одним недостатком этих платформ является сообщество и документация. Хотя клиентооборот у «AppMaster» растет, он не может предоставить обширную документацию, учебные пособия и поддержку пользователей. «FlutterFlow» имеет уже более активное сообщество и хорошую документацию, но возможности поддержки более ограничены по сравнению с «AppMaster».

Если подытожить все предыдущие рассуждения, можно выявить следующие преимущества и недостатки двух no-code конструкторов:

1. AppMaster

Преимущества:

- а) Безкодová разработка: AppMaster ориентирован на безкодową разработку, что позволяет пользователям без технического фона создавать приложения с помощью визуального интерфейса.
- б) Генерация серверной логики: AppMaster позволяет генерировать серверную логику и API, что упрощает интеграцию с базами данных и внешними сервисами.
- в) Поддержка различных платформ: Приложения, созданные в AppMaster, могут работать на вебе, iOS и Android.

Недостатки:

- а) Ограниченная кастомизация: Визуальные интерфейсы могут ограничивать возможности глубокой настройки приложения.
- б) Зависимость от платформы: Пользователи зависят от функционала, предоставляемого платформой, что может ограничивать гибкость.

2. FlutterFlow

Преимущества:

- а) Интеграция с Flutter: FlutterFlow построен на Flutter, что позволяет создавать высокопроизводительные нативные приложения для мобильных устройств и веба.
- б) Кастомизация: Предоставляет больше возможностей для кастомизации интерфейса и логики, чем многие другие безкодové платформы.
- в) Поддержка анимаций: FlutterFlow предлагает мощные инструменты для создания анимаций и интерактивных интерфейсов.

Недостатки:

- а) Кривая обучения: Несмотря на безкодową природу, пользователям может потребоваться время для освоения функционала и интерфейса.
- б) Зависимость от Flutter: Если вы не знакомы с Flutter, это может стать препятствием для быстрого старта.

В конечном итоге выбор платформы зависит от потребностей: если вы ищете простой способ создания приложений без необходимости в программировании и вам важна генерация серверной логики, «AppMaster» может быть лучшим выбором. Для более сложных и кастомизированных приложений «FlutterFlow» будет более подходящим вариантом, особенно если вам нужны высококачественные анимации и нативная производительность.

Выбор между «AppMaster» и «FlutterFlow» зависит от конкретных требований вашего проекта и уровня ваших технических навыков. В современном мире мобильные приложения играют ключевую роль в бизнесе и повседневной жизни. С увеличением спроса на мобильные решения, разработчики и предприниматели сталкиваются с потребностью выбора подходящих инструментов для создания приложений. Именно поэтому необходимо было провести сравнительный анализ двух наиболее популярных платформ [4]. В заключении, по-прежнему «AppMaster» превосходит «FlutterFlow» в нескольких ключевых областях. Хотя «FlutterFlow» является отличным инструментом для проектирования пользовательского интерфейса и создания прототипов, «AppMaster» предоставляет более комплексное и универсальное решение для разработки мобильных приложений. Его мощные серверные возможности, функции генерации кода, масштабируемость и гибкость делают его лучшим выбором, как для начинающих, так и для опытных разработчиков.

Литература

1. Создание мобильного приложения / Селюгина К.И., Гробер Т.А., 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-mobilnogo-prilozheniya-wishlist> (дата обращения: 16.03.2025);
2. Конструкторы мобильных приложений / Шахаев Т.Т., Т. А Гробер Т.А., 2018. [Электронный ресурс]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktory-mobilnyh-prilozheniy> (дата обращения: 16.03.2025);
3. Сравнительный анализ программ для создания мобильных приложений / Ямских М.Е., 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-programm-dlya-sozdaniya-mobilnyh-prilozheniy> (дата обращения: 16.03.2025);
4. Мобильное приложение как средство формирования информационной культуры общества / Лиханова В.В., 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnoe-prilozhenie-kak-sredstvo-formirovaniya-informatsionnoy-kultury-obschestva> (дата обращения: 16.03.2025).

*Е.С. Бондарев, студ.; рук. А.И. Гаврилов, ст. пр.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ВЕРСИОНИРОВАНИЯ В ОБЛАЧНЫХ MARKDOWN-РЕДАКТОРАХ: ОТ GIT ДО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ

Современные текстовые редакторы, использующие язык разметки Markdown, становятся неотъемлемой частью рабочих процессов разработчиков, писателей и исследователей благодаря своей простоте, универсальности и поддержке кроссплатформенности. В условиях цифровизации и роста популярности облачных технологий пользователи ожидают от таких редакторов не только удобства редактирования, но и надежных механизмов хранения и управления версиями документов. Системы версионирования, такие как Git, уже зарекомендовали себя в разработке программного обеспечения, однако их применение в контексте облачных Markdown-редакторов сталкивается с ограничениями, связанными с удобством использования для неспециалистов и интеграцией с облачными платформами. Таким образом, исследование и сравнение существующих подходов к версионированию, а также поиск инновационных решений представляют собой актуальную задачу, способствующую развитию более эффективных и доступных инструментов для работы с текстом.

Необходимость разработки новых подходов к версионированию обусловлена также ростом объемов данных и потребностью в их синхронизации между различными устройствами. Традиционные системы, такие как встроенные механизмы облачных сервисов (например, Google Docs или Dropbox), часто не обеспечивают детализированного контроля изменений, что важно для работы с Markdown-документами, где структура и форматирование играют ключевую роль. В то же время, инновационные решения могут предложить баланс между функциональностью, производительностью и простотой, что делает данное исследование своевременным и востребованным как с научной, так и с практической точки зрения.

Целью данного исследования является сравнительный анализ существующих систем версионирования, применяемых в облачных Markdown-редакторах,

таких как Git и встроенные механизмы облачных платформ, а также разработка и обоснование инновационного подхода к версионированию, адаптированного для нужд пользователей Markdown-редакторов.

Задачи исследования:

- Провести обзор и классификацию существующих систем версионирования, используемых в облачных текстовых редакторах, с акцентом на Markdown-ориентированные решения.
- Оценить преимущества и недостатки традиционных подходов к версионированию (например, Git, встроенные системы облачных сервисов) в контексте облачных Markdown-редакторов.
- Выявить ключевые требования пользователей к системам версионирования в облачных редакторах (удобство, производительность, доступность).
- Провести сравнительный анализ существующих систем на основе заданных критериев эффективности и удобства использования.

Подход на основе Git:

Git – это распределенная система контроля версий, изначально разработанная для управления исходным кодом программного обеспечения, но также применимая к текстовым файлам, включая Markdown-документы. В контексте облачных Markdown-редакторов Git может быть интегрирован как основа для версионирования, где каждый документ рассматривается как файл в репозитории. Пользователь вручную или автоматически (через интерфейс редактора) фиксирует изменения с помощью коммитов – снимков состояния документа в определенный момент времени. Эти коммиты содержат метаданные (автор, дата, описание изменений) и хранятся в истории репозитория.

Для работы в облаке Git обычно синхронизируется с удаленным репозиторием (например, GitHub, GitLab или Bitbucket), что позволяет сохранять историю изменений и делиться ею между устройствами. Markdown-файлы, будучи текстовыми, идеально подходят для Git, так как система эффективно отслеживает различия между версиями (diff) и сжимает их с помощью алгоритмов, таких как delta compression. Дополнительно Git поддерживает ветвление, что позволяет пользователям экспериментировать с альтернативными версиями документа, а затем объединять их (merge). Однако для интеграции в облачный редактор требуется либо настройка командной строки, либо разработка графического интерфейса, скрывающего сложность работы с Git от конечного пользователя.

Подход на основе встроенных систем облачных сервисов:

Многие облачные платформы, такие как Google Drive, Dropbox или Microsoft OneDrive, предлагают встроенные механизмы версионирования, которые могут быть адаптированы для Markdown-редакторов. Этот подход полагается на автоматическое сохранение изменений документа в облаке без необходимости явного вмешательства пользователя. Например, в Google Drive каждая правка Markdown-файла (если он открыт в совместимом редакторе) может сохраняться как новая версия, доступная через функцию "История версий". Dropbox, в свою очередь, хранит предыдущие версии файлов за определенный пери-

од (обычно 30 дней в базовой версии), позволяя восстановить их при необходимости.

Особенность этого подхода – простота для конечного пользователя: нет необходимости вручную фиксировать изменения, так как система сама регистрирует каждое действие (например, добавление текста, форматирование).

Встроенные системы обычно сохраняют полные копии файла для каждой версии, что упрощает восстановление, но может быть менее эффективно с точки зрения хранения по сравнению с Git. Также они часто включают базовые метаданные (дата, время изменения), но не поддерживают сложные операции, такие как ветвление или детализированное сравнение изменений. Для Markdown-редакторов этот подход требует интеграции через API облачного сервиса, чтобы редактор мог взаимодействовать с системой версионирования платформы [1].

Подход на основе дифференциального версионирования:

Дифференциальное версионирование – это подход, который фокусируется на сохранении только изменений (различий) между версиями документа, а не полных его копий. Он часто используется в современных текстовых редакторах, таких как Notion или Obsidian (в некоторых их реализациях), и может быть адаптирован для облачных Markdown-редакторов. В этом случае редактор отслеживает каждое изменение в документе (например, добавление абзаца, удаление строки) и сохраняет их как последовательность "дельт" – компактных записей о том, что было изменено.

Для восстановления конкретной версии система применяет дельты к исходному файлу в нужном порядке, что позволяет экономить место и ускорять синхронизацию. В контексте Markdown этот подход особенно удобен, так как язык разметки структурирован и изменения (например, добавление заголовка или списка) легко представимы в виде дифференциальных записей. Реализация может включать локальную базу данных (например, SQLite) для кэширования изменений на устройстве пользователя и облачный сервер для их долгосрочного хранения.

Сравнительный анализ систем версионирования:

1. Функциональность

- Git: Этот подход обладает высокой функциональностью, предлагая детализированную историю изменений, поддержку ветвления и слияния, а также возможность совместной работы через удаленные репозитории. Пользователь может откатиться к любой версии, сравнить различия между коммитами и управлять конфликтами. Для Markdown-редакторов многие из этих возможностей (например, ветвление) могут быть избыточными для неспециалистов, работающих с простыми текстовыми документами [2].
- Встроенные системы облачных сервисов: Функциональность ограничена базовыми возможностями: автоматическое сохранение версий, просмотр истории изменений и восстановление предыдущих состояний. Такие системы не поддерживают ветвление или детализированное срав-

нение текста, что может быть недостатком для пользователей, которым нужен глубокий контроль над изменениями в Markdown-файлах. Зато они обеспечивают базовую совместную работу в реальном времени, если редактор интегрирован с платформой.

- Дифференциальное версионирование: Этот подход предлагает гибкость в отслеживании изменений на уровне отдельных операций (добавление, удаление, редактирование), что идеально подходит для структурированных Markdown-документов. Однако он редко поддерживает ветвление или сложные сценарии совместной работы без дополнительных доработок.

2. Удобство использования

- Git: Скрывая команды (commit, push) за кнопкой в интерфейсе, Git становится удобным даже для новичков – достаточно нажать "Сохранить версию", и редактор сам обработает изменения. Это устраняет порог входа, делая систему интуитивной и простой.
- Встроенные системы облачных сервисов: Удобны благодаря полной автоматизации – версионирование происходит без участия пользователя, а история доступна через меню. Подходит для широкой аудитории, но менее гибко, чем Git.
- Дифференциальное версионирование: Удобство зависит от интерфейса. При автоматизации и понятной истории правок может быть комфортным, но конфликты или ручная настройка снижают простоту.

3. Эффективность хранения

- Git: Эффективен благодаря сжатию изменений (delta compression), сохраняя только различия. Размер репозитория растет при частых крупных правках.
- Встроенные системы облачных сервисов: Менее эффективны – хранят полные копии каждой версии. Для небольших Markdown-файлов это приемлемо, но объем быстро увеличивается.
- Дифференциальное версионирование: Высокоэффективно, сохраняет только дельты. Оптимально для локальных изменений в Markdown, но зависит от алгоритмов сжатия.

4. Производительность

- Git: Производительность высока при локальной работе, но синхронизация с облаком (push/pull) может вызывать задержки, особенно при плохом интернет-соединении. Обработка больших репозиторий или конфликтов также требует ресурсов, что может замедлить работу редактора.
- Встроенные системы облачных сервисов: Производительность зависит от скорости облачной платформы. Автоматическое сохранение происходит быстро, но доступ к старым версиям или их восстановление может быть медленным из-за необходимости загрузки полных копий файлов. При хорошем соединении задержки минимальны.

- Дифференциальное версионирование: Высокая производительность благодаря компактным дельтам и возможности локального кэширования изменений. Синхронизация с облаком быстрее, чем у Git, так как передаются только различия.

Результаты анализа представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем версионирования

Критерий	Git	Встроенные системы	Дифференциальное версионирование	Предложенный подход
Функциональность	Высокая (ветвление, diff)	Средняя (история версий)	Средняя (дельты, без ветвления)	Высокая (гибрид)
Удобство использования	Среднее (с интерфейсом)	Высокое (автоматизация)	Среднее (зависит от UI)	Высокое (упрощенный UI)
Эффективность хранения	Высокая (delta compression)	Низкая (полные копии)	Высокая (дельты)	Высокая (гибрид)
Производительность	Средняя (зависит от сети)	Высокая (при хорошем интернете)	Высокая (локальная работа)	Высокая (оптимизация)

Заключение:

Проведенный сравнительный анализ систем версионирования в облачных Markdown-редакторах выявил сильные и слабые стороны каждого подхода. Git, адаптированный с помощью упрощенного интерфейса, предлагает высокую функциональность и удобство, обеспечивая детализированный контроль изменений и гибкость для пользователей, при этом оставаясь эффективным в плане хранения данных. Встроенные системы облачных сервисов, таких как Google Drive или Dropbox, выделяются простотой использования и автоматизацией, но уступают в глубине управления версиями и эффективности хранения. Дифференциальное версионирование демонстрирует преимущества в компактности и адаптации к структуре Markdown-документов, однако его производительность и удобство зависят от качества реализации.

В рамках исследования проведен обзор и классификация систем версионирования, таких как Git, встроенные облачные механизмы и дифференциальные подходы, с акцентом на их применимость к Markdown-редакторам. Оценка традиционных подходов показала, что Git выигрывает в функциональности, а встроенные системы – в простоте. Выявлены ключевые требования пользователей: удобство интерфейса, высокая производительность и доступность на разных устройствах.

Список литературы

1. Фишерман, Л. В. Git. Практическое руководство. Управление и контроль версий в разработке программного обеспечения / Л. В. Фишерман. – СПб.: Наука и Техника, 2021. — 304 с.
2. Чакон, С. Git для профессионального программиста / С. Чакон, Б. Штрауб. – СПб.: Питер, 2016. – 496 с

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ИНЦИДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) становятся по-настоящему неотъемлемыми инструментами для управления инцидентами информационной безопасности. Новейшие системы безопасности подразумевают оперативное реагирование на киберугрозы, кроме того, традиционные методы уже не справляются со всем объемом растущих объемов атак. В связи с этим ИИ и МО используются для повышения эффективности обнаружения угроз и их анализа. Как следствие принимаются решения по реагированию на них. Такие технологии становятся довольно важным элементом защиты, так как способны анализировать большие объемы данных и, помимо этого, выявлять скрытые угрозы, которые в свою очередь могут оставаться незамеченными при использовании стандартных методов защиты.

Использование технологий МО в информационной безопасности дает возможность анализировать поведенческие модели как систем, так и самих пользователей, выявляя подозрительную активность на ранних стадиях. Этот подход создает несколько преимуществ. Во-первых, он дает возможность фиксировать уже прошедшие атаки. Во-вторых, прогнозируются возможные угрозы. Например, алгоритмы способны отслеживать различные отклонения в сетевом трафике или идентифицировать попытки несанкционированного доступа. Кроме того, возможным действием также является автоматическая инициация защитных мер. Эти технологии активно применяются в системах обнаружения вторжений (IDS), которые предназначены для анализа сетевой активности и обнаружения аномальных паттернов поведения. Классификация систем обнаружения вторжений представлена на рисунке 1. В современных исследованиях отмечается, что технологии ИИ способны существенно сократить время реакции на инциденты [1]. Это критически важно для минимизации ущерба. Сокращение времени на обработку инцидентов позволяет, во-первых, повысить уровень безопасности, во-вторых, снизить нагрузку на специалистов по кибербезопасности.

Помимо всего прочего системы на основе ИИ обладают способностью адаптироваться к новым видам различных атак. Сигнатурные методы защиты требуют обновления баз данных для обнаружения угроз, а МО позволяет выявлять ранее неизвестные атаки. Такое качество особенно актуально в условиях постоянно меняющейся киберугрозы.



Рисунок 1 – Классификация систем обнаружения вторжений

Применение МО в информационной безопасности позволяет выявлять угрозы, а также повышать общий уровень защиты организации, снижая при этом нагрузку на специалистов. Сотрудники в таком случае могут сосредоточиться на более сложных задачах. Одно из ключевых преимуществ МО – это способность к самообучению на основе новых данных, что позволяет системе не только совершенствоваться со временем, но и повышать точность прогнозирования атак [1]. На рисунке 2 представлен принцип работы разных режимов обучения МО.



Рисунок 2 – Принцип работы МО с учителем и без учителя

Одним из наиболее перспективных направлений применения ИИ в информационной безопасности является анализ поведения пользователей. Такой

подход полезен при выявлении аномальных действий сотрудников, которые могут свидетельствовать о внутренних угрозах или компрометации учетных записей [2]. Этот подход существенно снижает вероятность инсайдерских атак и утечек данных. При этом повышается общий уровень кибербезопасности организации.

Однако, несмотря на все преимущества, использование ИИ и МО в информационной безопасности сопряжено с рядом рисков. Во-первых, появляется возможность манипуляции алгоритмами, когда злоумышленники преднамеренно вводят ложные данные для обхода защитных механизмов. Например, методы атак на системы машинного обучения, такие как отравление данных, позволяют изменять некоторые параметры модели так, чтобы она ошибочно классифицировала угрозы как безопасные события. Во-вторых, системы ИИ требуют больших объемов данных для обучения. Если эти данные будут скомпрометированы, эффективность защиты может снизиться [2]. Поэтому разработка и внедрение таких технологий должны обеспечиваться дополнительными мерами безопасности, куда может входить шифрование данных, многоуровневая аутентификация и постоянный мониторинг их корректности. Помимо всего прочего, следует принять во внимание необходимость регулярного обновления алгоритмов и использования методов защиты самих моделей МО от атак злоумышленников.

Таким образом, интеграция ИИ и МО в управление инцидентами информационной безопасности значительно повышает уровень защиты информационных систем. Такие технологии позволяют автоматизировать процессы как обнаружения, так и реагирования. Возникает возможность адаптации к новым угрозам и минимизации человеческого фактора. Однако их эффективное использование требует комплексного подхода, который включает в себя как технические решения, так и меры по предотвращению потенциальных рисков. В перспективе ожидается усиление интеграции ИИ с другими методами защиты, такими как блокчейн и квантовая криптография, что позволит создать наиболее устойчивые киберзащитные системы.

Список литературы

1. Ангاپов В.Д., Бобров А.В., Тимонин В.А., Вишняков А.С. Использование технологий машинного обучения в защите информационных систем // Кибербезопасность и защита данных. – 2023. – № 4. – С. 45–52. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologiy-mashinnogo-obucheniya-v-zaschite-informatsionnyh-sistem> (дата обращения: 18.03.2025).
2. Довгаль В.А., Козлова Н.Ш. Анализ применения искусственного интеллекта и машинного обучения в кибербезопасности // Информационные технологии и безопасность. – 2024. – № 2. – С. 30–38. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-i-mashinnogo-obucheniya-v-kiberbezopasnosti> (дата обращения: 18.03.2025).

*А.А. Борисова, студ.; рук. Д.Ю. Волкова, к.э.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОТ-УСТРОЙСТВ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

В условиях цифровизации общества IoT-устройства приобретают огромное значение в различных сферах жизни людей. Данная технология позволяет

принимать, обрабатывать и хранить большой объем информации с использованием веб-приложений. Однако совместно с ростом актуальности Интернета вещей возникает также проблема информационной безопасности данных. Привлекательность IoT-устройств к кибератакам вызвана тем, что они обладают небольшим набором вычислительных ресурсов и недостаточным уровнем защищенности.

Обеспечение информационной безопасности Интернета вещей является достаточно актуальной темой для рассмотрения, поскольку большое количество устройств создается с упором на функциональность и низкую стоимость, что не позволяет обеспечить необходимую защиту данных. Также стоит отметить тот факт, что на данный момент законодательство в сфере IoT-устройств не имеет единых стандартов, что также влияет на информационную безопасность данной технологии.

После выявления проблем в рассматриваемой области была поставлена цель провести исследование и предложить методы по улучшению безопасности IoT-устройств.

Для анализа проблемы первоначально стоит рассмотреть архитектуру Интернета вещей (рис. 1) [1].



Рисунок 1 – Архитектура Интернета вещей

Более подробно рассмотрим уровень, который включает набор приложений и сервисов, с помощью которых обеспечивается управление IoT-устройствами. Ввиду того, что взаимодействие на данном уровне идет через мобильные и веб-приложения, выделяют следующие возможные атаки: XSS, SQL-Injection, RCE, Brute force, XXE. Характеристики данных атак представлены в таблице 1.

Уязвимости информационной безопасности взаимодействия IoT-устройств и веб-приложений зачастую становятся основной мишенью для злоумышленников, что обусловлено рядом факторов, связанных как с особенно-

стями разработки программного обеспечения, так и эксплуатацией таких устройств [2]. Причины, по которым могут быть осуществлены атаки на устройства Интернета вещей представлены на рисунке 2.

Таблица 3 – Характеристики возможных атак

Наименование атаки	Характеристика
Межсайтовый скриптинг (XSS – Cross-site Scripting)	Осуществляется внедрение вредоносного кода на страницу веб-приложения
SQL-Injection	Подразумевает использование SQL-запросов для получения доступа к базам данных
RCE (Remote Code Execution)	Вредоносный код запускается удаленно в целевой системе
Brute force	Атака нацелена на получение пароля для авторизации в веб-приложении путем подбора различных комбинаций
XXE (XML eXternal Entity)	Уязвимость, позволяющая анализировать ввод XML, что предоставляет возможность чтения локальных файлов

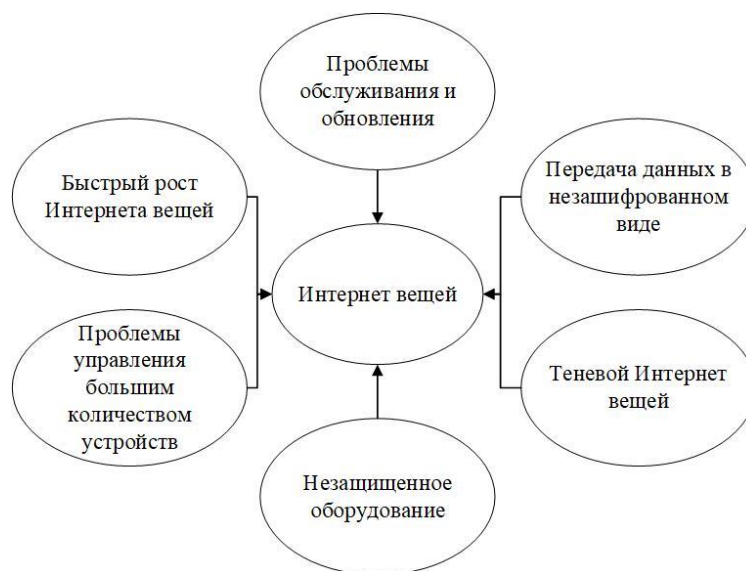


Рисунок 2 – Причины уязвимостей Интернета вещей

Проблемы обслуживания и обновления связаны с тем, что во время обновления программного обеспечения устройство приходится отключать от основных функций, устанавливать и поддерживать надежное сетевое соединение зачастую бывает затруднительным процессом, что в дальнейшем приводит к сбоям, если обновление было проведено неудачно. Такие проблемы создают возможность для осуществления атак.

Устройства Интернета вещей собирают огромные объемы данных, фиксируя различные параметры, например, температуру или скорость объектов, а датчики для наиболее точных измерений достигают частоты до 1 миллиона раз

в секунду. Большая часть данных передается в облачные хранилища для обработки и анализа, однако, исследования показывают, что 98% сетевого трафика IoT-устройств не зашифровано – это создает значительные риски для кибербезопасности и предоставляет злоумышленникам возможность доступа к конфиденциальной информации.

Теневой Интернет вещей включает устройства или датчики, которые используются в компании без ведома ИТ-отдела, например, личные смартфоны сотрудников, применяемые в рабочих целях. Такие устройства чаще подвержены атакам киберпреступников, так как зачастую лишены корпоративных средств защиты (имеют стандартные идентификаторы и пароли). Отсутствие контроля от ИТ-подразделений делает их легкой мишенью для атак. Результаты проводимых исследований показывают, что прогнозируется рост количества сотрудников, использующих устройства вне контроля ИТ-отдела: с 41% в 2022 году до 75% к 2027 году. Кроме того, широкое распространение получили теневые API – недокументированные интерфейсы сторонних производителей, которые как показывают исследования, используются в 68% компаний, что создает дополнительные риски для безопасности.

Рассматривая каждое устройство Интернета вещей в отдельности, можно говорить о том, что многие из них не содержат встроенных механизмов безопасности, поскольку имеют ограничения вычислительной мощности и энергоэффективной конструкции, поэтому любое такое устройство может стать угрозой для всей экосистемы. Данная ситуация отнимает возможность добавления критически важных функций (аутентификация, шифрования, контроль доступа и т.д.). Несмотря на то, что популярность устройств Интернета вещей с улучшенными функциями безопасности растет, данные за 2023 год показывают, что 66% таких устройств не имели специализированной аппаратной защиты, а 29% полностью не имели каких-либо средств безопасности, что делает их уязвимыми для кибератак.

Стремительное увеличение числа устройств Интернета вещей диктует необходимость улучшения подходов к их управлению. В настоящее время, в среднем каждая организация контролирует около 135 тысяч IoT-устройств, которые функционируют круглосуточно, постоянно подключены к сети и нуждаются в регулярных обновлениях программного обеспечения. Однако многие компании не обладают полной информацией о всех подключенных устройствах, поэтому в среднем 48% таких устройств находятся в зоне риска, поскольку либо перестают отслеживаться ИТ-отделом, либо работают на устаревшем ПО.

Быстрый рост Интернета вещей является одной из самых больших угроз, поскольку процессы и протоколы, обеспечивающие безопасность развиваются медленнее самих устройств. Подобная ситуация предоставляет возможность злоумышленникам выводить из строя не только сети и программное обеспечение, но и сами устройства.

Исходя из рассмотренной проблемы было принято решение по включению элементов информационной безопасности в структуру архитектуры Ин-

тернета вещей (рис. 3).



Рисунок 3 – Модифицированная архитектура Интернета вещей

Для обеспечения безопасного взаимодействия IoT-устройств и веб-приложений рекомендуется внедрять современные протоколы, такие как OpenID Connect и OAuth 2.0, использовать аппаратные модули безопасности (HSM) для хранения криптографических ключей, реализовывать методы многофакторной аутентификации, адаптированных для IoT-устройств. Осуществление разработки систем автоматического обновления прошивок IoT-устройств и внедрения систем мониторинга для обнаружения подозрительной активности, а также разработка рекомендаций по повышению осведомленности пользователей о базовых мерах безопасности должно позволить снизить риск угроз информационной безопасности Интернета вещей.

Таким образом, можно сказать о том, что в условиях цифровизации общества рассмотрение вопроса информационной безопасности является достаточно важной темой. Предложенные решения должны позволить минимизировать случаи информационных атак в области Интернета вещей.

Список литературы

- 1 Лебедев Е.М. Безопасность IoT-устройств: текущие проблемы и существующие методы решения [Электронный ресурс] // elibrary.ru: URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46498232_36495950.pdf (дата обращения: 15.03.2025).
- 2 Соколов М.Н., Смолянинов К.А., Якушева Н.А. Проблемы безопасности Интернета вещей: обзор [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-bezopasnosti-internet-veschey-obzor/viewer> (дата обращения: 15.03.2025).

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ КАФЕДРЫ ВУЗА

Организованное управление материальными ценностями является одним из ключевых факторов успешной деятельности любого высшего учебного заведения. Кафедры являются основными структурными звеньями вуза, в которых имеется в наличии значительный объем материальных ценностей, включая учебное оборудование, лабораторные материалы, мебель и т.д. От организации учета и управления этими активами зависит качество образовательного процесса и рациональное использование бюджетных средств [1].

Действительный контроль за активами кафедры стратегически важен для обеспечения учебного процесса, и поддержания работоспособности материальной базы кафедры.

Традиционные способы, такие как ручной учет и использование электронных таблиц, часто оказываются неэффективными и неудобными, в дальнейшем приводят к ошибкам, потерям и затруднениям в формировании отчетности. В данной статье будет проведен сравнительный анализ ручного учета (табличного) и автоматизированной информационной системой.

Ручной учет материальных ценностей, как правило, предполагает ведение бумажных журналов и карточек учета, в которых фиксируются данные о поступлении, перемещении, списании и текущем состоянии активов. В некоторых случаях, учет может вестись с использованием электронных таблиц (например, Microsoft Excel), что несколько облегчает задачу, но не решает всех проблем.

Преимущества ручного учета материальных ценностей кафедры:

- устойчива к сбоям, так как в случае отключения электричества все данные о материальном учете будут на руках у ответственного человека;
- не требует специальных навыков работы с программным обеспечением;
- отсутствие компьютерной сети и программного обеспечения снижает риск взлома и кражи данных.

Недостатки ручного учета материальных ценностей кафедры:

- ручное заполнение инвентаризационных таблиц и составление актов занимают много времени;
- наличие человеческого фактора, из-за которого появляются, ошибки, опечатки, искажение информации и т.п.;
- трудности в отслеживании перемещения материальных ценностей, что затрудняет контроль за ними и увеличивает риск их потери или нецелевого использования;
- сложности в оперативном получении информации о статусе материальной ценности, связанные с необходимостью искать данные о них в большом массиве информации, хранящемся на бумажных носителях.

Информационная система учета материальных ценностей предназначена для автоматизации процессов хранения, учета и наблюдения за передвижениями материальных ресурсов на кафедре.

Информационная система позволяет оперативно получать информацию о материальных ценностях, имеющихся в наличии, где они хранятся, как, когда и кем они используются, а также выявлять возможные потери или неэффективное использование ресурсов [2]. В конечном итоге, это способствует оптимизации расходов и повышению эффективности работы кафедры в целом.

Преимущества информационной системы учета материальных ценностей:

- система позволит экономить время поиска, так как при вводе данных о материальной ценности в поисковую строку в информационном окне будут показываться все совпадения;
- при поиске можно применить различную сортировку, благодаря которой поиск будет менее разбросанный;
- при поиске материальной ценности, в информационном окне будет также отображаться, где и у кого находится актив;
- благодаря информационной системе можно получить оперативный ответ на запрос в поиске;
- сотрудники кафедры могут самостоятельно, не от кого не завися, посмотреть нужную информацию в базе;
- изменять, добавлять данные может только человек, который ответственен за инвентаризационные ценности кафедры. Все остальные сотрудники могут лишь просматривать информацию;
- при выборе материальной ценности предоставляется возможность составления актов (только ответственному лицу).

Несмотря на многочисленные преимущества информационной системы можно отыскать и ряд недостатков, которые следует учитывать.

Недостатки информационной системы учета материальных ценностей:

- инвентаризация материальных ценностей кафедры становится зависимой от работоспособности информационной системы учета, соответственно и от программного обеспечения. При отключении электроэнергии, работа с данными невозможна;
- сотрудникам кафедры необходимо пройти небольшое обучение для работы с новой информационной системой, что требует некоторого времени, чтобы привыкнуть к интерфейсу и новым возможностям учета материальных ценностей;
- для того чтобы решать технические проблемы и обеспечивать бесперебойную работу информационной системы, необходима квалифицированная техническая поддержка.

Ниже будет рассмотрена таблица сравнения ручного учета и информационной системы.

Проанализировав сравнительную таблицу ручного учета материальных ценностей и автоматизированной информационной системы учета, можно сде-

лать вывод о том, что информационная система учета однозначно показывает превосходство по всем ключевым критериям.

Таблица 1 – Сравнение ручного и информационного учета

Характеристика	Ручной учет	Информационная система учета материальных ценностей
Трудоемкость	Высокая	Низкая
Точность учета	Низкая	Высокая
Оперативность информации	Низкая	Высокая
Контроль за активами	Низкий	Высокий
Формирование отчетности	Сложное и долгое	Простое и быстрое
Интеграция с другими системами	Практически отсутствует	Высокая
Устойчивость к сбоям	Высокая, при потере материальных носителей информации восстановление станет крайне сложным процессом.	Средняя

Важнейшим преимуществом информационной системы учета материальных ценностей является значительное повышение эффективности и точности учета. Автоматизация значительно упрощает работу, благодаря этому уменьшается количество ошибок, появляется быстрый доступ к свежей информации, а также улучшается отслеживание ресурсов и подготовка отчетов [3]. Ручной же учёт не только требует значительных временных затрат от персонала, но и повышает вероятность человеческих ошибок, которые могут привести к искажению данных и неверным выводам, ограниченными возможностями контроля и анализа.

Таким образом, сравнительная таблица подтверждает, что информационная система учета материальных ценностей является современным и эффективным инструментом для управления кафедральными ценностями. После сравнения двух методов учета материальных ценностей, можно подвести итоги. Введение информационной системы учета материальных ценностей является важным шагом на пути к повышению эффективности, прозрачности и надежности управления активами. Отказ от ручного учета в пользу автоматизированной системы предоставляет значительные преимущества, которые позволяют:

- экономить время сотрудников;
- повысить эффективность работы сотрудников кафедры;
- повысить точность и достоверность данных;
- повысить контроль над материальными ценностями;
- улучшить процесс инвентаризации;
- при выборе нужной материальной ценности создавать нужный акт о списании, передачи или утилизации.

Поменять метод материального учета ценностей является не просто желательным, необходимым условием для того, чтобы повысить эффективность управления имуществом.

Список литературы

1. Разработка проектной документации и прототипа автоматизированной системы учета материальных ценностей кафедры вуза . URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-proektnoy-dokumentatsii-i-prototipa-avtomatizirovannoy-sistemy-ucheta-materialnyh-tsennostey-kafedry-vuza> (дата обращения: 14.03.2025)
2. Кондраков Н.П. Бухгалтерский учет: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2023.
3. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных = An Introduction to Database Systems: М.: Вильямс, 2006. — 1328 с.

*А.В. Булышева, студ.; рук. Л.В. Фомченкова, д.э.н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КОТЕЛЬНОЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНДУКЦИИ

Для обеспечения энергоэффективности, безопасности, снижения затрат и улучшения качества обслуживания оборудования на промышленных предприятиях и коммунальных объектах важным аспектом является внедрение оперативного контроля котельных установок. Сущность оперативного контроля заключается в непрерывном процессе или периодическом наблюдении за состоянием оборудования, а также фиксации параметров его работы. Современные информационные системы позволяют автоматизировать процессы мониторинга управления техническим обслуживанием благодаря чему снижаются риски и повышается надёжность работы установок. Но выбор подходящей системы может стать сложной задачей. Выделяются стандартные критерии, по которым происходит выбор информационной системы. Обычно критериями являются: стоимость и окупаемость системы, адаптируемость, безопасность, надежность, интерфейс, техническая поддержка, пропускная способность, конфигурируемость, удаленное управление, масштабируемость. Стоимость и окупаемость – важно учитывать не только саму стоимость системы, но и установку, дальнейшее сопровождение, а также время окупаемости. Под адаптируемостью понимается интеграция с другими системами. Безопасность системы это защита информации от внешней среды. Надежность обеспечивает выполнение всех функций. Пропускная способность показывает, как быстро информация расходиться по системе. Конфигурируемость системы отражает возможность разработки специфических функций для организации. Удаленное управление позволяет управлять системой из любой точки мира. Масштабируемость системы показывает ее способность к адаптации изменения объема нагрузки без потери производительности [1, 2].

Помимо вышеперечисленных критериев предлагается также применить метод индукции. Данный метод заключается в практическом подходе к выбору информационной системы, который основан на анализе конкретных проблем, благодаря которым формулируются требования к системе [3]. Предлагается применить данный метод с помощью прохождения определённых шагов: первый шаг - сбор конкретных данных о работе котельной; второй шаг - анализ

причины проблем; на третьем шаге формулировка конкретных требований к информационной системе; четвертый шаг - обобщение требований; пятый шаг – оценка системы на основе общих критериев; шестой шаг - выбор системы.

На первом шаге необходимо провести анализ текущих процессов, а именно выделить ключевые проблемы, например, большой расход топлива, или низкая скорость реакции операторов на нештатные ситуации. На втором шаге необходимо проанализировать: «почему возникают эти проблемы?» Причинами этих проблем являются отсутствие алгоритмов оптимизации расхода топлива и отсутствие своевременных уведомлений о проблемах. На третьем шаге необходимо на основе анализа проблем сформулировать функции, которые должна иметь система, например, алгоритм оптимизации расхода топлива или оповещение операторов о нештатных ситуациях через такие каналы как СМС или E-mail и т.д. Четвертый шаг включает в себя формулировку общих критериев выбора системы. То есть необходимо сформировать такие критерии, которые позволяют решить проблемы. Например, система должна обеспечивать безопасность, а именно предотвращать аварии; должна обеспечивать эффективность, соответственно, оптимизировать расход ресурсов. На пятом шаге необходимо сравнить доступные информационные системы на рынке по каждому из общих критериев, убедиться, что система соответствует не только требованиям, но и решает проблемы конкретные проблемы, которые были сформулированы на начальных этапах. Шестой шаг - выбрать систему, которая максимально соответствует как общим, так и конкретным требованиям. Данный метод позволит сделать фокус на существенных проблемах организации, от которых уже в последствии можно сформулировать требования, которые действительно нужны для решения этих проблем. Данный метод позволяет учитывать особенности конкретной котельной и подобрать лучшую информационную систему для повышения эффективности работы организации в целом.

Рассмотрим применение данного метода на примере приведённом в таблице 1. Пусть рассматриваемая система является малым предприятием.

Таблица 1 – Формирование критериев методом индукции

Данные о работе	Анализ причин проблем	Конкретные требования к ИС	Общие критерии выбора системы
Высокие затраты на топливо	Отсутствие алгоритмов оптимизации расходов топлива	Алгоритм оптимизации расхода топлива	Эффективность: оптимизация расхода ресурсов.
Сложности с отчетностью	Формирование рукописной отчетности	Автоматическая генерация отчетов	Понятный интерфейс: система должна быть простой в использовании
Низкая скорость реакции операторов	Отсутствие своевременных уведомлений о проблемах	Оповещение операторов о нештатных ситуациях через такие каналы как смс или e-mail	Безопасность: система должна оповещать об авариях
Перегрев котлов	Отсутствие мониторинга датчиков температуры	Мониторинг температуры в режиме реального времени	Надежность: отказоустойчивость,

Далее необходимо сравнить доступные ИС на рынке на основании критериев, выведенных с помощью метода индукции (таблица 2).

Таблица 2 - Сравнительная характеристика

Параметры сравнения	Winnium	Энкоост мониторинг	Checkoffice	1С: ТОИР	Maximo
разработчик	ООО «ТРИНИТУМ»	ООО «ЭНКОСТ»	ООО «ЧЕК ОФИС»	ООО "1С"	IBM
отечественная разработка	да	да	да	да	нет
стоимость	высокая	4400 руб. за один обслуживаемый станок в месяц	от 952 руб. до 3992 руб. в месяц	444600 руб.	преимущественно высокая
Оптимизация расходов ресурсов	есть	есть	нет	есть	есть
Удобство Интерфейса	высокое	среднее	высокое	среднее	среднее
Система оповещений	есть	есть	есть	ограничено	есть
Надежность	высокий (большие затраты)	достаточный	достаточный	высокий (большие затраты)	высокий (большие затраты)
масштабируемость	для средних и крупных предприятий	для малых и средних предприятий	для малых и средних предприятий	для крупных предприятий	для крупных предприятий
Мониторинг	высокий уровень	средний уровень	отсутствует	ограниченный уровень	высокий уровень
Генерация отчетности	есть	есть	есть	есть	есть

На сегодняшний день существует множество различных информационных систем для оперативного контроля котельных, такие, как: система Winnium (Тринитум), Энкоост мониторинг (Энкоост), CheckOffice (CheckOffice), 1 С: ТОИР управление ремонтами и обслуживание оборудования КОРП (1С: Предприятие), Maximo (IBM).

Система Winnium - это специализированная информационная система, которая разработана компанией Тринитум для автоматизации управления котельными и тепловыми пунктами. ИС предназначена для мониторинга контроля и оптимизации работы котельного оборудования. Системы обеспечивают следующий функционал: мониторинг параметров работы оборудования, управление режимами работы котельной, формирование отчёта и аналитика, интеграция с другими системами, удалённый доступ и управление, оповещение и аварийная сигнализация.

Информационная система Энко́ст мониторинг разработана компания «Эн-ко́ст». Предназначена для контроля энергоэффективности и технического состояния оборудования. Имеет широко используется на промышленных и коммунальных объектах для мониторинга энергопотребления, анализа данных и оптимизации работы оборудования. Система имеет следующий функционал: сбор данных из датчиков и счётчиков в реальном времени и передача их на центральный сервер; мониторинг энергопотребления с формированием графиков и диаграмм для последующего анализа; наличие инструментов для анализа энергоэффективности оборудования; прогнозирование аварийных ситуаций и оповещение о критических отклонениях в sms или email; формирование отчётов; возможность интеграции с другими системами; поддержание удалённого доступа..

Система CheckOffice предназначена для управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования (ТОиР). Ориентирована на автоматизацию процессов планирования учёта и контроля выполнения работ по обслуживанию и ремонту. Является хорошим решением для малых и средних предприятий, где требуется простое решение для управления ТОиР. В функционал системы входит следующее: планирование ТОиР и учет; создание и обработка заявок на ремонт, как в ручном так в автоматическом режиме; контроль выполнения задач, позволяет отслеживать и напоминать о сроках выполнения задач; формирование отчётов в Excel и PDF файлы; учёт затрат на материалы и запчасти; формирование заказов на поставку необходимых материалов; интеграция с другими системами.

Система 1С: ТОИР управление ремонтами и обслуживание оборудования КОРП - информационная система, разработанная на платформе 1С: Предприятие. Предназначена для управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования. Информационная система направлена на крупные предприятия, где требуется комплексное решение для управления жизненным циклом оборудования, планирование ремонтов и контроль затрат. Функционал системы 1С: ТОИР управление ремонтами и обслуживание оборудования КОРП: управление жизненным циклом оборудования, позволяет вести учёт всех объектов оборудования начиная их вводом в эксплуатацию и заканчивая списанием; поддержка планирования регулярного технического обслуживания и ремонта; создание заявок на ремонт вручную и в автоматическом режиме; контроль выполнения задач; учёт затрат на материалы и запчасти.; формирование заказов на поставку необходимых материалов; формирование отчётов в формате в Excel и PDF; интеграция с другими системами; анализ данных и прогнозирования; формирование рекомендации по оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта.

Информационная система Maximo - это комплексная система управления активным предприятия (EAM - система). Предназначена для управления техническим обслуживанием, ремонтами и активами предприятия. Система широко используется в различных отраслях. Функционал системы Maximo заключается в следующем: управление техническим обслуживанием и ремонтами; обеспе-

чивает полный учёт активов предприятия, начиная от их ввода в эксплуатацию, заканчивая списанием; формирование заявок на ремонт как вручную, так и автоматически; отслеживает статус выполнения задач напоминая о сроках их выполнения; учёт затрат на материалы и запчасти; формирование заказов на поставку необходимых материалов; формирование отчётов в формате в Excel и PDF; интеграция с другими системами предприятия; имеют мощные инструменты для анализа и прогнозирования; имеет систему рекомендаций; поддерживает мобильное приложение.

Исходя из таблицы 2 можно сделать вывод, что для рассматриваемого предприятия подходит система Энкоост мониторинг, так как она больше всего подходит под все требуемые критерии. Данный метод можно применить любой котельной со своими специфическими особенностями, так как критерии не ограничены и выбираются экспертами.

Современные информационные системы предлагают широкие возможности для автоматизации процессов мониторинга, управления и технического обслуживания. Выбор информационной системы должен основываться на задачах в предприятия, на его масштабах и бюджете. Правильно подобранное решение позволит повысить энергоэффективность, снизить затраты и обеспечить надёжную работу оборудования.

Список литературы

- 1 Скулаченко В.Г. Основные критерии выбора информационных систем [Электронный ресурс] Студенческий научный форум - 2019: URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018016733> (дата обращения 16.03.2025).
- 2 Ванцов А. А., Джеджелава Е. И. Выбор информационных систем для контроля над бизнес-процессами предприятия // Экономика и экологический менеджмент. 2015. №3. (дата обращения: 16.03.2025).
- 3 Зиновьев П.В. Метод математической индукции: для студентов, обучающихся по укрупненным группам направлений подготовки «Математические и естественные науки», «Инженерное дело, технологии и технические науки»: учебно-методическое пособие / Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2019. 22 с.

*А.А. Вителюева, студ.; рук. А.Ю. Пучков, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОМПАНИИ

В современном мире большинство компаний направлены на получение прибыли, соответственно, обеспечение безопасности сотрудником отходит на второй план. При этом из-за нестабильной экономической ситуации в России, условиям труда уделяется еще меньше внимания, что также увеличивает количество травм на производстве. Поэтому сейчас этому в законодательстве России уделяется особое внимание. Но при этом даже после введения новых требований, увеличения контроля со стороны государственных органов невозможно добиться идеально безопасных условий труда для работников. На фоне этого обеспечение безопасности труда становится важным аспектом в управлении каждым предприятием. Охрана безопасности труда в сетевых компаниях является еще более важным процессом, так как электроэнергетический комплекс является областью труда с высоким риском травматизма из-за специфики дан-

ного комплекса. Согласно ст. 2 Федерального закона № 116-ФЗ [1] электроэнергетика относится к категории опасных производственных объектов, соответственно работники данной сферы сталкиваются с поражением электрическим током, работой на высоте.

Важность обеспечения высокого уровня безопасности труда также подчеркивает то, что по данным Федеральной службы по труду и занятости обеспечение электрической энергией, газом и паром занимает 6 место по количеству погибших за 2023 год [2]. Также в данной статистике проводился анализ причин несчастных случаев с тяжелыми последствиями (рисунок 1).



Рисунок 1 – Анализ причин несчастных случаев с тяжелыми последствиями за 2023 год

Согласно этой статистике из-за неудовлетворительной организации производства работ, нарушений работником трудового распорядка и дисциплины труда, нарушений технологического процесса, недостатка в организации и проведении подготовки работников по охране труда происходит более 40% всех несчастных случаев. С учетом того, что обеспечение электрической энергией, газом и паром занимает 6 место по количеству погибших, то данную статистику можно применить и к электроэнергетике. Из представленного можно понять, что большинство несчастных случаев с тяжелыми последствиями связаны со средствами индивидуальной защиты или недостатком в организации и проведения подготовки работников по охране труда.

Соответственно, данное указывает на то, что в организациях электроэнергетики имеются проблемы в области безопасности труда:

1. Ручное управление, планирование и низкая автоматизация процессов. Большая часть региональных сетевых компаний и в настоящее время используют бумажный документооборот и ручное формирование отчетностей. Последствия данной проблемы, следующие: замедление реакции на инциденты, так как рутинные операции занимают много времени сотрудников; риск потери данных, из-за потерь записей, например, может быть пропущена информация

об отсутствии средств индивидуальной защиты или износе оборудования.

2. Неэффективный контроль мероприятий по технике безопасности. Данная проблема появляется из-за несерьезного или формального отношения сотрудников и руководства. Последствия этой проблемы: проверки и инструктажи не проводятся в срок, у сотрудников отсутствуют средства индивидуальной защиты, нарушения техники безопасности фиксируются только после аварий или инцидентов.

3. Несоответствие стандартам и регуляторным требованиям. Многие сетевые компании в особенности региональные лишь формально соблюдают и используют ГОСТ Р 12.0.007-2009 [3], при этом не адаптируя его к существующим условиям и не предпринимая действий для оптимизации процессов обеспечения безопасности труда. Данное вытекает из того, что ресурсы Ростехнадзора ограничены.

Указанные проблемы взаимосвязаны: ручное управление и планирование усиливают неэффективность контроля мероприятий. Решение данных проблем требует системного подхода к организации всех процессов, связанных с обеспечением безопасности труда в региональных сетевых компаниях. Для решения данной задачи предложена модель процессов планирования и контроля мероприятий по технике безопасности в нотации BPMN.

Нотация IDEF0 для моделирования процессов очень популярна в настоящее время. Данная нотация имеет свои достоинства, например, эта нотация позволяет выстраивать четкую иерархию процессов. Но она также имеет и недостатки, главный из которых это сложность описания работы с информационными системами и другими средствами автоматизации. А так как для решения указанных проблем требуется автоматизация процессов обеспечения безопасности труда, была выбрана нотация BPMN. Данная нотация также позволяет легко моделировать сложные процессы с параллельными сценариями. BPMN больше подходит для моделирования процессов обеспечения безопасности труда, так как данная нотация легко интегрирует множество ролей участников. В реальной практике BPMN также все больше вытесняет IDEF0 из-за своей приспособленности к автоматизации.

Разработанная модель процесса «Проведение инструктажей» представлена на рисунке 2.

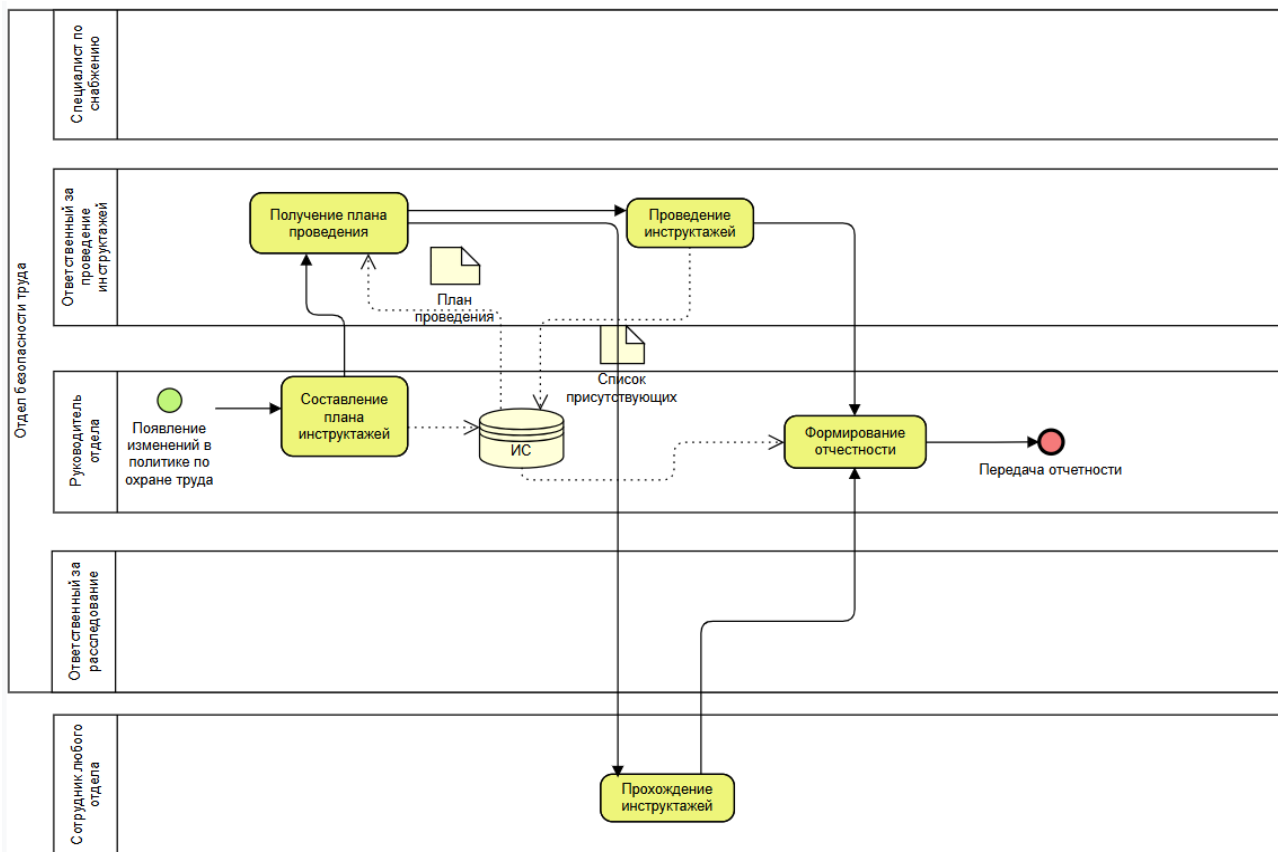


Рисунок 2 – Функциональная модель процесса «Проведение инструктажей» в нотации BPMN

Разработанная модель предоставляет детальную визуализацию процесса, отображает возможности автоматизации. Базис данной модели применим ко всем процессам, связанных с планированием и контролем мероприятий по технике безопасности. Применение данной модели поможет значительно сократить количество рутинных операций, количество ошибок, повысить эффективность отдела безопасности труда, контроль за всеми процессами данного отдела.

Таким образом, разработанная модель в нотации BPMN показывает потенциал для решений современных проблем в области планирования и контроля мероприятий по технике безопасности в региональной сетевой компании.

Список литературы

- 1 О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ: Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
- 2 Отчет о деятельности федеральной службы по труду и занятости за 2023 год [Электронный ресурс] // URL: https://rostrud.gov.ru/upload/iblock/c0a/otchet-rostrud-2023_web.pdf (дата обращения: 12.03.2025)
- 3 ГОСТ Р 12.0.007-2009. Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию [Электронный ресурс] Национальный стандарт РФ от 21 апреля 2009 г. № 138-ст.: Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕД РАЗРАБОТКИ: ECLIPSE IDE, IAR, KEIL И STM32CUBEIDE

Сегодня развитие микроэлектроники и встраиваемых систем невозможно представить без микроконтроллеров – компактных вычислительных устройств, способных выполнять сложные алгоритмы управления и обработки данных. Их применение охватывает широкий спектр отраслей: от бытовой электроники и автомобильной промышленности до медицины, промышленной автоматизации. Эффективное программирование и управление микроконтроллерами требует специализированных программных средств, включая интегрированные среды разработки, компиляторы, библиотеки и инструменты отладки.

Развитие средств разработки для микроконтроллеров тесно связано с эволюцией самих микроконтроллеров. Если ранее программирование таких устройств требовало глубоких знаний низкоуровневого программирования и работы с машинными кодами, то сегодня существуют мощные инструменты, позволяющие значительно упростить этот процесс. Современные среды разработки включают графические интерфейсы, упрощенные механизмы конфигурация периферийных устройств, а также средства автоматического генерирования кода, что снижает порог вхождения для разработчиков?

Существуют различные платформы для разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, которые можно классифицировать по производителям микроконтроллеров, используемым языкам программирования и уровню абстракции. Например, такие компании, как Microchip, STMicroelectronics, Texas Instruments и NXP, предлагают собственные экосистемы инструментов, адаптированные под их микроконтроллеры [1]. В качестве языков программирования наиболее широко используются C и C++. Однако с ростом популярности Python и JavaScript появляются решения, позволяющие применять эти языки в области встраиваемых систем.

Важнейшим аспектом разработки является выбор интегрированной среды разработки. Среди наиболее популярных решений можно выделить, STM32CubeIDE (для STM32), Keil uVision и IAR Embedded Workbench, ориентированные на ARM-микроконтроллеры [1,2,3]. Эти среды обеспечивают комплексный подход к разработке, включая редакторы кода, средства компиляции, отладки и эмуляции.

Неотъемлемой частью программирования микроконтроллеров является отладка и тестирование. Для этих целей применяются аппаратные и программные инструменты, такие как программаторы-отладчики (J-Link, ST-Link, PICkit) [1], логические анализаторы и симуляторы. Современные средства отладки позволяют не только находить ошибки в коде, но и анализировать поведение системы в реальном времени, что критически важно для обеспечения надежности и производительности встраиваемых решений. Таким образом, выбор и

применение средств разработки для программирования микроконтроллеров является ключевым фактором успешного проектирования встроенных систем.

Разработка современных встроенных систем предъявляет высокие требования к использованию специализированного программного обеспечения, которое оптимизирует процессы проектирования, отладки и внедрения прошивки для микроконтроллеров. На рынке представлено множество сред разработки, каждая из которых обладает своими уникальными характеристиками, достоинствами и недостатками. Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа указанных инструментов с целью определения наиболее оптимального варианта для работы с микроконтроллерами STM32.

Рассмотрим основные принципы работы следующих сред разработки для работы с микроконтроллерами STM32, а именно; Eclipse IDE, IAR Embedded Workbench, Keil μ Vision и STM32CubeIDE.

Eclipse IDE — это многофункциональная среда разработки с открытым кодом, совместимая с широким спектром языков программирования, в том числе C/C++. Для использования Eclipse с микроконтроллерами STM32 требуется установка дополнительных плагинов, таких как GNU ARM Eclipse, и конфигурация набора инструментов. Несмотря на свою гибкость и возможность кастомизации под конкретные задачи, Eclipse предъявляет высокие требования к настройке [4].

IAR Embedded Workbench — это профессиональная среда разработки, предназначенная для создания программного обеспечения для встраиваемых систем. Она представляет собой интегрированную платформу, включающую в себя компилятор, отладчик и утилиты для анализа кода. Продукция IAR славится своей высокой эффективностью оптимизации сгенерированного кода. Однако значительная стоимость лицензии может ограничить доступность данной среды для небольших проектов [2].

Keil μ Vision — это интегрированная среда разработки, предназначенная для программирования микроконтроллеров ARM, в том числе STM32. Она характеризуется интуитивно понятным интерфейсом и тесной интеграцией с отладчиками, такими как ST-Link. Тем не менее, бесплатная версия Keil μ Vision ограничена по объёму генерируемого кода (32 КБ), что затрудняет её использование в крупных проектах [3].

STM32CubeIDE — это специализированная среда разработки от STMicroelectronics, предназначенная для работы с микроконтроллерами STM32. Основанная на платформе Eclipse, она предоставляет все необходимые инструменты, включая STM32CubeMX для конфигурации аппаратных периферийных устройств и автоматической генерации кода. STM32CubeIDE распространяется свободно и отличается простотой использования [1].

После рассмотрения основных принципов работы и функционального потенциала платформ разработки программного обеспечения целесообразно провести их комплексное сопоставление. Такой анализ позволит выделить существенные различия между ними и установить сферы, в которых каждый из подходов проявляет максимальную результативность (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ сред разработки

Среда разработки	Eclipse IDE	IAR Embedded Workbench	Keil μ Vision	STM32CubeIDE
Простота использования	Требует значительных усилий для настройки и установки плагинов	Профессиональный, но сложный для новичков	Удобный интерфейс, но ограниченная бесплатная версия	Готовое решение для STM32 с минимальной настройкой
Поддержка STM32	Требует ручной настройки и интеграции STM32CubeMX	Полная поддержка, но требует лицензии	Полная поддержка, но с ограничениями в бесплатной версии	Полная поддержка STM32 "из коробки"
Интеграция с инструментами STM32	Требует дополнительных инструментов и настройки	Требует дополнительных инструментов и настройки	Требует дополнительных инструментов и настройки	Встроенные STM32CubeMX для конфигурации и HAL для работы с аппаратурой
Стоимость	Бесплатно	Дорого	Ограниченная бесплатная версия	Полностью бесплатно

В представленной таблице приведены основные отличия сред разработки, классифицированные по важнейшим параметрам.

Eclipse IDE отличается гибкостью, поддержкой множества плагинов и бесплатностью, но требует настройки и не имеет встроенной поддержки STM32.

IAR Embedded Workbench обеспечивает высокую оптимизацию кода и профессиональные инструменты, но отличается высокой стоимостью и сложностью для новичков. Keil μ Vision обладает удобным интерфейсом и хорошей интеграцией с отладчиками, но бесплатная версия имеет ограничения, а гибкость настроек уступает другим решениям. STM32CubeIDE — это бесплатная среда разработки, оптимизированная для STM32, с встроенными инструментами. Её ограничение — поддержка только микроконтроллеров STM32.

Анализируя возможности различных сред разработки, следует отметить их целевую аудиторию. Eclipse IDE ориентирована на опытных разработчиков, готовых к индивидуальной настройке среды. IAR Embedded Workbench востребован в промышленных проектах, где приоритетна высокая оптимизация кода. Keil μ Vision более подходит для образовательных целей и проектов ограниченного масштаба. STM32CubeIDE, в свою очередь, является оптимальным выбором для разработки под STM32, как для начинающих специалистов, так и для профессионалов, желающих минимизировать время на настройку.

Сравнение сред разработки показывает, что STM32CubeIDE является оптимальным вариантом для работы с микроконтроллерами STM32 благодаря своей простоте использования, бесплатной лицензии и полной интеграции с экосистемой STM32.

Несмотря на наличие преимуществ у таких сред, как Eclipse, IAR и Keil, они либо требуют более сложной настройки, либо имеют ограничения по

функционалу или стоимости. STM32CubeIDE предоставляет разработчикам сбалансированное решение, позволяющее сосредоточиться на создании высококачественных проектов вместо настройки инструментов, что повышает эффективность управления информацией.

Компания STMicroelectronics активно совершенствует свою среду разработки STM32CubeIDE, что делает её всё более востребованной среди разработчиков. В дальнейшем ожидается углубление интеграции с новыми моделями микроконтроллеров STM32 и расширение функционала для повышения эффективности разработки и отладки. Несмотря на это, системы Eclipse, IAR и Keil, вероятно, сохранят свою популярность в определённых сегментах рынка. Тем не менее, STM32CubeIDE имеет все шансы стать ведущим инструментом для разработки приложений на платформе STM32.

Литература

1. STM32CubeIDE. Integrated Development Environment for STM32 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>
2. IAR Embedded Workbench. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iar.com/embedded-development-tools/iar-embedded-workbench>
3. Keil RTX RTOS the easy way. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ecb.torontomu.ca/~courses/ee8205/Data-Sheets/RTX-uVision-M3Board/Keil-RTX.pdf>
4. Eclipse IDE. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.eclipse.org/sponsor/collaboration/?utm_campaign=9262520-Working%20Group%20Sponsorship&utm_source=Featured%20Story&utm_medium=Option%20A

*Е.С. Волкова, студ., рук. Ю.В. Сияевский, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИЙ БЛОКЧЕЙНА И TANGLE В IoT

Интернет вещей (IoT) представляет собой быстро развивающуюся область, где устройства и объекты взаимодействуют друг с другом через Интернет, формируя обширные сети передачи данных. Для увеличения уровня защиты, стабильности и открытости применяются технологии Блокчейн и Tangle, которые дают возможность строить децентрализованные и безопасные системы, автоматизировать операции и оптимизировать взаимодействие между устройствами.

Для внедрения концепций блокчейна и Tangle в IoT-системы используются специализированные программные решения и библиотеки (рисунок 1) [1]. Эти инструменты помогают разработчикам интегрировать распределительные реестры в действующие IoT-архитектуры, гарантируя повышенную защищённость и надёжность данных.



Рисунок 1 – Необходимые инструменты для реализации концепций Блокчейна и Tangle в IoT

Можно сказать, что для эффективного объединения Блокчейна и Tangle в IoT требуется комплексный подход, который включает: подбор соответствующих платформ, языков программирования, библиотек, фреймворков, облачных решений, аналитических инструментов, систем безопасности и средств управления устройствами. Стоит отметить, что конкретные инструменты выбираются с учетом характеристик используемой IoT-системы и особенностей конкретного проекта.

На сегодняшний день существует множество технологий, реализующих концепции блокчейна и Tangle. Особенно выделяются Ethereum и IOTA, нашедшие применение в сфере Интернета вещей. Эти технологии обладают конкретными реализациями, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества (рисунок 2) [2, 3].

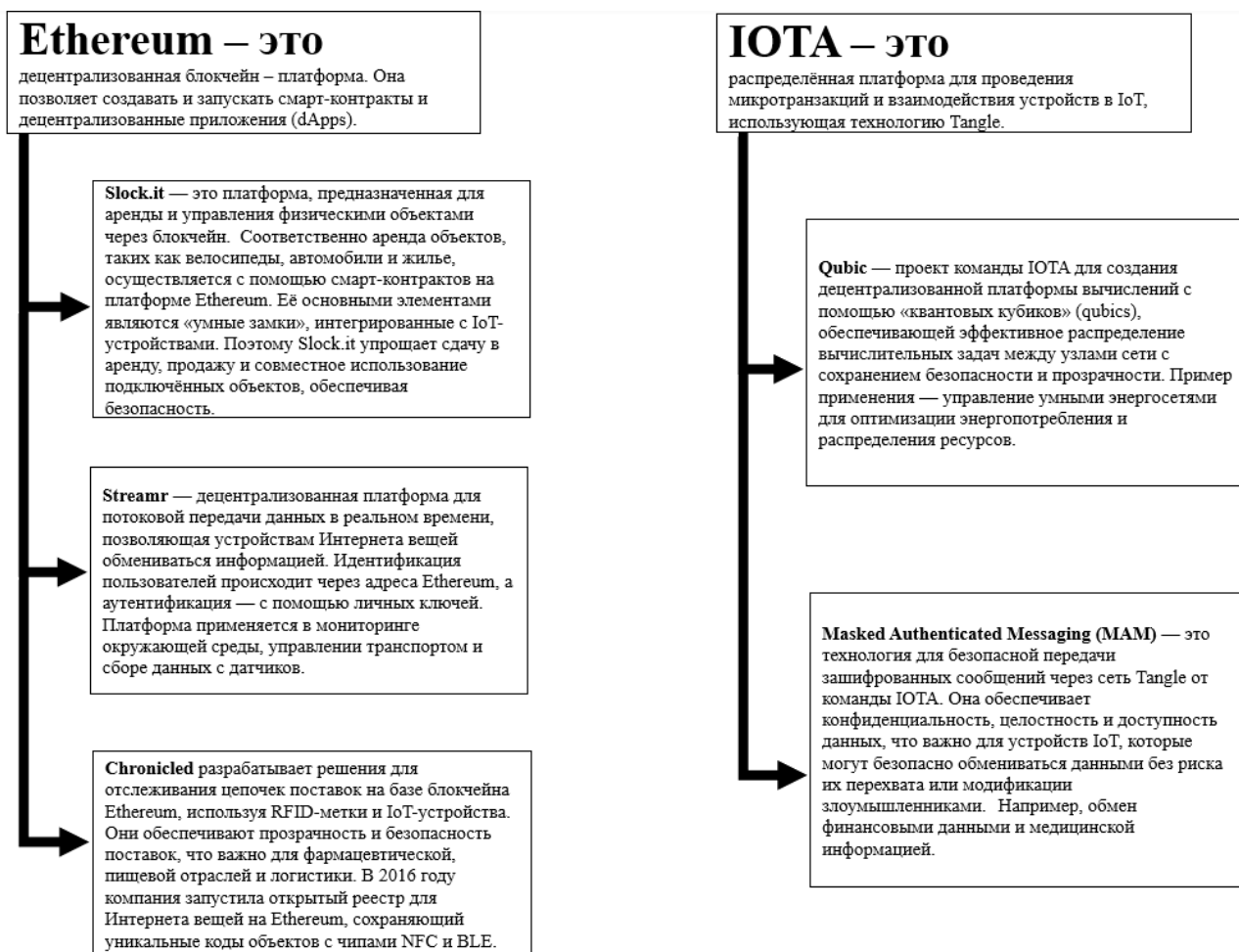


Рисунок 2 – Технологии реализации Блокчейн и Tangle для IoT

Следовательно, Ethereum и IOTA являются двумя ведущими платформами, представляющими технологии Блокчейн и Tangle соответственно. Ethereum, используя смарт-контракты и децентрализованные приложения, обеспечивает защищённое взаимодействие с физическими устройствами, тогда как IOTA, основанная на технологии Tangle, ориентирована на проведение микротранзакций и обмен данными. Обе платформы способствуют повышению уровня безопасности, прозрачности и эффективности в различных сегментах IoT.

Однако для подключения устройства к IoT-сети на основе Блокчейна или Tangle необходимо соблюдение ряда базовых условий, перечисленных в таблице 1 [4].

Согласно данным таблицы 1, Ethereum обладает более высокими аппаратными требованиями: двухъядерный (или более) процессор, 8 ГБ оперативной памяти, 2 ТБ SSD и пропускная способность сети от 10 Мбит/с. В то же время IOTA демонстрирует меньшую ресурсоёмкость: достаточно 4 ГБ ОЗУ, 128 ГБ дискового пространства и скорости интернет-соединения от 2 Мбит/с. В обоих случаях необходима поддержка современных криптографических протоколов и обеспечение безопасности с помощью шифрования и, желательно, аппаратных средств защиты. Стоит отметить, что все требования, зависят от конкретной ар-

хитектуры и типа определённой технологии.

Таблица 1 – Минимальные требования для устройств IoT на основе Ethereum и ИОТА

Характеристика	Ethereum	ИОТА
Вычислительная мощность	ЦП с 2+ ядрами	ЦП с 2 ядрами
Оперативная память (RAM)	8 ГБ	4 ГБ
Хранилище	2 ТБ SSD-накопитель	128 ГБ
Сеть	Ethernet/Wi-Fi (пропускная способность 10+ Мбит/с)	Ethernet /Wi-Fi (пропускная способность 2+ Мбит/с)
Операционная система	Linux, Windows, macOS	Linux, Windows, macOS
Безопасность	SSL/TLS протоколы шифрование, криптографические алгоритмы (например, ECC, SHA-256)	Поддержка шифрования по стандарту AES-256 и применение HSM для безопасного управления ключами.

Таким образом, интеграция технологий Блокчейн и Tangle в системы Интернета вещей представляет собой перспективный подход к улучшению безопасности, надежности и прозрачности данных. Платформы Ethereum и ИОТА предлагают разные решения для защищенного взаимодействия и обмена данными между IoT-устройствами, причем выбор между ними зависит от вычислительных возможностей устройств и требований к пропускной способности сети. Ethereum подходит для более сложных сценариев, требующих значительных вычислительных ресурсов, тогда как ИОТА ориентирована на микротранзакции и обмен данными в менее требовательных к ресурсам средах. Внедрение этих технологий требует комплексного подхода, учитывающего особенности конкретного проекта и возможности используемой IoT-инфраструктуры.

Список литературы

1. Shardeum Content Team Tangle Vs Blockchain [Электронный ресурс] // shardeum.org : [Электронный ресурс]. URL: <https://shardeum.org/blog/tangle-vs-blockchain/> (дата обращения: 07.11.2024).
2. Помазкова Е.Е. Сравнительный анализ блокчейна и альтернативных технологий распределенного реестра [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru/>: [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-blokcheyna-i-alternativnyh-tehnologiy-raspredelemnogo-reestra/viewer> (дата обращения: 07.11.2024).
3. Технология Tangle: Альтернатива блокчейну [Электронный ресурс]. URL: <https://utmagazine.ru/posts/21596-tehnologiya-tangle-alternativa-blokcheynu> (дата обращения: 07.11.2024)
4. Менчиев А. У., Айгумов Т. Г., Эмирова Г. А. Анализ характеристик и функциональных возможностей устройств IoT // Инженерный вестник Дона. 2023. №. 2. [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8191 (дата обращения: 07.11.2024)

ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И TANGLE КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ IoT

Интернет вещей (IoT) уже давно перестал быть просто модной концепцией – сегодня это важнейший элемент устойчивого развития, соединяющий цифровое пространство с физическим миром. Умные устройства, способные собирать, анализировать и обмениваться данными, формируют основу для оптимизации процессов во всех сферах жизни: от быта до крупных промышленных предприятий и государственных структур.

Современные системы управления, интегрированные с IoT-технологиями, открывают новые горизонты контроля над ресурсами и процессами. Они помогают значительно снизить потребление энергии, повысить эффективность работы оборудования и обеспечить лучшее качество обслуживания. Примером служат умные дома, где освещение и микроклимат автоматически адаптируются под нужды жильцов, обеспечивая комфорт и сокращение расходов. В городском хозяйстве IoT-системы помогают управлять транспортными потоками, минимизировать выбросы вредных веществ и улучшить экологию. А в сфере здравоохранения электронные медицинские системы способствуют раннему выявлению болезней и непрерывному мониторингу состояния здоровья пациентов.

Однако, несмотря на свою несомненную пользу и удобство, IoT привносит в нашу жизнь не только возможности, но и новые вызовы. С увеличением количества подключённых устройств растут риски, связанные с безопасностью данных и киберугрозами. Утечка конфиденциальной информации, несанкционированный доступ и кибератаки становятся реальной угрозой, особенно в условиях быстрого распространения умных технологий во всех аспектах современной жизни.

Рассмотрим главные проблемы, связанные с безопасностью Интернета вещей [1]:

Пренебрежение безопасностью при разработке: производители IoT-устройств часто жертвуют тщательной проверкой безопасности ради скорейшего запуска продукта;

Уязвимость заводских настроек: многие IoT-устройства комплектуются шаблонными паролями, которые редко изменяются пользователями;

Нарушение конфиденциальности: умные устройства способны собирать, хранить, а также передавать личные данные владельца третьим лицам;

Угроза заражения вредоносным программным обеспечением: растущее число IoT-устройств увеличивает риск заражения вредоносным ПО и использования их в ботнетах;

Расширенные кибератаки: зараженные IoT-устройства могут быть использованы для DDoS-атак;

Уязвимость интерфейсов: отсутствие шифрования и недостаточная

аутентификация делают IoT-устройства уязвимыми.

Стоит отметить, что сбор и хранение данных в системах Интернета вещей сопровождаются трудностями. Это связано с автономной работой большинства устройств, которые функционируют без постоянного контроля человека, что повышает риски кибератак и других нарушений безопасности. В последнее время участились атаки на IoT-устройства. На рисунке 1 представлены случаи компрометации устройств со стороны киберпреступников [2].

1. Атака ботнета Mirai В 2016 году ботнет Mirai, состоящий из сотен тысяч заражённых устройств, вызвал серьёзные сбои у сервисов вроде Spotify, Netflix и PayPal.	2. Взлом Tesla Model X В 2020 году специалист по кибербезопасности взломал Tesla Model X за две минуты через уязвимость в Bluetooth; аналогичные атаки затронули другие автомобили с беспроводными ключами.
3. Вредоносная программа VPNFilter В 2018 году вирус VPNFilter заразил более 500 000 маршрутизаторов в 50 странах, способствуя установке дополнительного ПО, перехвату данных и краже паролей.	4. Взлом камер Verkada В 2021 году хакеры получили доступ к 150 000 видеопотокам с камер Verkada, установленных в школах, больницах и других госучреждениях.

Рисунок 21 – Случаи компрометации устройств со стороны киберпреступников

Тем не менее применение определённой технологии может стать решением для вышеуказанных проблем, обеспечив безопасность и стабильность в хранении и обмене данными. К такой технологии можно отнести Блокчейн.

Блокчейн – это технология, которая позволяет сохранять и передавать данные в виде последовательности связанных блоков. Каждый блок содержит информацию и ссылку на предыдущий – вместе они образуют цепочку. Данная технология позволяет легко интегрировать и обмениваться данными транзакций из различных источников. Блокчейн-технологии обладают рядом преимуществ, которые представлены в таблице 1 [3]:

Таблица 1 – Преимущества технологии Блокчейн

Преимущество	Описание
Децентрализация	Устойчивость к атакам благодаря распределённому хранению данных на множестве узлов
Прозрачность	Все транзакции видны и не поддаются изменениям,

и неизменяемость данных	что повышает безопасность.
Улучшение аутентификации	Использование криптографических методов для обеспечения надежной аутентификации устройств и защиты данных от несанкционированного доступа.
Smart-контракты	Автоматизация процессов безопасности (например, управление доступом) через выполнение действий по заранее установленным условиям.

Важно отметить, что при применении блокчейна для повышения безопасности IoT эти преимущества проявляются в конкретных способах, к которым относятся [3]:

1. Децентрализованная аутентификация: блокчейн позволяет создавать системы аутентификации, где IoT-устройства могут проходить идентификацию без участия централизованных серверов, минимизируя риски атак на базы данных.

2. Контроль доступа: блокчейн реализует систему управления правами через смарт-контракты, автоматически регулируя авторизацию устройств и пользователей к критическим данным и функциональным возможностям.

3. Защита передачи данных: блокчейн создаёт криптографически защищённые каналы связи между IoT-устройствами, гарантируя целостность информации и исключая возможность несанкционированного вмешательства.

4. Регистрация и верификация транзакций: блокчейн сохраняет неизменяемую запись всех действий, обеспечивая прозрачный контроль и моментальное выявление потенциальных угроз.

5. Защита целостности данных: благодаря децентрализованной архитектуре и хешированию, блокчейн гарантирует защиту от несанкционированных изменений и кибернетических атак.

6. Прямые взаимодействия: благодаря распределённой архитектуре блокчейн обеспечивает прозрачность и снижает вероятность мошенничества. Это особенно ярко проявляется в DeFi, где пользователи взаимодействуют напрямую.

7. Контроль обновлений ПО: блокчейн позволяет автоматизировать мониторинг и верификацию обновлений для IoT-устройств, гарантируя использование только проверенных и безопасных версий программного обеспечения.

Однако, несмотря на эти преимущества, существуют и другие, не менее перспективные технологии, которые могут эффективно использоваться для обеспечения безопасности IoT. Одной из таких технологий является Tangle.

Tangle – это инновационная технология распределенного реестра, основанная на структуре DAG (Directed Acyclic Graph), которая отличается

от классической блокчейн-архитектуры тем, что не требует наличия цепочки блоков. Вместо этого каждая новая транзакция должна подтвердить две другие случайные транзакции, уже находящиеся в сети. Эта особенность делает его более эффективной и гибкой технологией для применения в сфере IoT. Технология Tangle обладает рядом преимуществ, которые представлены в таблице 2 [4]:

Таблица 2 – Преимущества технологии Tangle

Преимущество	Описание
Масштабируемость	Обработка большого количества операций одновременно благодаря отсутствию централизованных узлов для проверки транзакций.
Отсутствие комиссий	Отсутствие комиссий за транзакции, что особенно выгодно для обработки множества мелких операций в системах IoT.
Энергосбережение	Значительно меньшее потребление энергии по сравнению с классическими блокчейнами из-за отсутствия сложных вычислений (например, Proof of Work).
Отсутствие майнеров	Пользователи сами подтверждают транзакции друг друга, что делает сеть Tangle более децентрализованной и эффективной.

Рассмотрим основные способы использования Tangle для обеспечения безопасности IoT [5]:

1. Децентрализованное управление устройствами: благодаря децентрализованной природе Tangle, атака на одно устройство или узел не приведёт к остановке всей сети. Это значительно усложняет проведение DDoS-атак против IoT.

2. Аутентификация устройств: устройства IoT могут использовать Tangle для взаимной аутентификации через систему цифровых подписей, защищая от несанкционированного доступа.

3. Защита данных: все данные, передаваемые между устройствами IoT, можно шифровать и записывать в Tangle. Благодаря тому, что каждая запись связана с предыдущими, любые изменения легко обнаруживаются, обеспечивая целостность данных.

4. Управление обновлениями ПО: обновление программного обеспечения (прошивки) является критически важным аспектом безопасности IoT-устройств. С использованием Tangle можно безопасно распространять обновления, обеспечивая целостность кода и предотвращая его подмену.

5. Микроплатежи и смарт-контракты: Tangle также поддерживает микроплатежи и смарт-контракты, что открывает новые возможности для монетизации услуг IoT.

6. Отслеживание истории взаимодействий: все взаимодействия устройств могут фиксироваться в Tangle, что значительно упрощает аудит безопасности и

анализ поведения устройств по обнаружению угроз.

Тем не менее, стоит отметить, что Блокчейн и Tangle – это две схожие

технологии с точки зрения их общего назначения (обеспечение безопасности IoT-

сетей), но они сильно различаются в своей технической реализации.

Блокчейн обеспечивает высокую степень безопасности благодаря сложной системе проверки блоков и полной децентрализации, что делает его подходящим для обработки особо важных данных. Однако эта технология может быть медленной и ресурсоемкой, особенно при обработке большого объема транзакций. С другой стороны, Tangle предлагает более быстрый и энергоэффективный способ обработки без необходимости платить комиссии, что делает его привлекательным вариантом для систем с высокой нагрузкой и большим количеством устройств. Тем не менее, этот метод уступает блокчейну в вопросах безопасности отдельных транзакций.

Таким образом выбор между этими двумя технологиями зависит от конкретных требований системы. Для максимальной защиты данных предпочтительнее блокчейн, а для высоконагруженных сетей с частыми транзакциями – Tangle. Однако возможен и гибридный подход, при котором наиболее важные данные обрабатываются через блокчейн для обеспечения наивысшего уровня защиты, а менее значимые проходят через сеть Tangle, что позволяет ускорить процесс, не жертвуя при этом надежностью системы. Такой метод может стать неким компромиссом между безопасностью и эффективностью IoT.

Список литературы

1. Верещагина, Е. А., Капецкий, И. О., Яронов, А. С. Проблемы безопасности Интернета вещей. Учебное пособие [Электронный ресурс] / Е. А. Верещагина, И. О. Капецкий, А. С. Яронов. – М.: Мир науки, 2021.
2. Kaspersky. Безопасность интернета вещей: лучшие практики / [Электронный ресурс]//Kaspersky,2023: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/preemptive-safety/best-practices-for-iot-security?ysclid=m36nyox8dc52307932> (дата обращения: 07.11.2024).
3. Ali M.S., Vecchio M., Pincheira M., Dolui K., Antonelli F., and M.H. Rehmani, Applications of Blockchains in the Internet of Things: A Comprehensive Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019. Vol. 21. No. 2. P. 1676–1717
4. Shardeum Content Team Tangle Vs Blockchain / Shardeum Content Team [Электронный ресурс] // shardeum.org : [Электронный ресурс]. URL: <https://shardeum.org/blog/tangle-vs-blockchain/> (дата обращения: 07.11.2024).
5. UrbanMatter Staff Understanding IOTA's Tangle Technology / UrbanMatter Staff [Электронный ресурс] // urbanmatter.com : [Электронный ресурс]. URL: <https://urbanmatter.com/understanding-iotas-tangle-technology/> (дата обращения: 07.11.2024).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ОБРАЗЦА РУДНОГО МАТЕРИАЛА, ИМЕЮЩЕГО ФОРМУ ПЛАСТИНЫ, ОСЛОЖНЕННОГО ЭНДОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИЕЙ ДИССОЦИИИ КАРБОНАТОВ

Одним из способов подготовки фосфорного сырья в металлургической промышленности является её спекание в агломерационной машине. Процесс агломерации позволяет сформировать мелкую и пылевидную руду в крупный агломерат с хорошей газопроницаемостью. Фосфорсодержащие руды обладают сложным и неоднородным полиминеральным составом, который подвержен изменениям вследствие физико-химических превращений. Определение тепло-массообменно-химического процесса невозможно на основании уже имеющихся данных карбонизационного обжига, так как такая информация содержит в себе описание процессов для карбонатных минералов, не содержащих примесей и отдельных типов фосфоритного сырья.

В настоящий момент для производства тепловой энергии в металлургической промышленности расходуется до 75% топливно-энергетических ресурсов. Необходимость применения методов математического моделирования для повышения технико-экономических показателей являются актуальными, так как отрасли производства, основанные на тепло-технологических процессах, остаются наиболее энергоёмкими. Повышение энергоэффективности может основываться на вовлечении обеднённого фосфорсодержащего сырья, но такие мероприятия могут привести к снижению качества обрабатываемого сырья и нарушению технологии работы агломерационных машин. Процессы в таких машинах имеют термический характер и параметры обжига полидисперсного слоя руды зависят от свойств рудного сырья, скорости и объёмов прокачиваемого газа, а также степени превращения карбонатов при обжиге.

Построение и вычисление математической модели невозможно без применения соответствующих допущений:

- нагрев модели представляет собой нестационарный процесс изменения температурного поля в материале;
- теплофизические свойства образца зависят только от его состава, а не от количества и степени прореагировавших компонентов;
- изменение скорости температурной зависимости подчиняются аррениусовскому характеру;
- образуемые газообразные продукты реакции не влияют на скорость протекающей реакции декарбонизации.

Решение поставленной задачи для пластины полутолщиной $X = 4 \cdot 10^{-3}$ м (рисунок 1) сводится к системе уравнений (1):

$$\begin{cases} \rho C_p(T, \alpha_1, \alpha_2) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T, \alpha_1, \alpha_2) \frac{\partial T}{\partial x} \right) - C_1^0 Q_1^0 \frac{\partial \alpha_1}{\partial \tau} - C_2^0 Q_2^0 \frac{\partial \alpha_2}{\partial \tau}; \\ \frac{\partial \alpha_1}{\partial \tau} = k_{01} \exp \left(-\frac{E_1}{RT} \right) f_1(\alpha_1); \\ \frac{\partial \alpha_2}{\partial \tau} = k_{02} \exp \left(-\frac{E_2}{RT} \right) f_2(\alpha_2). \end{cases} \quad (1)$$

Удельная теплоёмкость образца, представленного пластиной, задаётся параметром $\rho C_p(T, \alpha_1, \alpha_2)$, а удельная теплопроводность $\lambda(T, \alpha_1, \alpha_2)$. Эти параметры не задаются константами, а зависят от температуры и степени превращения сырья в процессе спекания. Эндотермическая реакция карбонизации описывается уравнениями: $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2 - Q_1$; $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 - Q_2$. Константы Q_1 и Q_2 задают тепловые эффекты реакции разложения соответствующих карбонитов ($Q_1 = 1,21 \cdot 10^5$ Дж/моль, $Q_2 = 1,78 \cdot 10^5$ Дж/моль).

Скорость химической реакции определяется множеством факторов: температурой, наличием катализаторов, концентрацией реагирующих веществ. Для численного расчёта нашей модели учитываем именно концентрацию вещества, участвующем в процессе декарбонизации. Кинетические реакции нагрева разбираются с использованием реакционной переменной α , которая представляет собой отношение количества вещества G_0 , вступающего в реакцию, к общему количеству прореагировавшего вещества $G(\tau)$ за период времени τ : $\alpha = (G_0 - G(\tau))/G_0 = 1 - G(\tau)/G_0$. Время протекания агломерации состоит из времени химического превращения и времени диффузии газообразных компонентов к общему объёму образца: $\tau = \tau_{\text{кин}} + \tau_D$.

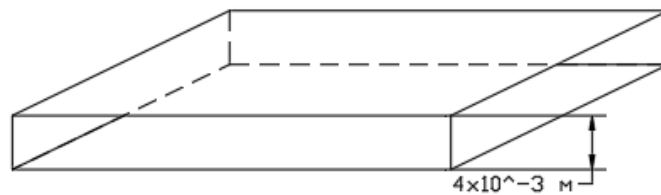
Для системы уравнений (1) задаются начальные

$$T(x, 0) = T_0; \quad \alpha_1(x, 0) = 0; \quad \alpha_2(x, 0) = 0$$

и граничные условия первого рода

$$T(X, \tau) = T_1(\tau); \quad T(-X, \tau) = T_2(\tau).$$

Решение системы уравнений осуществлялось прогонкой по неявно конечно-разностной схеме. В модели расчёт приводится для трёх значений реакционной переменной: $\bar{\alpha} = 0,25$, $\bar{\alpha} = 0,5$ и $\bar{\alpha} = 0,75$.



$b, \text{Kc-1}$	bX^2/a	E/R_3^{10}	QC_2^{10}	n
0,2780	19,6000	25,3000	$0,378 \cdot 10^9$	$2/3$
1,1000	78,3000	25,3000	$0,378 \cdot 10^9$	$2/3$
2,2200	156,6000	25,3000	$0,378 \cdot 10^9$	$2/3$

Рисунок 1 – Модель пластины и исходные данные.

Графически отобразим зависимость изменения поля градиентов от скорости нагрева (рис.2).

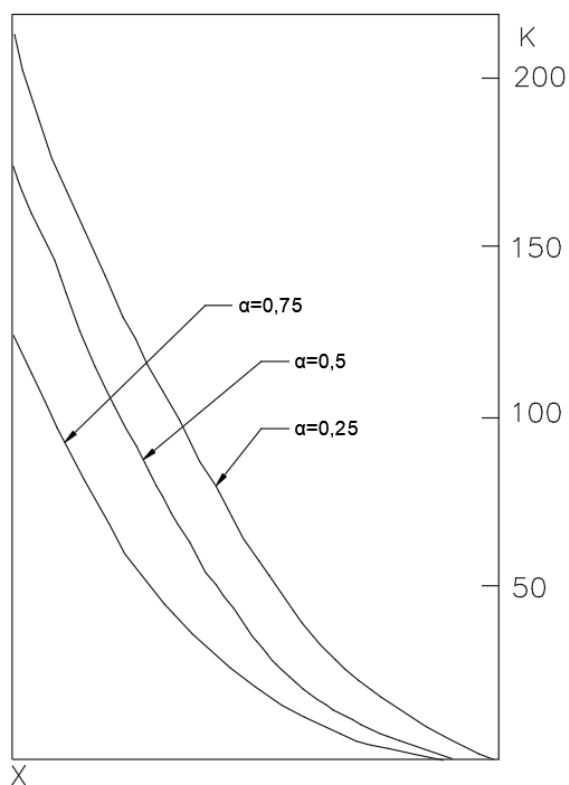


Рисунок 2 – Зависимость скорости нагрева и градиента температуры.

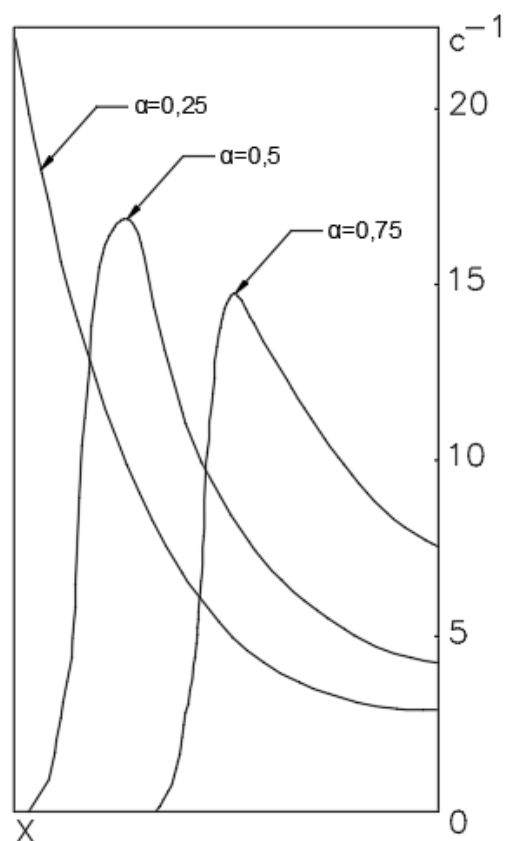


Рисунок 3 – Зависимость скорости нагрева и превращения образца.

Доказано, что увеличение скорости нагрева приводит к увеличению градиента температур. Причина этого явления связана с температуропроводностью материала, которая зависит от степени однородности концентрации реагирующего вещества в образце [1]. Такая неоднородность также приводит к смещению скорости реакции декарбонизации в глубь образца (рис. 3).

Теплообмен внутри образца в условиях квазистационарного нагрева отображает зависимость кинетики термического разложения карбонатов в составе фосфоритового сырья.

Максимумы скорости реакций сопоставимы со скоростью нагрева и находятся в линейной зависимости – увеличение температуры сопровождается ростом скорости реакции в образце. Нагрев образца, имеющего форму пластины, в реальности является квазистационарным процессом. Температурные поля в любой точке подвержены линейному закону, поэтому отношение максимального значения тепловосприятости образца $Q_{\Sigma}^{\max}$ к тепловосприятости $Q_{\text{к.с.}}$ снижается

с увеличением скорости нагрева: $Q_{\Sigma}^{\max} = \rho C_p \int_0^X \partial T / \partial \tau dx + \left(Q^0 C^0 \cdot \bar{\nu}^{\max} \right) \cdot X,$

$Q_{\text{к.с.}} = \rho C_p \partial \bar{T} / \partial \tau X.$ Это объясняется ростом скорости газа и снижением температурного напора в поверхности образца.

Макрокинетическая модель должна учитывать скорости термического разложения. Влияние на кинетику термического разложения образца задаётся функцией $f(\alpha)$. В исследуемой модели она рассматривается на примере зави-

симости $f(\alpha) = (1 - \alpha)^n$. Повышение точности расчётов достигается учётом погрешностей измерений.

Для определения влияния процессов, происходящих при декарбонизации, применяются методы неизотермической кинетики. В случае одного эксперимента необходимо задание функции $f(\alpha)$, определяющей степень превращения. В работе же рассматривается проведение серии экспериментов для образцов пластин одной толщины X при разных скоростях нагрева. Выявленные закономерности позволяют сформировывать энергоэффективные режимы работы машин термической подготовки фосфоросодержащего сырья при высокотемпературном обжиге [2].

В научно-исследовательских центрах горнообогатительного направления ведутся работы по созданию оптимальных конфигураций обжиговых конвейерных установок с производственной мощностью до 10 млн тонн окатышей в год. Карбонатные компоненты, содержащиеся в сырье, могут составлять от 10 до 30%. С учетом тепловыделения 2,6 ГДж/год только на одну агломерационную машину на практике становятся актуальными вопросы повышения энергетической экономии и оптимизации работы оборудования на основании контроля анализа состава поступающего сырья. Таким образом применение модели повышает экономическую рентабельность агломерационных машин в условиях ежегодного роста стоимости теплоносителя и повышает качество работы обжиговых печей, за счёт поправок, вносимых при термической обработке руды [3].

Список литературы

1. Орехов В.А., Бобков В.И., Дли М.И. Исследование конструктивных и технологических параметров барабанной сушилки для фосфогипса газовой и дисперсной фазой // Известия СПбГТИ(ТУ). 2023. №65(91). С.105-111.
2. Кольцов Н.И. Линейные концентрационные и температурные законы сохранения в открытом безградиентном химическом реакторе // Теоретические основы химической технологии. 2021. Т. 55. № 2. С. 210-215.
3. Орехов В.А., Бобков В.И., Дли М.И. Анализ температурно-концентрационной зависимости термических деформаций фосфоритов при нагреве // Известия СПбГТИ(ТУ). 2022. №62(88). С.95-99.

*М.Ю. Воротилова, маг.; рук. О.В. Булыгина, к.э.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И БИОЭВРИСТИК

Цифровая революция, основанная на переходе от аналоговых технологий к электронным, определила начало нового этапа развития – цифровая экономика. Данный этап начался в 1970-80-х годах и продолжается в настоящее время, охватывая все больше сфер деятельности. Для поддержания уровня конкурентоспособности компаниям необходимо подстраиваться под тенденции развития общества, делая упор на автоматизацию бизнес-процессов.

В производстве данный этап развития общества определил начало «Индустрии 4.0», ознаменовавшей переход к использованию цифровых технологий на предприятиях. Одним из основных направлений автоматизации деятельности

предприятий является управление качеством продукции для обеспечения ее соответствия требованиям потребителей. К наукоемкой продукции относятся: химические переделы, лекарственные препараты, инновационные технологии, высокотехнологическое оборудование, программные продукты и др. Создание таких товаров является сложным процессом, в котором задействованы обширные производственные линии. Рассмотрим процесс создания наукоемкой продукции на примере химического производства. Многостадийная технологическая линия, входящая в состав химико-энерготехнологической системы переработки отходов апатит-нефелиновых руд, состоит из последовательности производств, отраженных на рисунке 1.

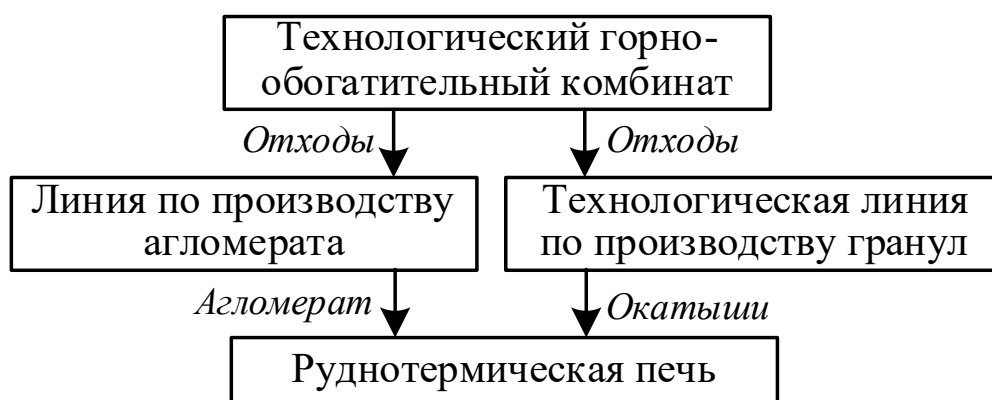


Рисунок 1 – Технологическая линия переработки химических отходов

Каждая линия в свою очередь может быть представлена в виде последовательности производственных установок, состоящих из множества взаимосвязанных компонентов. Управление качеством наукоемкой продукции, производимой в результате многостадийной обработки (например, производство агломерата и окатышей), является трудоемким процессом, предполагающим постоянное целенаправленное воздействие на все стадии жизненного цикла продукции [1]. Ручное выполнение процесса является трудноосуществимым и может привести к возникновению дополнительных издержек в случае ошибок, что порождает необходимость применения математических методов поддержки принятия решений по управлению качеством наукоемкой продукции. Существующие на сегодняшний день математические способы и инструментальные средства не позволяют в необходимой степени обеспечить эффективную обработку больших массивов многомерных данных количественного и качественного характера, что снижает возможности их использования в данном процессе. Вышеизложенное определяет актуальность разработки более подходящих методов поддержки принятия решений по управлению качеством наукоемкой продукции.

Управление качеством наукоемкой продукции предполагает подготовку и настройку оборудования всей технологической линии таким образом, чтобы совокупность всех параметров позволяла максимизировать качество производимой продукции. Сложность реализации процесса заключается в обеспечении

устойчивой и эффективной работы всей производственной линии. Процесс управления качеством продукции должен начинаться с этапа проектирования эффективной технологической линии, для которого важно обеспечить правильный подбор всех составляющих. Учет всех комбинаций является труднореализуемой задачей в рамках ручного выполнения. Успешная реализация данного этапа определяет производительность работы всей технологической линии, а допущение ошибок может привести к возникновению дополнительных затрат на перепроектирование, закупку новых комплектующих, убытков от простоя производственной линии и снижению качества производимой продукции, что обуславливает важность эффективного управления данным процессом. Таким образом, реализация процесса управления качеством наукоемкой продукции базируется на решении оптимизационной задачи подбора «наилучших» элементов специализированного оборудования для многостадийной технологической линии производства.

Методы интеллектуального анализа данных представляют собой спектр различных способов исследования больших объемов необработанных данных и поиска в них скрытых закономерностей, которые могут использоваться на практике в целях принятия управленческих решений. В последнее время они активно применяются для решения различных оптимизационных задач: классификация, кластеризация, регрессия, оптимизация и др. Среди существующих методов оптимизации наиболее перспективными являются метаэвристические алгоритмы, основанные на механизмах жизнедеятельности различных организмов. Около 48% алгоритмов вдохновлены роевым интеллектом, имитирующим поведенческие паттерны летающих, наземных, водных и иных организмов [2].

В зависимости от организма процессы жизнедеятельности которого заложены в основе алгоритма, зависят операторы миграции агентов для поиска искомого решения (кормление, перемещение и размножение) [3]. Также есть алгоритмы, совмещающие несколько операторов движения. Для решения поставленной оптимизационной задачи предлагается использовать алгоритм, инспирированный водными животными, - Fish School Search (FSS). FSS вдохновлен поведением косяка рыб, который может расширяться и сужаться во время поиска пищи [4]. Выбор алгоритма осуществлен исходя из его преимуществ по сравнению с другими, а именно поиска глобального решения, недопущения застревания в локальных оптимумах, а также возможности нахождения квази-оптимальных решений в сложных многомерных пространствах данных большой размерности.

Для решения выявленной проблемы предлагается использовать метод, сочетающий возможности нечеткой логики и метаэвристик. Этапы подбора «наилучших» элементов оборудования с применением такого метода включают:

- 1) Настройка критериев отбора комплектующих.

В связи с необходимостью обработки не только количественных, но и качественных данных при решении поставленной задачи, возникает потребность в применении инструментов нечеткой логики, предусматривающих возмож-

ность работы с такими данными [5]. Для осуществления данного этапа предлагается использовать нейро-нечеткий классификатор (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, ANFIS). Его возможности к обучению и коррекции настроек нечеткого нейронного регулятора к изменяющимся внешним воздействиям позволяют в автоматическом режиме настраивать критерии отбора элементов оборудования. Формирование функций принадлежности и базы нечетких правил происходит на основе обучающей выборки, подгружаемой в качестве входных данных. В рассматриваемой задаче в качестве исходных данных выступают исторические данные о подобранных конфигурациях успешно функционирующего оборудования.

2) Поиск оптимальной конфигурации элементов.

Для поиска состава «наилучшей» конфигурации оборудования предлагается использовать алгоритм Fish School Search (FSS), отличительной особенностью которого является наличие двух групп операторов: кормления и плавания. Операторы плавания включают:

- индивидуальное движение, при котором каждая рыба исследует окрестности своей текущей позиции в поиске лучшего решения;
- коллективно-инстинктивное движение, отражающее тенденцию следовать в направлении успешных членов косяка;
- коллективно-волевое движение, обеспечивающее сплоченность косяка за счет направления всех рыб к общему центру масс, что помогает избежать локальных экстремумов. Перемещение рыб осуществляется до тех пор, пока не будет выполнено условие останова (например, достигнут заданный уровень точности или число итераций).

Гибридный алгоритм подбора оптимальных комплектующих специализированного оборудования многостадийной технологической линии производства на основе нейро-нечеткого классификатора и биоинспирированного алгоритма поиска «косяком рыб» отражен на рисунке 2.

После формирования технологической линии необходимо обеспечить правильную настройку всех параметров для ее эффективной работы и обеспечения высокого качества продукции на выходе. Ручной перебор всех возможных вариантов параметров с учетом сложности технологической линии является невозможным. Для решения этой задачи можно воспользоваться алгоритмом, вдохновленным биомимикрией бактерий (Bacteria Foraging Optimization, BFO), который отличается возможностью благоприятных и негативных факторов [6]. Исследование возможностей его применения выступает перспективным направлением дальнейшего развития инструментария менеджмента качества.

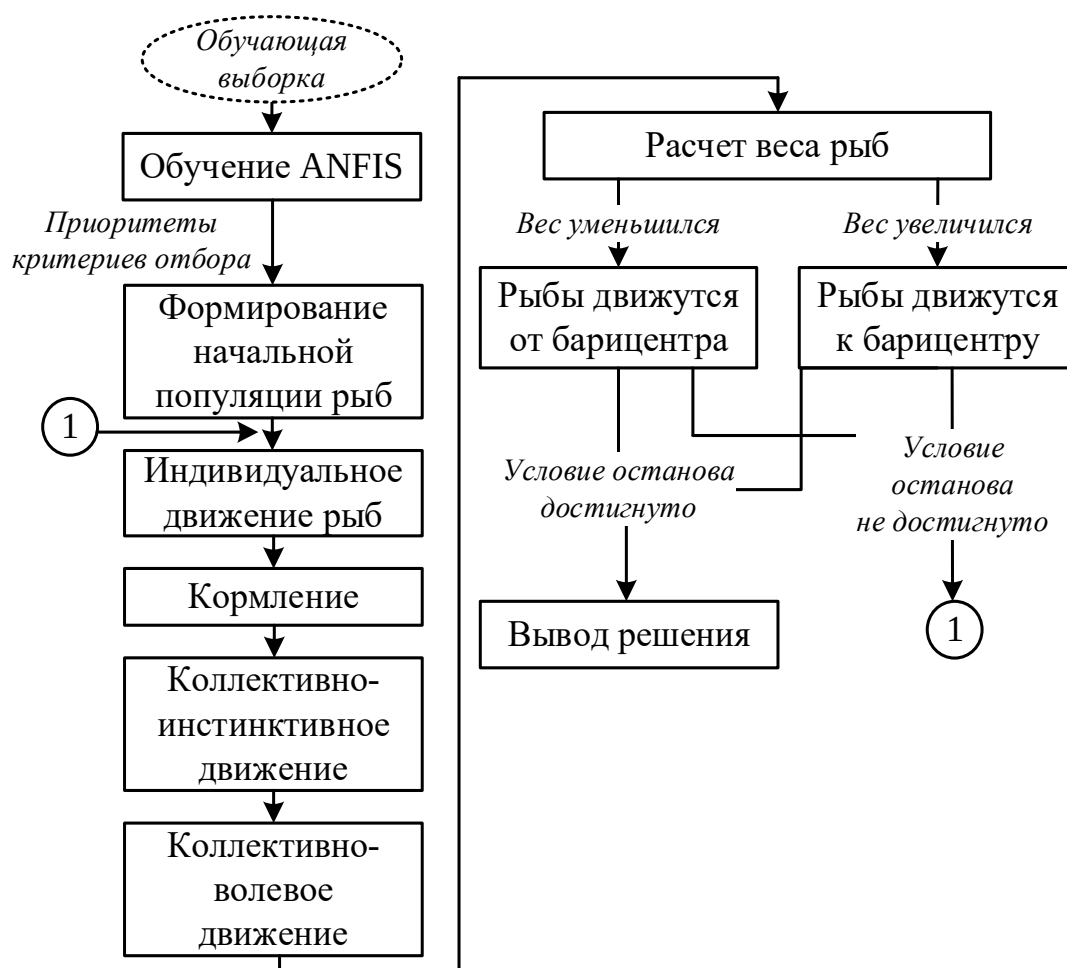


Рисунок 2 – Гибридный алгоритм подбора оптимальной конфигурации оборудования

Как представляется, предлагаемая концепция позволит повысить эффективность принятия решений по управлению качеством высокотехнологичной продукции за счет автоматизации трудоемких процессов, сложных для ручного проведения.

Список литературы

- 1 Дли М.И., Пучков А.Ю., Прокимнов Н.Н., Окунев Б.В. Нечеткая модель многостадийной химико-энерготехнологической системы переработки мелкодисперсного рудного сырья // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 3. С. 92–104.
- 2 Курейчик В.В., Родзин С.И. Моделирование и оптимизация // Информационные технологии. 2023. Т. 29. № 11. С. 559–573.
- 3 Булыгина О.В., Ярцев Д.Д., Зедаина А.В., Леднева О.В. Использование алгоритмов роевого интеллекта для определения состава многопроектной задачи // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 6. С. 44–58.
- 4 F. Bastos CJA, de Lima Neto FB, Lins AJCC, Nascimento AIS, Lima MP A novel search algorithm based on fish school behavior // 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. 2008. С. 2646–2651.
- 5 V.V. Borisov, V.I. Bobkov, M.I. Dli, and Yu.V. Seljavskij, "Fuzzy economic and mathematical model of a heat-technological system for pelletizing in non-ferrous metallurgy", Non-ferrous metals, 2018, vol.45, no.2, pp. 56-60.
- 6 Булыгина О.В., Ярцев Д.Д., Прокимнов Н.Н., Верейкина Е.К. Направления гибридизации алгоритмов роевого интеллекта и нечеткой логики для решения оптимизационных задач в социально-экономических системах // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 5. С. 65–87.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР АНАЛОГОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ВИДЕОХОСТИНГА

В условиях стремительной цифровизации и роста объемов мультимедийного контента видеохостинги становятся неотъемлемой частью современного информационного пространства. Развитие таких платформ позволяет пользователям обмениваться видео, просматривать обучающие, развлекательные и информационные материалы, а также способствует появлению новых форм коммуникации и бизнеса в интернете.

Цель данной работы – провести сравнительный обзор аналогов разрабатываемого видеохостинга с целью определения их сильных и слабых сторон, что позволит обосновать выбор оптимальных решений при создании собственной платформы. Предметом исследования являются существующие видеохостинги, а объектом – их функциональные возможности, дизайн, производительность и удобство взаимодействия с пользователями.

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в качественных и надежных видеохостингах, способных удовлетворить растущий спрос на мультимедийный контент в различных сферах деятельности [1]. Результаты проведенного анализа могут послужить теоретической и практической основой для разработки современного видеохостинга, адаптированного под требования как конечных пользователей, так и разработчиков в условиях динамично развивающихся информационных технологий.

Для анализа были выбраны три ведущих видеохостинга, демонстрирующих различные подходы к организации, монетизации и взаимодействию с пользователями. В качестве критериев оценки использовались следующие аспекты:

- Функциональность: возможность загрузки видео, поддержка различных форматов, наличие системы комментариев, лайков, подписок и плейлистов.
- Удобство использования: интуитивно понятный интерфейс, адаптивность дизайна под мобильные устройства, качество поиска и навигации.
- Дизайн и визуальное оформление: современный дизайн, четкая структура страниц и удобство восприятия информации.
- Производительность: скорость загрузки страниц и видео, качество потокового воспроизведения.
- Дополнительные возможности: интеграция с социальными сетями, системы рекомендаций, аналитика для авторов и варианты монетизации контента.

Пример 1: YouTube

YouTube является крупнейшей видеоплатформой с глобальным охватом. Он предлагает обширный функционал: загрузку видео, систему комментариев, лайков, подписок, а также персонализированные рекомендации. Платформа активно использует алгоритмы для подбора контента и предоставляет создателям

подробную аналитику. Однако масштабы сервиса порождают проблемы, связанные с модерацией контента и высокой конкуренцией среди авторов [2].

Пример 2: Vimeo

Vimeo ориентирован на профессиональных видеографов и креативных специалистов. Его ключевые преимущества – высокое качество видео, чистый и минималистичный дизайн, а также расширенные инструменты для защиты и монетизации контента. В отличие от YouTube, Vimeo предлагает более строгий контроль над контентом, что обеспечивает стабильное качество, однако ограничения бесплатного аккаунта и сравнительно меньшая аудитория могут стать недостатками для пользователей, стремящихся к широкому распространению своих работ.

Пример 3: RuTube

RuTube – отечественный видеохостинг, ориентированный на русскоязычную аудиторию. Платформа предоставляет возможность загрузки, просмотра и обмена видео, уделяя особое внимание соблюдению законодательных норм и интеграции с популярными в России социальными сетями и сервисами. Среди преимуществ RuTube можно отметить удобство использования для отечественных пользователей и наличие локализованного контента. Однако, по сравнению с глобальными платформами, такими как YouTube, RuTube может уступать в разнообразии контента, масштабируемости и алгоритмах персонализации, что ограничивает его привлекательность для международной аудитории.

Таким образом, обзор существующих решений демонстрирует, что каждая платформа обладает своими сильными и слабыми сторонами. Анализ функциональных возможностей, дизайна, производительности и дополнительных функций позволяет выделить лучшие практики, которые могут быть учтены при разработке собственного видеохостинга, способного удовлетворить современные требования пользователей и эффективно конкурировать на рынке.

Проведем анализ рассмотренных видеохостингов по ключевым критериям, что позволит выявить их сильные и слабые стороны и определить направления для оптимизации при разработке собственного видеохостинга.

Таблица 1 – Сравнительный анализ многокритериальных методов оптимизации

Критерий	YouTube	Vimeo	RuTube
Функциональность	Широкий функционал: загрузка видео, комментарии, лайки, подписки, персонализированные рекомендации, расширенная аналитика.	Инструменты для профессионалов: высокое качество видео, монетизация, ограниченные бесплатные функции.	Базовый набор функций для загрузки и просмотра видео с акцентом на соответствие законодательству и локальные особенности.
Удобство использования	Интуитивно понятный интерфейс,	Минималистичный, чистый дизайн,	Простой и понятный интерфейс,

	адаптивный дизайн, мощный поисковый механизм и система рекомендаций.	удобство для творческих профессионалов, но с узкой целевой аудиторией.	адаптированный для отечественного пользователя, интеграция с локальными сервисами.
Дизайн	Современный, насыщенный визуальными элементами, ориентированный на массовую аудиторию.	Элегантный, профессиональный дизайн, акцент на высокое качество представления контента.	Локализованный дизайн с учетом потребностей российской аудитории, но уступающий по инновационности мировым лидерам.
Производительность	Высокая скорость загрузки и потоковое воспроизведение, масштабируемость и надежность работы на глобальном уровне.	Оптимизирован для демонстрации видео высокого качества, что особенно важно для профессиональных пользователей.	Достаточная производительность, однако может уступать лидерам в вопросах масштабируемости.
Дополнительные возможности	Интеграция с экосистемой Google, расширенные аналитические инструменты, возможности монетизации через рекламу.	Защита контента, гибкие настройки приватности и специализированные инструменты для креативных профессионалов.	Локализация, соблюдение законодательных норм, интеграция с популярными в России социальными сетями и сервисами.

Таким образом, сравнительный анализ показал, что каждая из платформ имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные специфическими задачами и целевой аудиторией. При разработке собственного видеохостинга целесообразно объединить лучшие практики, присущие данным решениям, с учетом особенностей локального рынка, чтобы создать функциональный, удобный и конкурентоспособный продукт.

На основании проведенного сравнительного анализа платформ можно выделить ряд ключевых требований и функциональных особенностей, которые необходимо учесть при разработке собственного видеохостинга. Выбор оптимального подхода должен опираться на объединение лучших практик существующих решений с учетом специфики целевой аудитории и локальных условий.

Основные направления оптимизации:

- **Функциональность и масштабируемость:**

Платформа должна обеспечивать возможность загрузки видео, их высококачественное воспроизведение, а также поддержку интерактивных функций, таких как комментарии, лайки, подписки и система рекомендаций. При этом важно предусмотреть масштабируемость системы, чтобы обеспечить стабильную работу при росте числа пользователей и объема контента.

- **Удобство использования и адаптивный дизайн:**

Интерфейс должен быть интуитивно понятным, адаптированным для работы на различных устройствах — от десктопов до смартфонов и планшетов. Особое внимание следует уделить быстрому и удобному поиску, навигации и персонализации контента, что повысит вовлеченность пользователей.

- **Производительность и безопасность:**

В условиях высокого трафика необходимо оптимизировать серверную инфраструктуру и обеспечить быструю загрузку видео. Также крайне важно внедрить надежные механизмы защиты данных и контента, а также систему модерации для соблюдения законодательных требований.

- **Интеграция дополнительных возможностей:**

Для увеличения конкурентоспособности платформы рекомендуется предусмотреть интеграцию с социальными сетями, аналитические инструменты для авторов контента и возможности монетизации. Это позволит не только повысить качество сервиса, но и создать дополнительные стимулы для активного использования платформы.

Проведенный анализ показал, что существующие видеохостинги имеют как сильные, так и слабые стороны. Крупные сервисы, такие как YouTube и Vimeo, предлагают широкий функционал и удобство использования, но при этом имеют высокую конкуренцию и ряд ограничений для авторов и пользователей. RuTube, ориентированы на национальный рынок, но часто уступают зарубежным аналогам по производительности и пользовательскому опыту.

Разрабатываемый видеохостинг будет совмещать сильные стороны мировых и локальных платформ, предлагая пользователям удобный интерфейс, высокую производительность и современные инструменты взаимодействия.

Такой подход позволит создать востребованный продукт, ориентированный на улучшение пользовательского опыта и удовлетворение потребностей как создателей контента, так и зрителей.

Список литературы

1. Иванов А.В. Веб-разработка: технологии и инструменты. — М.: Бином, 2019. — 320 с.
2. Петров И.Ю. Технологии потокового видео: современные подходы и решения. — М.: ТехноЛаб, 2022. — 320 с.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ДАТЧИКОВ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

На сегодняшний день уровень физической активности неуклонно снижается, что приводит к повышенному риску развития различных заболеваний. Регулярное отслеживание активности с помощью специализированных приложений помогает вести более активный образ жизни и формировать здоровые привычки.

Практически все современные мобильные устройства, такие как смартфоны и умные часы, оснащены множеством датчиков, используемых для отслеживания и мониторинга физической активности пользователя. К наиболее востребованным относятся [1]:

1. Акселерометр – прибор для измерения ускорения устройства по трём осям (X, Y, Z), который работает как датчик изменения положения в пространстве.
2. Гироскоп – устройство, представляющее собой вращающийся диск, которое используется для измерения и фиксации угловой скорости и направления.
3. Магнитометр – прибор для измерения характеристик магнитного поля и его свойств для определения направления.
4. Барометр – специальный прибор, предназначенный для измерения атмосферного давления, который способен фиксировать изменения высоты, что полезно для распознавания подъёма по лестницам или горам.

Для более точного мониторинга активности необходимо использовать особые алгоритмы обработки данных, полученных с устройств, которые устраняют помехи и классифицируют тип движения. К основным этапам последовательной обработки данных с датчиков мобильных устройств для мониторинга физической активности относят следующие: предварительная обработка данных; выделение признаков; классификация движений; оценка точности классификации.

Целью данной работы являлось сравнение методов машинного обучения для обработки данных с датчиков мобильных устройств мониторинга физической активности, применяемых на этапе классификации движений.

Предлагается описание перечисленных ранее этапов обработки данных с датчиков мобильных устройств для мониторинга физической активности.

1. Предварительная обработка данных.

Необработанные сигналы с датчиков могут содержать шумы, которые возникают из-за внешних помех, ошибок измерений или колебаний устройства. Для устранения дефектов и сглаживания данных обязательно применяют методы предварительной обработки [2]:

- 1.1. Фильтрация шума – применение низкочастотного фильтра для удаления случайных искажений с целью обнаружения и вывода данных, которые удовлетворяют определённому признаку (признакам).

Выделяют следующие методы фильтрации:

- Фильтр Баттерворта: убирает шум высокой частоты для максимально гладкой амплитудно-частотной характеристики.

- Фильтр Калмана: оценка вектора состояния на основе предыдущих измерений динамической системы.

- Вейвлет-преобразование: разделяет сигнал на частотные компоненты, преобразуя его из временного представления в частотно-временное.

1.2. Нормализация данных – процесс приведения данных разных масштабов к единому виду и устранения различий в амплитуде сигналов, возникающих из-за: положения устройства (в кармане, в сумке, в руке) или индивидуальных особенностей пользователя (разная длина шага, сила удара стопы при передвижении).

Существуют несколько методов нормализации данных.

- Минимально-максимальная нормализация: преобразует данные к диапазону $[0,1]$, сохраняя относительные различия между значениями. Описывается формулой:
$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}.$$

- Z-нормализация: центрирует данные по среднему значению и стандартному отклонению. Описывается формулой:
$$x' = \frac{x - \mu}{\sigma}.$$

- L2-нормализация: процесс приведения входных данных к единичной длине. Часто используется для подготовки данных перед подачей в нейронные сети. Описывается формулой:
$$x' = \frac{x}{\|x\|}.$$

1.3. Сегментация сигналов – разделение предоставленных данных на интервалы фиксированной длины (окна, сегменты) для дальнейшего анализа.

Основные методы сегментации:

- «Временные окна» (или «фиксированные окна»): разбиение данных на интервалы фиксированной длины.

- Адаптивная (динамическая) сегментация: длина сегментов разбиения определяется динамически на основе характеристики данных.

- На основе кластеризации: разбиение данных на сегменты с помощью методов кластеризации, например: K-Means, DBSCAN и другие.

2. Выделение признаков.

После этапа предварительной обработки данных необходимо выделить основные признаки, которые помогут в дальнейшем классифицировать движения пользователя и его активность. В таблице 1 приведены основные признаки классификации.

3. Классификация движений.

По завершению всех этапов обработки данных на основе выделенных признаков выполняется классификация типа активности пользователя (состояние ходьбы, бега, спокойствия и т.д.). Для выполнения задачи обычно применяются алгоритмические методы, основанные на ручной настройке, однако они недостаточно эффективны. Современные решения предполагают использование

машинного обучения, среди которого можно выделить два категории: классические модели и нейросетевые архитектуры [3].

Таблица 1 – Признаки классификации и их характеристики

Признак	Описание	Использование
Среднеквадратичное значение	Оценка общей интенсивности движения.	Распознавание ходьбы, бега.
Спектральный анализ (БПФ)	Определение частотных составляющих.	Различие типов активности.
Энергия сигнала	Интеграл квадрата ускорения.	Выявление интенсивных движений.
Статистические характеристики	Среднее значение, дисперсия, стандартное отклонение.	Обобщенный анализ активности.

3.1. Классические методы машинного обучения.

При наличии небольшого объема данных или при недостаточной вычислительной мощности используют классические алгоритмы машинного обучения. В таблице 2 приведены основные методы машинного обучения.

Таблица 2 – Классические методы машинного обучения

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
Метод опорных векторов (SVM)	Разделяет данные на два или более классов.	Хорошо работает с небольшими линейными данными и устойчив к переобучению.	Плохо масштабируется на большие данные.
Метод k ближайших соседей (k-NN)	Классифицирует объект на основе меток его ближайших соседей.	Прост в реализации и не требует обучения модели.	Медленный при работе с большими объемами данных.
Случайный лес	Заключается в использовании комбинации решающих деревьев.	Хорошо справляется с зашумленными нелинейными данными.	Может быть медленным при большом числе деревьев.

3.2. Методы обучения на основе нейронных сетей

Нейронные сети позволяют автоматически выделять признаки из входных данных, что повышает точность классификации. В таблице 3 приведены основные методы глубокого обучения.

Таблица 3 – Методы обучения на основе нейронных сетей

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
Сверточные нейронные сети (CNN)	Эффективны для обработки временных рядов и пространственных паттернов.	Автоматически выделяют признаки, устойчивы к шуму.	Требуют большого количества данных.
Рекуррентные	Предназначены для	Учитывают вре-	Обучение требует

нейросети (RNN/LSTM)	обработки последовательных данных.	менную зависимость данных.	много вычислительных ресурсов.
Гибридные модели (CNN + RNN)	Комбинируют преимущества CNN и RNN для анализа сложных моделей.	Способны учитывать пространственные и временные зависимости.	Сложность настройки и повышенные требования к вычислительной мощности.

4. Оценка точности классификации

Для оценки достоверности полученной классификации используют специальные метрики, основанные на сравнении меток активности, предсказанных алгоритмом, с реальными метками из набора данных. Выделяют следующие метрики качества:

1. Ассурасу (точность): показывает долю правильно классифицированных объектов среди всех объектов.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} * 100\% .$$

2. F1-оценка: среднее гармоническое значение между точностью (Precision) и полнотой (Recall).

$$F_1 = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} ,$$

где:

- Точность (Precision):

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} .$$

- Полнота (Recall):

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} .$$

Оценка точности приведенных методов машинного обучения для обработки данных с датчиков мобильных устройств мониторинга физической активности проводилась по следующей методике. Участники исследования выполняли различные виды активности, при которой данные записывались со смартфонов. Предварительная обработка сигналов осуществлялась с помощью методов фильтрации, нормализации и сегментации, описанных ранее в работе. Было проведено разделение данных на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки. Точность каждого из методов рассчитывалась по тестовой выборке. Результаты представлены на рисунке 1.

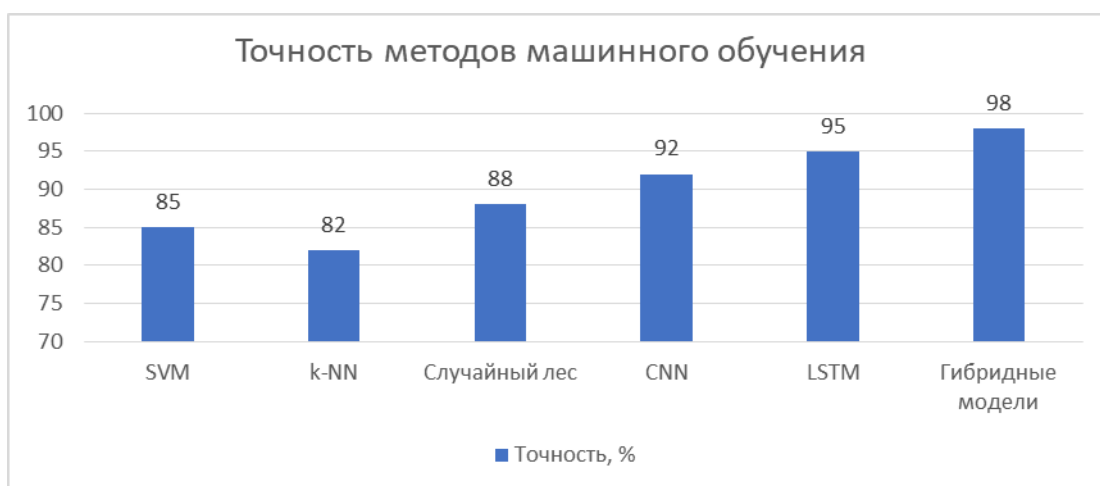


Рисунок 1 – Гистограмма оценки точности методов машинного обучения для обработки данных с датчиков мобильных устройств мониторинга физической активности

Наилучшие результаты показали методы обучения на основе гибридных моделей нейронных сетей (комбинация CNN и LSTM). Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод, что выбор необходимого метода зависит от конкретных условий и задач. Для задач с небольшими данными и ограниченными ресурсами лучше использовать один из классических методов машинного обучения – случайный лес, который демонстрирует устойчивость к шуму и хорошо справляется с нелинейными зависимостями. В то же время, для задач, при которых требуется максимальная точность и имеется большой объем данных, предпочтение стоит отдать гибридным методам нейросетевой архитектуры.

В дальнейшем планируется программная реализация гибридной модели (CNN + LSTM) на платформе TensorFlow или PyTorch, что позволит внедрить данное решение в практическое использование для мониторинга физической активности.

Список литературы

1. Баланов, А. Н. Комплексное руководство по разработке: от мобильных приложений до веб-технологий: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 412 с. – ISBN 978-5-507-48841-4.
2. Иванищев, Ю. Г. Обработка экспериментальных данных: учебное пособие / Ю. Г. Иванищев, В. М. Давыдов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет». – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2024. – 250 с. – ISBN 978-5-7389-3863-4.
3. Чернавин, П. Ф. Машинное обучение на основе задач математического программирования / П. Ф. Чернавин, Д. Н. Гайнанов, В. Н. Панкращенко [и др.]. – Москва: Наука, 2021. – 127 с. – ISBN 978-5-02-040908-8.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ В НОВОЙ СРЕДЕ

Сегодня большое количество информации поступает из разных источников, не всегда достаточной для полного понимания необходимой темы. Абитуриенты при поступлении в вуз попадают в иную среду и должны достаточно быстро адаптироваться к новым требованиям и понять систему обучения в институте и социальную среду. Согласно исследованиям, 65% студентов испытывают стресс в первые месяцы обучения из-за сложностей с ориентацией в университете, поиском ресурсов и установлением коммуникаций. Традиционные методы адаптации, такие как экскурсии, информационные лекции, часто оказываются пассивными и не учитывают индивидуальные потребности учащихся.

Для решения выделенных проблем разработано приложение «Квест по вузу», созданное на основе веб-технологии (HTML, CSS, JavaScript) для упрощения процесса адаптации через интерактивную систему. Основная задача разрабатываемого приложения – объединить навигацию по университету, образовательный контент и социальное взаимодействие по средством геймификации [1], при разработке учитываются требования современных образовательных стандартов и компетенции НИР (УК-1, УК-2, ПК-1, ПК-2) [2].

Разработка приложения осуществлялась на основе системного подхода, включающего анализ потребностей студентов, выбор оптимальных технологий и итеративное тестирование.

На этапе анализа проведен опрос 100 студентов, который выявил ключевые проблемы, представленные в виде диаграммы.

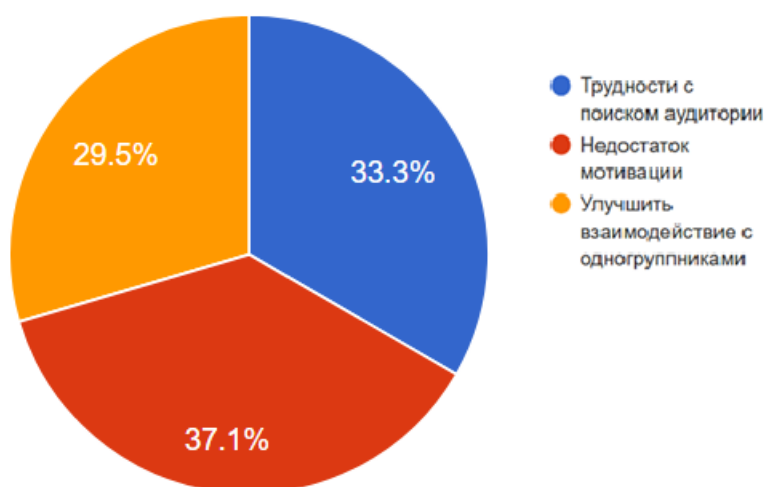


Рисунок 1 – Диаграмма ключевых проблем, отмеченных студентами

Эти факторы были учтены при разработке квестов и архитектуры приложения. Фронтенд-часть реализована на HTML, CSS и Bootstrap, а интерактивные элементы, такие как квесты и динамический рейтинг, разработаны на JavaScript [3]. Для хранения данных пользователей и заданий используется база данных PostgreSQL.

Функционал приложения включает несколько ключевых модулей. Интерактивные квесты, такие как «МЭИ по пятам» или «ВТ в цифрах», дополнены системой скрытых «пасхалок» (скрытые надписи с информацией) [3], расположенных в различных точках университета. Эти элементы, связанные с историей и традициями вуза, позволяют студентам исследовать территорию института для обнаружения «артефакта» в старом корпусе открывает доступ к архивным фото университета, мини-загадка у памятника сотрудникам и студентам раскрывает факты о его создании.

Данные о квестах, пользовательских достижениях и рейтингах хранятся в реляционной базе PostgreSQL, что обеспечивает надежность и масштабируемость системы. Алгоритм начисления баллов учитывает сложность заданий, время их выполнения и количество найденных «пасхалок», формируется динамический рейтинг студентов.

Социальное взаимодействие реализовано через возможность создания команд для совместного прохождения квестов, что способствует укреплению коммуникаций между учащимися. На этапе тестирования проведены юзабилити-тесты с участием 30 пользователей, которые выявили необходимость упрощения интерфейса. А/В-тестирование вариантов геймификации показало, что использование анимаций и скрытых элементов повышает вовлеченность на 40%, а 78% участников отметили, что «пасхалки» помогли им лучше ориентироваться в университете.

Для оценки эффективности приложения выделены принципы стандартов ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000-2021 [2], фокусирующиеся на функциональной пригодности, удобстве использования и производительности.

Критерии оценки эффективности приложения включают:

1. Удобство навигации – измеряемое количеством успешно завершенных квестов и количеством ошибок пользователей.
2. Персонализация контента – анализируется соответствие рекомендованных квестов профилю пользователя на основе данных PostgreSQL.
3. Социальная вовлеченность – оценивается по количеству обсуждений квестов в социальных сетях и репостов достижений пользователей.
4. Производительность – проверяется через время отклика сервера и частоту сбоев при одновременной работе 10+ пользователей.
5. Геймификационный эффект – определяется ростом посещаемости мероприятий и среднего балла активных пользователей.

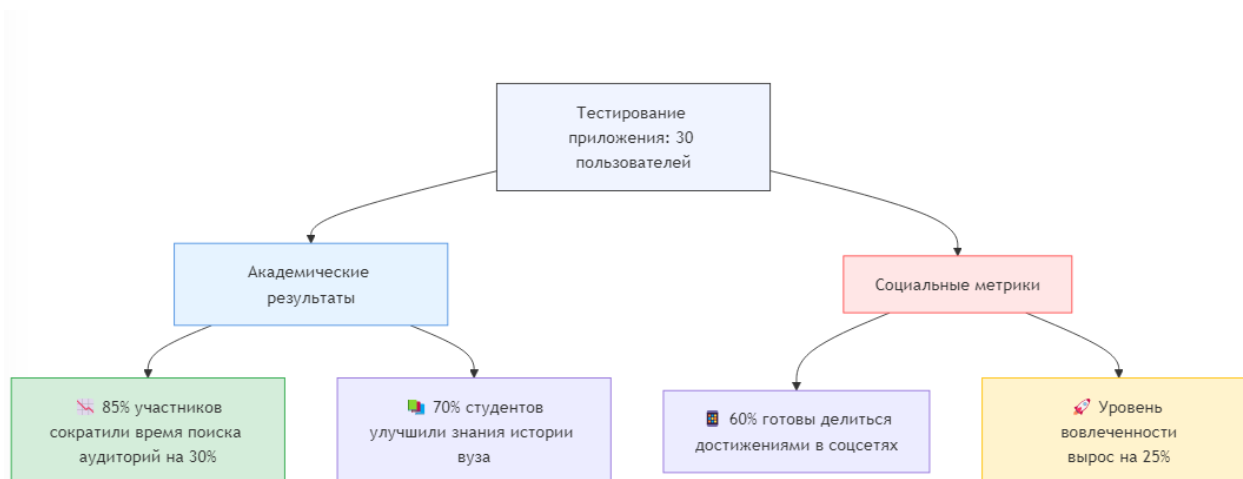


Рисунок 2 – Тестирование приложения пользователя

Технические параметры подтвердили стабильность работы: среднее время загрузки страницы составило 1.5 секунды, а 92% участников оценили удобство интерфейса. Корреляционный анализ выявил связь между активностью в приложении и успеваемостью ($r = 0.58$).

Проект демонстрирует соответствие компетенциям НИР. Системный подход (УК-1) реализован через интеграцию веб-технологий, геймификации и анализа данных. Использование Agile (УК-2) позволило оптимизировать ресурсы и адаптировать функционал для обратной связи.

Алгоритм ранжирования студенческой работы

Рейтинг рассчитывается на основе количества пройденных квестов и найденных пасхалок. Формула имеет вид:

Рейтинг = $w1 \cdot x1 + w2 \cdot x2 + b$ где

$x1$ – количество пройденных квестов,

$x2$ – количество найденных пасхалок,

$w1, w2$ – весовые коэффициенты (например, $w1=1, w2=0.5$),

b – базовый балл.

Пример:

Студент прошел 5 квестов ($x1=5$) и нашел 3 пасхалки ($x2=3$):

Рейтинг = $1 \cdot 5 + 0.5 \cdot 3 + 10 = 5 + 1.5 + 10 = 16.5$

Перспективы развития проекта охватывают несколько ключевых направлений. В первую очередь, искусственный интеллект сможет прогнозировать успеваемость студентов, анализируя их активность в приложении – например, время выполнения заданий, частые ошибки или пропущенные дедлайны. Это поможет заранее выявлять тех, кто рискует столкнуться с академическими трудностями. Ещё одно направление – использование QR-кодов, которые планируют разместить в ключевых точках университетского кампуса: возле аудиторий, исторических объектов или учебных лабораторий. Сканируя коды, студенты будут получать интерактивные задания, связанные как с учебной программой, так и с историей вуза.

Кроме того, проект планируют расширить: адаптировать квесты под специфику разных факультетов, добавляя, например, задачи по оптимизации алгоритмов для программистов или расчёту конструкций для инженеров, а также синхронизировать их с университетскими событиями – хакатонами, IT-конференциями или Днём открытых дверей. Отдельное внимание уделят оценке эффективности геймификации: на базе стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000-2021 разработают критерии, которые позволят объективно измерять, насколько игровые методы улучшают результаты обучения.

Внедрение этих инициатив направлено на создание гибкой образовательной среды: технологии помогут персонализировать обучение, а интерактивные форматы – повысить вовлеченность. Студенты смогут изучать материал через исследование кампуса и решение практических задач, а преподаватели – получать аналитику для точечной поддержки учащихся. Такой подход не только сделает образование более современным, но и усилит связь между теорией и практикой, используя игровые механики как инструмент мотивации.

Список литературы

1. Deterding, S. The Lens of Intrinsic Skill Atoms: A Method for Gameful Design // HUMAN COMPUTER INTERACTION. - 2015. - Vol. 30. - P. 294–335. DOI:10.1080/07370024.2014.993471
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000-2021. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программных средств (SQuaRE). Утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 25.10.2021 N 1295-ст 30 апреля 2022 года.
3. Эспозито, Д. Разработка современных веб-приложений: анализ предметных областей и технологий / Д. Эспозито. - М.: Вильямс, 2017. - 464 с. - URL: <https://www.williamspublishing.com/Books/978-5-9908910-3-6.html> (дата обращения: 10.03.2025).

*Я.А. Докторова, А.А. Пчелко студ.; рук А.В. Полячков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АДАПТАЦИЯ СТАНДАРТОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ГОСТ, ISO/IEC) ДЛЯ ЗАДАЧ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

В современных отраслях промышленности обеспечение надежности и безопасности изделий является приоритетной задачей. Вибрационные испытания играют важную роль в этом процессе, позволяя выявлять скрытые дефекты конструкций на ранних этапах разработки и проверяя работоспособность в условиях динамических нагрузок.

Программное обеспечение, используемое для управления, сбора и анализа данных в ходе вибрационных испытаний, напрямую влияет на достоверность получаемых результатов и на решения о надежности изделия. Поэтому, адаптация существующих и разработка новых подходов к оценке качества программных средств, используемых для проведения виброиспытаний, является важной и актуальной задачей.

Качественное программное обеспечение определяется как продукт, который удовлетворяет потребностям пользователей, соответствует установленным требованиям и обеспечивает стабильную работу в заданных условиях [1]. Однако определение надежности ПО во многом зависит от специфики области его применения.

Стандарты серии ISO/IEC 25000, также известные как SQuaRE (Требования и оценка качества систем и программных средств), и соответствующие нормативы серии ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000 широко используются для стандартизации оценки характеристик программного обеспечения. Эти документы формируют основу для определения, измерения и оценивания параметров программного продукта. Они охватывают различные аспекты, включая потребительские характеристики и параметры программы. Стандарты определяют следующие характеристики ПО: функциональная пригодность, производительность, совместимость, удобство использования, надежность, безопасность, ремонтопригодность и мобильность [2]. Серия нормативов ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000 является адаптированной версией международного стандарта ИСО/МЭК 25000 для применения в Российской Федерации.

Несмотря на наличие общих оценочных нормативов упомянутых ранее, на сегодняшний день отсутствует специализированный стандарт, разработанный исключительно для оценки качества ПО, используемого в вибрационных испытаниях. Тем не менее, документы ISO/IEC 25000 и серию ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000 можно рассматривать как полезную основу для оценки качества в данной предметной области. Необходимо адаптировать существующие методики к специфическим требованиям, которые возникают в данной сфере. При этом важно учитывать особенности алгоритмов обработки данных, управления оборудованием и устойчивости к внешним воздействиям.

Специфика программ, применяемых в области виброиспытаний, предъявляет также ряд особых требований к их составляющим. Так, критически важным представляется обеспечение высокой точности и достоверности процессов сбора и обработки данных. Даже незначительные погрешности способны привести к ошибочным заключениям о надежности исследуемого изделия. Значительное внимание должно уделяться вопросам синхронизации данных, поступающих от множества датчиков, а также корректной обработки сложных сигналов, характерных для динамических нагрузок. Важным аспектом является и устойчивость программного обеспечения к сбоям и отказам, поскольку любое прерывание испытания может повлечь за собой существенные финансовые издержки и задержки в процессе разработки [3].

В области виброиспытаний востребованы расширенные возможности визуализации данных, позволяющие подробно анализировать результаты и выявлять отклонения в поведении исследуемого изделия. Например, для анализа данных часто используются графики, спектрограммы и другие средства представления данных, позволяющие выявить закономерности в динамическом поведении объекта.

Необходимость управления оборудованием и мониторинга процесса испытаний предъявляет повышенные требования к безопасности и надежности информационных каналов. Одной из трудностей динамических исследований является зависимости объема обрабатываемой информации от сложности устройства испытываемого изделия и от количества используемых датчиков. В связи с этим, при разработке программного обеспечения необходимо учитывать его масштабируемость – способность эффективно обрабатывать возрастающие объемы данных.

Ниже приведены основные аспекты, которые могут быть использованы для оценки качества программного обеспечения в контексте вибрационного тестирования. Каждый из предложенных показателей направлен на выявление потенциально слабых мест и обеспечение надежности программного продукта в критических процессах.

Таблица 1 – критерии оценки качества программного обеспечения для вибрационных испытаний

Критерий оценки	Описание	Оцениваемые параметры
Контроль граничных значений	Контроль вводимых пользователем параметров (амплитуда, частота, длительность вибраций) и реагирование на попытки ввода значений, выходящих за пределы допустимых	Способность программы блокировать ввод некорректных данных и выводить уведомление пользователю.
Точность визуализации данных	Обеспечение точного и своевременного отображения данных (графики вибраций, спектрограммы) в режиме реального времени.	Точность отображения данных в сравнении с эталонными значениями и скорость обновления графиков.
Надежность аварийного отключения	Программа должна корректно срабатывать при превышении допустимых параметров, обеспечивая безопасность испытаний.	Время реакции программы на критические ситуации и корректность выполнения аварийного отключения.
Согласованность данных от датчиков	Обеспечение согласованности данных, поступающих от различных датчиков, для корректной обработки и анализа.	Отсутствие расхождений в информации от разных датчиков и точность их синхронизации.
Устойчивость к прерываниям	Продолжение испытания после прерывания с сохранением параметров и данных.	Корректность восстановления информации и параметров после прерывания испытания.
Корректность работы весовых коэффициентов	ПО должно учитывать весовые коэффициенты управляющих каналов, определяющих влияние каждого канала на общий процесс.	Точность расчета и применения весовых коэффициентов при управлении оборудованием.
Масштабируемость	Эффективная обработка возрастающих объемов данных при увеличении количества датчиков или сложности испытаний.	Способность программы сохранять производительность при увеличении нагрузки.
Производительность	Сохранение высокой производительности даже при длительных испытаниях.	Стабильность работы программы при длительных нагрузках, отсутствие зависаний.

Все предложенные критерии проверяются на этапе тестирования, что делает данный процесс ключевым для достижения высокого качества программного обеспечения и минимизации рисков, связанных с его эксплуатацией. Если какой-либо параметр не соблюдается, это может привести к серьезным последствиям, таким как:

- Риск повреждения оборудования из-за превышения допустимых параметров;
- Возможность неверной интерпретации результатов испытаний;
- Необходимость повторных испытаний, что приводит к увеличению времени и затрат;
- Снижение надежности результатов из-за неправильной обработки сигнала.

Для повышения эффективности тестирования рекомендуется разрабатывать специальные тестовые методики и сценарии. Это позволяет быстро оценить реакцию программы на ошибочную информацию и критические ситуации. Эталонные данные помогают выявить отклонения в визуализации и согласованности данных датчиков. Стресс-тестирование проверяет устойчивость ПО к длительным нагрузкам и прерываниям. Таким образом, использование этих методов повышает эффективность проведения тестирования и минимизирует время, необходимое для обнаружения и устранения ошибок.

В перспективе дальнейших исследований можно выделить разработку специализированного стандарта оценки качества программного обеспечения для вибрационных испытаний. Данный норматив может учитывать предложенные критерии и особенности данной сферы. Актуальным направлением также является интеграция современных технологий, таких как машинное обучение и анализ больших данных, для повышения точности и надежности обработки результатов испытаний.

Список литературы

1. В.В. Бахтизин. Метрология, стандартизация и сертификация в информационных технологиях : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / В.В. Бахтизин, Л. А. Глухова. – Минск: БГУИР, 2016. – С. 141-343.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000-2021. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программных средств (SQuaRE). Руководство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200181361> (дата обращения: 04.03.2025).
3. Ричард Бейкер. Введение в теорию виброиспытаний / Р. Бейкер. – М. : LDS, 1994. – 44 стр.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ БИЗНЕСА

В современном мире цифровизация всё глубже проникает во все сферы жизнедеятельности общества, в том числе и в бизнес. Этот процесс оказывает сильное влияние на функционирование организаций, которые вынуждены и стремятся адаптироваться к новым условиям. Цифровизация связана с внедрением цифровых технологий, они предоставляют определённые преимущества (повышают конкурентоспособность, устойчивость, клиентоориентированность организации и т.д.), но также создают новые проблемы, связанные с экономической безопасностью бизнеса. Поэтому вопрос влияния цифровизации на экономическую безопасность организаций становится актуальным для исследований.

Использование цифровизации в бизнесе позволяет:

- улучшить управление рисками – цифровые технологии позволяют более точно анализировать и прогнозировать угрозы, что помогает организациям минимизировать их воздействие;
- повысить эффективность операций – внедряемые технологии способствуют большей автоматизации бизнес-процессов, снижается вероятность ошибок, повышается скорость выполнения задач;
- увеличить эффективность использования ресурсов – правильное использование финансовых, человеческих, материальных и др. ресурсов приводит к повышению устойчивости компании на рынке;
- повысить качество аналитики и принятия решений – цифровые технологии (искусственный интеллект, облачные технологии, big data и остальные) позволяют анализировать большие объёмы данных, что приводит к принятию обоснованных и наиболее точных решений;
- повысить доступность информации – организация может следить за актуальными тенденциями на рынке, анализировать изменения потребностей и предпочтений клиентов, своевременно реагировать на изменение конъюнктуры рынка;
- улучшить коммуникации – расширяет каналы связи как внутри, так и за пределами организации, что создаёт канал для обратной связи с потребителями и способствует улучшению качества обслуживания;
- даёт возможность изменить модели ведения бизнеса – электронная коммерция позволяет выходить на новые рынки, захватывать сегменты потребителей. При этом затраты не увеличиваются, а иногда даже снижаются;
- снизить затраты на операционные процессы;
- повысить прозрачность финансовых потоков.

Но цифровизация является одной из внешних угроз безопасности при ведении бизнеса любого предприятия (рисунок 1 [1]).



Рисунок 1 – Классификация источников угроз экономической безопасности бизнеса

Безусловно, цифровизация создаёт множество преимуществ для бизнеса, но существуют также и негативные аспекты. К основным отрицательным факторам влияния цифровизации на экономическую безопасность бизнеса относятся [1, 3]:

- киберугрозы – самый главный негативный аспект, который связан с утечками данных, взломам, оказанием влияния на информационно-коммуникационную инфраструктуру со стороны злоумышленников или зарубежных стран, преследующих определённые цели;

- зависимость от цифровых технологий – бизнес вынужден поддерживать работоспособность технологий, систем и платформ, что делает его уязвимым в случае сбоев или отказов;

- недобросовестная конкуренция – конкурентные преимущества получают крупные организации, активно внедряющие цифровые технологии, что, в свою очередь, ухудшает позиции малого и среднего бизнеса. Происходит манипулирование экономическими субъектами. Недобросовестной конкуренции способствует отсутствие законодательства, регулирующего цифровой бизнес;

- создание условий для промышленный шпионажа в отношении бизнеса, научных организаций и государственных оборонно-промышленных предприятий;

- сложности в управлении большими данными – управление большими данными требует соблюдения множества регулятивных норм, ключевым из ко-

торых является их защита, что может привести к юридическим рискам и дополнительным инвестициям;

- проблемы с обеспечением конфиденциальности данных – сбор и обработка большого объёма данных требует больших затрат, а также обеспечения защиты их конфиденциальность, утечка может привести к репутационным и юридическим проблемам.

Приведённые угрозы экономической безопасности бизнеса, связанные с цифровизацией экономики, требуют тщательного мониторинга и контроля как стороны бизнеса, так и государства. Согласно статистике в 2024 году совокупное число инцидентов информационной безопасности в российских организациях достигло около 130 тыс. и увеличилось в 2,5 раза по сравнению с прошлым годом. Эти инциденты привели к различному ущербу, в том числе и финансовому, а самой популярной для атак отраслью стала промышленность [4].

Для минимизации вероятности возникновения угроз используются различные методы, которые активно используются и внедряются бизнесом. Некоторые из них приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Методы минимизации возникновения угроз от цифровизации

Методы	Описание
Обеспечение кибербезопасности	Внедрение аппаратных, программных и иных методов защиты, которые образуют многоуровневую систему; регулярное обновление ПО и проведение аудитов безопасности и тестов, принятие политики информационной безопасности
Обучение сотрудников	Проведение тренингов и обучение новых сотрудников, разработка политик безопасности
Управление данными	Использование шифрования и контроля доступа к данным, регулярное резервное копирование и разработка политик на случай сбоев
Соблюдение нормативных требований	Изучение актуального законодательства в области защиты данных и кибербезопасности, найм специалистов в области
Инвестиции в технологии	Внедрение новых технологий для повышения конкурентоспособности и повышения качества принятия решений
Мониторинг и анализ	Внедрение систем мониторинга для отслеживания активности в сети и выявления подозрительных действий

Таким образом, цифровизация оказывает одновременно положительное и отрицательное влияние на экономическую безопасность бизнеса. С одной стороны, она создаёт новые возможности для развития и повышения эффективности деятельности организации, качества обслуживания и т.д. С другой – цифровизация создаёт угрозы кибербезопасности, увеличивает в разы количество данных и требования к их использованию, снижает конкурентоспособность малого и среднего бизнеса. Для обеспечения экономической безопасности бизнеса необходимо внедрять комплексные методы защиты, в числе которых обеспечение кибербезопасности, управление данными, соблюдение нормативных требований и другие. С их использованием бизнес не только устраняет возникающие

угрозы, но и извлекает пользу от неизбежной цифровизации и цифровой трансформации бизнеса.

Список литературы

- 1 Кузовкова Т.А., Салютина Т.Ю. Риски цифровой трансформации экономики и общества и инструментарий управления экономической безопасностью бизнеса в цифровой среде [Электронный ресурс] // Век качества. 2024. №1. С. 63-87. URL: <https://agequal.ru/pdf/2024/124005.pdf> (дата обращения 22.02.2024).
- 2 Морозов В.В. Влияние цифровизации на экономическую безопасность малых и средних предприятий [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы современной экономики. 2022. №5. URL: <https://xn--80aimpg.xn--80ae9b7b.xn--p1ai/Files/ArticleFiles/0fd040a0-53fc-4321-a4cd-5dabab8a49e0.pdf> (дата обращения 22.02.2024).
- 3 Попов Е.Д. Анализ влияния цифровой трансформации на экономическую безопасность организации [Электронный ресурс] // Инновации и инвестиции. 2023. №10. С. 165-168. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-tsifrovoy-transformatsii-na-ekonomicheskuyu-bezopasnost-organizatsii/viewer> (дата обращения 22.02.2024).
- 4 Число кибератак в России и в мире [Электронный ресурс] // TADVISER: URL: <https://clck.ru/3GYf6o> (дата обращения 22.02.2024).

*Н.В. Егоренков, студ.; рук. М.А. Свириденкова к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

На сегодняшний день в производственной сфере существует множество сложных задач, связанных с оптимизацией процессов, снижением издержек и повышением производительности. Одним из современных инструментов, позволяющих решать такие задачи, является имитационное моделирование. Под имитационным моделированием понимается метод исследования сложных систем путем создания их виртуальной модели, которая воспроизводит поведение реальной системы в различных условиях. Этот подход позволяет анализировать производственные системы, не вмешиваясь в их работу, и тестировать различные сценарии для принятия обоснованных решений [1].

Стоит отметить, что такое имитационное моделирование и как оно применяется в производственных системах. Имитационное моделирование — это процесс создания компьютерной модели, которая имитирует поведение реальной системы с учетом всех ее параметров и переменных. Основная цель такого моделирования — анализ, прогнозирование и оптимизация работы системы. В производственных системах это может быть связано с оптимизацией производственных линий, управлением запасами, логистикой, планированием ресурсов и многим другим.

Основной задачей имитационного моделирования является автоматизация анализа сложных процессов, что позволяет сократить время на принятие решений и снизить риски возникновения ошибок. Такое моделирование необходимо для выполнения следующих действий:

- воспроизведение работы производственной системы в виртуальной среде;
- тестирование различных сценариев и их последствий;
- выявление узких мест и оптимизация процессов;
- визуализация результатов для лучшего понимания работы системы.

В различных отраслях промышленности имитационное моделирование активно применяется для анализа и оптимизации производственных процессов. Ручной анализ таких систем часто занимает много времени и может быть подвержен ошибкам из-за человеческого фактора. В этом случае имитационное моделирование становится эффективным инструментом для автоматизации анализа и повышения точности результатов [2].

Перед выбором инструмента для имитационного моделирования важно определить цели и задачи, которые подлежат решению. Для простых задач, таких как анализ работы одного станка или небольшого участка производства, можно использовать базовые инструменты моделирования. Однако для сложных систем, включающих множество взаимосвязанных элементов, требуется более продвинутое программное обеспечение.

Теперь рассмотрим наиболее известные инструменты имитационного моделирования и их возможности. На рынке существует множество программных продуктов, предназначенных для создания и анализа имитационных моделей. Ниже представлены некоторые из них.

Таблица 1 – Инструменты имитационного моделирования

Название инструмента	Возможности инструмента	Стоимость
AnyLogic	Поддержка мультиметодологического моделирования (дискретно-событийное, агентное, системно-динамическое). Широкие возможности для визуализации и анализа данных.	От 1900\$ в год
Arena	Дискретно-событийное моделирование, оптимизация производственных процессов, анализ логистических систем.	От 2500\$
FlexSim	3D-моделирование производственных процессов, анализ материальных потоков, оптимизация работы оборудования.	От 5000\$
Simul8	Дискретно-событийное моделирование, анализ производительности, оптимизация ресурсов.	От 3000\$
Plant Simulation	Моделирование производственных систем, анализ логистики, оптимизация планирования.	От 10000\$

Важно остановиться подробно на двух наиболее популярных инструментах — **AnyLogic** и **FlexSim**, которые, по мнению многих специалистов, являются наиболее универсальными и мощными решениями для имитационного моделирования.

1. AnyLogic

AnyLogic — это универсальный инструмент для имитационного моделирования, который поддерживает три основных метода моделирования: дискретно-событийное, агентное и системно-динамическое. Это позволяет использовать его для анализа самых разных систем, от производственных линий до логистических цепочек и социальных процессов [2].

Преимущества AnyLogic:

- гибкость и универсальность;
- широкие возможности визуализации;
- поддержка интеграции с другими системами;
- большое сообщество пользователей и обширная библиотека примеров.

Недостатки:

- высокая стоимость;
- требует значительных ресурсов для сложных моделей.

2. FlexSim

FlexSim — это инструмент для 3D-моделирования производственных процессов. Он позволяет создавать детализированные модели, которые визуально отображают работу системы.

Преимущества FlexSim:

- высокая детализация и реалистичность моделей;
- удобный интерфейс для работы с 3D-графикой;
- широкие возможности для анализа материальных потоков.

Недостатки:

- ограниченная поддержка других методов моделирования;
- высокая стоимость.

Таким образом, имитационное моделирование является мощным инструментом для анализа и оптимизации производственных систем. Оно позволяет учитывать большой спектр факторов, тестировать различные сценарии и принимать обоснованные решения, что способствует повышению эффективности производства, снижению издержек и улучшению качества продукции. На рынке существует множество инструментов для имитационного моделирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Выбор подходящего инструмента зависит от конкретных задач, которые необходимо решить, а также от уровня сложности анализируемой системы. В условиях высокой конкуренции и постоянного роста требований к производственным процессам использование имитационного моделирования становится важной частью успешного управления предприятием.

Список литературы

1. С. Маторин, А. Жихарев, Н. Зайцева Имитационное моделирование с использованием системно-объектного подхода [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovaniye-ispolzovaniem-sistemno-obektnogo-podhoda/viewer> 7 марта 2025.
2. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 426 с.

ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ

Рынок недвижимости характеризуется гибкостью, реактивными реакциями на изменения в политической сфере, зависимостью от экономической, экологической ситуации. И для покупателей, и для инвесторов ориентироваться в этой динамичной среде может быть непросто. Сегодня появляются новые методы и способы анализа тенденций изменений и оценки рынков недвижимости. Одной из таких методологий становится предиктивная аналитика.

Предиктивная аналитика совершает революцию в сфере недвижимости, предлагая мощный инструмент для прогнозирования рыночных тенденций, выявления скрытых возможностей и принятия более взвешенных решений. Предиктивная аналитика использует исторические данные, статистические алгоритмы и машинное обучение для точного прогнозирования будущих результатов, предоставляя бесценную информацию, которая помогает принимать более взвешенные и обоснованные решения в сфере недвижимости.

Предиктивная аналитика коренным образом меняет подход специалистов по недвижимости к принятию решений об инвестициях в недвижимость. Она предполагает использование исторических данных, статистических алгоритмов и методов машинного обучения для прогнозирования будущих тенденций и поведения, помогая инвесторам выявлять выгодные возможности и снижать риски. В таблице 1 наглядно отражены объемы рынка ИИ [1].

Таблица 1 – Глобальный искусственный интеллект (ИИ) на рынке недвижимости

Охват отчета	Подробные сведения		
Базовый год:	2023	Прогнозируемый Период:	2024-2030
Исторические данные:	с 2018 по 2023 год	Объем рынка в 2023 году:	220,68 млрд долларов США.
Прогнозируемый период с 2024 по 2030 год, среднегодовой темп роста:	35%	Размер рынка в 2030 году:	1803,45 млрд долларов США.
Покрытые Сегменты:	по Технологии	Машинное обучение Обработка естественного языка (NLP) Компьютерное зрение	
	по Решению	Чат-боты Аналитика поведения клиентов Расширенный анализ недвижимости Управление взаимоотношениями с клиентами (CRM) Аналитика и визуализация данных Привлечение клиентов и маркетинг Управление недвижимостью	

		Прочее

Конкретные технологии и алгоритмы, используемые в прогнозной аналитике на основе искусственного интеллекта, разнообразны и сложны. Ключевые технологии и алгоритмы искусственного интеллекта, используемые в рамках предиктивной аналитики для исследования регионального рынка недвижимости, представим на рисунке 1.

Используя эти технологии, компании могут не только повысить эффективность и точность анализа данных, но также получить более глубокое понимание и принять обоснованные решения. Интеграция искусственного интеллекта в прогнозную аналитику – важный шаг к сохранению конкурентоспособности в современных исследованиях рынка.



Рисунок 1 – Ключевые технологии и алгоритмы искусственного интеллекта

Можно выделить некоторые наиболее широко используемые платформы для применения предиктивной аналитики:

- IBM Watson Analytics. Один из наиболее мощных инструментов для предиктивной аналитики и анализа больших данных.
- SAS Enterprise Miner. Система для проектирования точных предсказательных и описательных моделей на основе big-data.

– Quantarium. Платформа для оценки недвижимости, в которой модели объединяют нейронные сети, генетическое моделирование и машинное обучение [2].

Проблемы предиктивной аналитики с машинным обучением включают качество и количество данных, переобучение, интерпретируемость модели, этические проблемы по поводу предвзятости и необходимость постоянной адаптации к развивающимся технологиям.

Внедрение сервисов предиктивной аналитики в сфере недвижимости сопряжено с рядом трудностей. Рассмотрим эти трудности и предложим решения для их преодоления:

1) Качество и доступность данных:

Проблема: данные о недвижимости разрозненны, неполны и неструктурированы, что затрудняет проведение точной прогнозной аналитики.

2) Интеграция с существующими системами:

Проблема: Интеграция инструментов прогнозной аналитики с существующими системами и рабочими процессами в сфере недвижимости может быть сложной и трудоёмкой.

3) Масштабируемость и гибкость:

Проблема: Рынки недвижимости динамичны, поэтому модели прогнозной аналитики должны быть масштабируемыми и гибкими, чтобы адаптироваться к меняющимся условиям.

4) Вопросы конфиденциальности и безопасности:

Проблема: Данные о недвижимости содержат конфиденциальную информацию, что вызывает опасения по поводу конфиденциальности и безопасности при внедрении прогнозной аналитики.

5) Интерпретация результатов и возможность их применения

Проблема: специалистам по недвижимости нужна помощь в интерпретации результатов моделей прогнозной аналитики и принятии решений на их основе.

6) Соображения по затратам:

Проблема: Внедрение прогнозной аналитики в сфере недвижимости может быть дорогостоящим, особенно для небольших компаний с ограниченным бюджетом.

Предиктивная аналитика опирается на исторические данные и статические модели, которые не могут эффективно решать возникающие угрозы или адаптироваться к динамичным рыночным условиям.

Рассмотрим основные тенденции в развитии предиктивной аналитики, которые постепенно решают описанные проблемы. Популярные технологии прогнозной аналитики, которые совершают революцию в сфере недвижимости, представим в общем виде на рисунке 2.

Машинное обучение и искусственный интеллект:

- Алгоритмы машинного обучения и искусственный интеллект находятся на переднем крае прогнозной аналитики в сфере недвижимости. Эти технологии анализируют огромные объёмы данных, включая исторические данные о продажах, рыночные тенденции и характеристики недвижимости, чтобы точно прогнозировать будущую стоимость недвижимости и рыночные тенденции.

Интеграция больших данных:

- Интеграция больших данных в предиктивную аналитику произвела революцию в том, как специалисты по недвижимости принимают решения. Предиктивная аналитика позволяет полностью понять динамику рынка и поведение потребителей, анализируя данные из различных источников, таких как социальные сети, онлайн-объявления и демографические данные.

Геопространственный анализ:

- Геопространственный анализ - ещё одна ключевая тенденция в прогнозной аналитике в сфере недвижимости. Эта технология использует географические информационные системы (ГИС) для анализа пространственных данных, таких как местоположение объектов недвижимости, характеристики района и близость к удобствам, чтобы выявлять инвестиционные возможности и прогнозировать тенденции изменения стоимости недвижимости.

Предиктивное моделирование:

- Предиктивное моделирование - это мощный метод, используемый в прогнозной аналитике в сфере недвижимости для прогнозирования будущих результатов на основе исторических данных. Специалисты по недвижимости могут принимать обоснованные решения о ценообразовании, инвестициях и стратегиях развития, разрабатывая модели, учитывающие такие факторы, как рыночные условия, экономические показатели и характеристики недвижимости.

Визуализация данных:

- Инструменты визуализации данных играют важнейшую роль в прогнозной аналитике, преобразуя сложные данные в визуальные представления, такие как диаграммы, графики и карты. Такие визуализации помогают специалистам в сфере недвижимости быстро получать информацию и принимать обоснованные решения.

Прогнозирование потенциальных клиентов:

- В сфере маркетинга недвижимости прогнозирование потенциальных клиентов набирает популярность. Эта технология использует прогнозную аналитику для оценки потенциальных клиентов на основе их вероятности конверсии, помогая агентам по недвижимости более эффективно распределять свои усилия и ресурсы.

Стратегии динамического ценообразования:

- Услуги прогнозной аналитики позволяют специалистам по недвижимости внедрять стратегии динамического ценообразования, которые корректируют цены на недвижимость в режиме реального времени в зависимости от рыночного спроса, конкуренции и других факторов. Такая гибкость позволяет принимать более гибкие и оперативные решения по ценообразованию.

Предиктивная аналитика на основе Интернета вещей:

- Предиктивная аналитика на основе Интернета вещей преобразует индустрию недвижимости, позволяя принимать упреждающие решения на основе данных, повышая операционную эффективность и улучшая качество обслуживания арендаторов. По мере развития Интернета вещей в сфере недвижимости потенциал для инноваций в управлении недвижимостью безграничен.

Рисунок 2 – Основные тенденции в развитии предиктивной аналитики в сфере недвижимости

Предиктивная аналитика и искусственный интеллект не только укрепляют структуры управления рисками, но и стимулируют эффективность работы за счет автоматизации рутинных задач и процессов принятия решений [3]. Эта синергия позволяет компаниям, предоставляющим услуги в сфере подбора недвижимости, принимать обоснованные решения на основе данных, оптимизировать ресурсы распределение и повышение уровня соответствия нормативным требованиям. Поскольку эти технологии продолжают развиваться, они обеща-

ют изменить будущее управления инвестициями, предлагая надежную основу для навигации в сложном рынке недвижимости и защититься от возникающих угроз.

Список литературы

- 1 Artificial Intelligence in Real Estate Market- Global Industry Analysis And Forecast (2024-2030). – URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-artificial-intelligence-ai-in-real-estate-market/63027/> (дата обращения: 19.12.2024).
- 2 Предиктивная аналитика: 3 метода и системы. – URL: <https://in-scale.ru/blog/prediktivnaya-analitika/> (дата обращения: 19.12.2024).
3. Dli, M.; Puchkov, A.; Vasiliev, A.; Kirillova, E.; Selyavskiy, Y.; Kulyasov, N. Intelligent Control System Architecture for Phosphorus Production from Apatite-Nepheline Ore Waste. *Energies* 2021, 14, 6469. <https://doi.org/10.3390/en14206469>

*Д.А. Ермачков, студ.; рук М.А. Андреев, ст.пр.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА: РОЛЬ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫМИ РАБОТАМИ

Сочетание традиционных методов обучения и современных цифровых технологий позволяет значительно повысить качество образования. Специалисты, подготовленные в такой среде, обладают навыками, необходимыми для успешной конкуренции в условиях быстро развивающейся цифровой экономики. Внедрение цифровых технологий в современную систему образования – важный шаг на пути к созданию гибкой и адаптивной учебной среды. Она помогает оптимизировать процесс обучения, повышает его эффективность и создает комфортные условия для всех участников учебного процесса [1].

Одна из важнейших задач в образовании – организация и управление учебной деятельностью, что невозможно без гармоничного взаимодействия между преподавателями и студентами. Однако традиционные подходы к организации практических занятий оказываются неэффективными в эпоху цифровизации. При внедрении дистанционного обучения преподаватели сталкиваются с рядом проблем, таких как трудности с распределением заданий, сбором и проверкой отчетов, а также отсутствие единой платформы для организации и анализа результатов. Учащиеся, в свою очередь, испытывают трудности с доступом к учебным материалам, соблюдением сроков и получением своевременной обратной связи. Эти факторы негативно влияют на общую эффективность процесса обучения. Именно поэтому, внедрение цифровых технологий стало одной из тенденций в образовательной сфере.

Практические часы обучения необходимы для подготовки высококвалифицированных специалистов, особенно в технических и инженерных областях. Лабораторные работы – один из важнейших этапов обучения, так как они дают студентам возможность применить теоретические знания на практике, освоить работу с оборудованием и программным обеспечением, развить критическое мышление. Однако эффективность этого метода работы зависит от грамотной организации процесса выполнения и контроля. Необходимо разработать инструменты, которые не только облегчат организацию практических занятий, но

и сделают их более прозрачными, доступными и удобными для всех участников. Цифровые технологии позволяют автоматизировать рутинные операции, предоставляя возможность выполнения работ, не зависимо от времени и рабочего устройства, что, безусловно, очень важно в условиях смешанного или дистанционного обучения.

Использование web-технологий может помочь решить эти проблемы, оптимизируя взаимодействие между участниками и автоматизировать рутинные процессы. Данный инструмент поможет создать единую цифровую среду, отвечающую потребностям всех заинтересованных сторон. Неоспоримыми преимуществами web-технологии являются ее универсальность и масштабируемость. Эти характеристики делают использование данной технологии лучшим выбором в условиях растущего числа пользователей [2].

Разработка программного обеспечения системы управления лабораторными работами на основе web-технологий позволит решить большое количество задач, актуальных для преподавателей и студентов. Используя web-приложение, преподаватели могут самостоятельно формулировать и отправлять лабораторные задания, устанавливать сроки их выполнения, а также контролировать процесс выполнения и проверять опубликованные отчеты. В то же время студенты могут просматривать задания, загружать выполненные работы и отслеживать результаты проверки. Система управления может выступать в роли надежного хранилища информации о пользователях, лабораторных работ и результатов их проверки, предоставляя быстрый доступ к файлам, что особенно важно для анализа успеваемости и организации учебного процесса.

Использование web-технологий позволяет сделать процесс обучения более прозрачным и объективным. Благодаря автоматизированным системам можно фиксировать действия пользователя. Поскольку задания можно отслеживать в режиме реального времени, исключаются наиболее спорные вопросы, связанные со сроками выполнения. С точки зрения преподавателя, прогресс ученика можно проанализировать на более детальном уровне с использованием методов статистики и выявить часто встречающиеся ошибки, чтобы скорректировать учебный план. Для студентов технология предоставляет возможность получать объективную оценку своих работ, что способствует более глубокому пониманию материала.

Кроме того, внедряя такую систему, образовательные учреждения могут соответствовать современным стандартам цифровизации. Это способствует повышению конкурентоспособности организации на рынке образовательных услуг. Таким образом, предлагаемое решение не только упростит процесс управления лабораторными работами, но и будет способствовать созданию более прозрачной, объективной и безопасной среды обучения.

Для реализации системы управления лабораторными работами, необходимо спроектировать архитектуру, учитывающую все функциональные требования. В качестве основного языка программирования целесообразно выбрать язык высокого уровня, например JavaScript. Подобные технологии имеют множество преимуществ. Они позволяют разрабатывать высокоэффективные web-

приложения, работающие на различных платформах, сложные по своей структуре и легко масштабируемые. В частности, JavaScript – универсальный язык, подходящий как для клиентской, так и для серверной части приложения, что упрощает процесс разработки и обеспечивает совместимость с современными технологиями [3]. Ролевая модель доступа, включающая студентов и преподавателей, позволяет обезопасить данные и предоставляет контроль пользовательских действий. Аутентификация через логин и пароль, а также система логирования действий пользователей, обеспечивают защиту от несанкционированного доступа и позволяют отслеживать изменения, что соответствует требованиям к защите информации и надёжности технологии.

Внедрение и эксплуатация системы должны быть тщательно продуманы, и помимо проверки базовой функциональности программы необходимо также убедиться, что приложение работает при загрузке. Юнит-тестирование и интеграционные тесты помогут выявить возможные ошибки и обеспечить стабильную работу системы даже при увеличении числа пользователей. Для успешной интеграции web-сервиса важно разработать подробное руководство пользователя, которое поможет студентам и преподавателям эффективно использовать все возможности технологии. Это позволит минимизировать время на обучение работе с web-приложением и повысить его удобство.

В будущем система может быть расширена за счет интеграции с другими образовательными платформами, чтобы создать единую технологию для управления всеми аспектами учебного процесса. Еще одно перспективное направление – использование искусственного интеллекта для автоматической проверки выполненных заданий и анализа успеваемости учащихся. Это позволит снизить нагрузку на преподавателей, а также повысить объективность оценки. Таким образом, предложенное решение открывает широкие возможности для дальнейшего развития и совершенствования образовательных процессов, делая их более гибкими, прозрачными и эффективными.

Список литературы

1. Цифровые технологии в образовании. Тенденции, проблемы, перспективы: монография / под общ.ред. научного совета ГНИИ "Нацразвитие". – СПб.: ГНИИ "Нацразвитие", 2023. – 80 с.
2. И. В. Роберт, С. В. Панюкова, А. А. Кузнецов, А. Ю. Кравцова. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учебно-методическое пособие; под ред. И. В. Роберт. — М. : Дрофа, 2008. — 312 с.: ил. — (Высшее педагогическое образование).
3. Д. Флэнаган. JavaScript: Полное руководство / Д. Флэнаган. – 7-е изд. Пер с англ. – СПб.: ООО "Диалектика", 2021. — 720 с.: ил. — Парал. тит. англ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР АНАЛОГОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ВЕБ-САЙТА СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА

В современных условиях цифровизации сферы услуг разработка удобных и функциональных веб-сайтов для сервисных центров становится важной задачей. Клиенты ожидают не только качественного обслуживания, но и удобных инструментов для взаимодействия с сервисом: подачи заявок, отслеживания статуса ремонта, получения информации об услугах.

Цель данного исследования – провести сравнительный анализ существующих веб-сайтов сервисных центров, выявить их сильные и слабые стороны и на основе этого обосновать разработку собственного проекта. Объектом исследования являются особенности функционирования веб-сайтов сервисных центров, а предметом – разрабатываемый веб-сайт и его функциональные и технологические характеристики в сравнении с аналогами.

Для анализа были выбраны несколько веб-сайтов сервисных центров, предоставляющих услуги по ремонту бытовой и цифровой техники. В качестве критериев оценки использованы:

- Функциональность (наличие подачи онлайн-заявки, возможность отслеживания ремонта, контактные формы и чаты);
- Удобство использования (простота навигации, понятность интерфейса, адаптивность под мобильные устройства);
- Дизайн и визуальная привлекательность;
- Скорость загрузки страниц;

Пример 1: Сайт сервисного центра «Ремонтыч» (г. Смоленск). Данный сайт предлагает базовые функции, включая онлайн-заявку и раздел с часто задаваемыми вопросами [1]. Однако отсутствует возможность отслеживания статуса ремонта, а дизайн, устаревший и не адаптирован под мобильные устройства. Также навигация оставляет желать лучшего: пользователям сложно найти нужную информацию без дополнительного обращения в службу поддержки.

Пример 2: Сервисный центр «DNS». Компания DNS, помимо продажи электроники, предлагает услуги сервисного ремонта [2]. Их сайт предоставляет удобную систему поиска сервисных центров по городам, позволяет оформить заявку на ремонт онлайн и получить информацию о статусе заказа. Преимуществами являются широкая сеть отделений и поддержка клиентов через чат и горячую линию. Кроме того, DNS предлагает платный ремонт не гарантийных товаров и случаев, что делает его сервис универсальным для разных категорий пользователей.

С технической точки зрения, при разработке подобных решений важно учитывать современные подходы к веб-разработке [3], а также принципы пользовательского проектирования интерфейсов [4], чтобы обеспечить удобство навигации и эффективное взаимодействие с функциональностью сайта.

Таким образом, обзор показал, что на рынке представлены как локальные, так и крупные сетевые решения, каждое из которых имеет свои плюсы и минусы. На основе выявленных особенностей будет проведён сравнительный анализ и предложены рекомендации по разработке собственного веб-сайта.

На основе рассмотренных примеров проведен сравнительный анализ ключевых характеристик веб-сайтов сервисных центров. В таблице 1 представлены их основные особенности.

Таблица 1 – Основные особенности.

Критерий	Ремонтыч	DNS
Онлайн-заявка	Да	Да
Отслеживание ремонта	Нет	Да
Адаптивность	Нет	Да
Поддержка пользователей	Ограничена	Чат, горячая линия
Ориентированность на гарантийный ремонт	Нет	Да

Как видно из анализа, сайт DNS по всем пунктам лучше, он позволяет отслеживать ремонт, подавать заявку онлайн и связаться с поддержкой

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что разрабатываемый веб-сайт должен:

- Обеспечивать возможность подачи онлайн-заявки.
- Включать систему отслеживания статуса ремонта.
- Иметь адаптивный дизайн для удобства использования на мобильных устройствах.
- Интегрировать удобные каналы поддержки (онлайн-чат, уведомления по e-mail и SMS).

Предполагается, что внедрение данных решений позволит создать конкурентоспособный сервис, совмещающий лучшие практики локальных и сетевых сервисных центров.

Проведенный анализ показал, что существующие веб-сайты сервисных центров имеют как сильные, так и слабые стороны. Основные недостатки связаны с отсутствием адаптивности и недостаточной поддержкой клиентов в локальных сервисах.

Разрабатываемый веб-сайт должен объединить преимущества обоих типов сервисов, обеспечивая удобство, доступность и высокое качество взаимодействия с клиентами. Это позволит повысить удовлетворенность пользователей и упростить работу сотрудников сервисного центра.

Список литературы

3. Официальный сайт сервисного центра «Ремонтыч» [Электронный ресурс]. URL: <https://rembytteh-smolensk.ru/> (дата обращения: 15.03.2025).
4. Официальный сайт компании DNS [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dns-shop.ru/service/> (дата обращения: 15.03.2025).
5. Шуваев Я. UX/UI дизайн для создания идеального продукта: полный и исчерпывающий гид. — М.: Бомбора, 2023. — 240 с
6. Акулич М.В. Дизайн пользовательского интерфейса и дизайн UI/UX в разработке мобильных приложений: базовые знания. — М.: Издательские решения, 2023. — 175 с.

ГИПЕРАВТОМАТИЗАЦИЯ КАК ОДИН ИЗ ТРЕНДОВ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА

Современное общество развивается динамично, и на этом пути можно выделить несколько ключевых трендов. Среди них – цифровизация, внедрение искусственного интеллекта, развитие облачных технологий и гиперавтоматизация.

Особенно важным направлением становится гиперавтоматизация, которая предполагает использование комплекса технологий для автоматизации бизнес-процессов. Этот термин был введен в 2019 году международной аналитической компанией Gartner, которая обозначила его как одну из десяти ключевых стратегических технологических тенденций.

В отличие от традиционной автоматизации, ориентированной на выполнение отдельных задач без участия человека, гиперавтоматизация является более комплексным подходом, объединяя различные технологии – от машинного обучения до роботизированной автоматизации. Исследования Gartner показывают, что наиболее эффективные группы автоматизации сосредоточены на трех основных аспектах: повышении качества работы, ускорении бизнес-процессов и повышении эластичности принятия решений [1].

В 2025 году объём рынка гиперавтоматизации оценивается в 15,51 млрд долларов США, а к 2030 году он достигнет 38,28 млрд долларов США при среднегодовом темпе роста 19,8% в течение прогнозируемого периода (рисунок 1) [2].

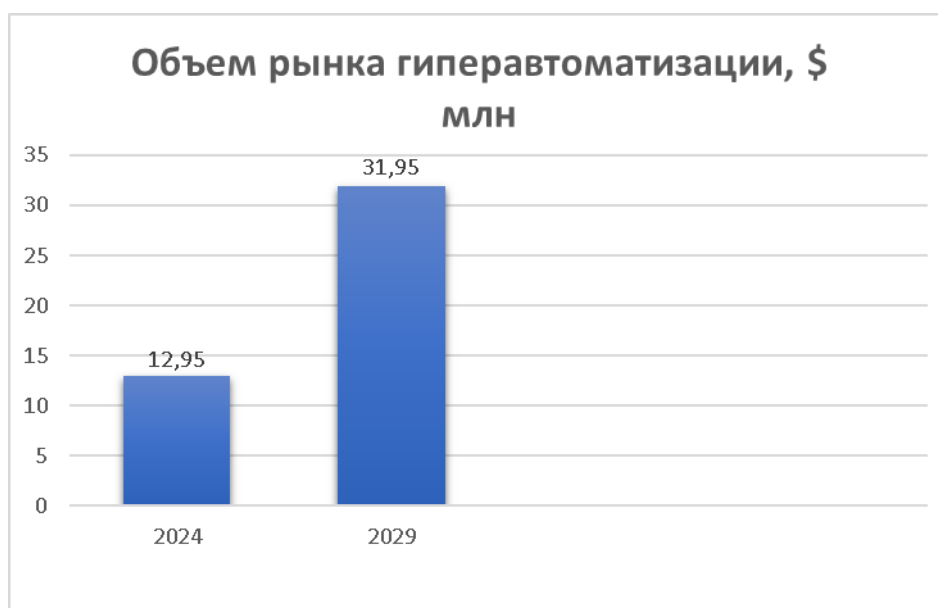


Рисунок 1 – Прогноз роста объема рынка гиперавтоматизации

Любой новый подход к бизнес-процессам неизбежно сопряжен с трудностями, и гиперавтоматизация не является исключением [3]. Для более детально-

го рассмотрения ее влияния на деятельность организаций был проведен SWOT-анализ, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – SWOT-анализ организации, использующей гиперавтоматизацию

Сильные стороны	Слабые стороны
Ускорение процессов и повышение их точности Снижение затрат за счёт оптимизации ресурсов и уменьшения потребности в человеческом факторе Повышение качества обслуживания клиентов	Зависимость от качества данных: автоматизация требует точных и структурированных данных Проблемы с выбором оптимальных технологий Необходимость в высококвалифицированных кадрах, дефицит которых может замедлить внедрение технологий
Возможности	Угрозы
Постоянный рост рынка гиперавтоматизации Повышение конкурентоспособности организаций, адаптирующихся к новым условиям Использование искусственного интеллекта и машинного обучения	Риски безопасности данных и кибератак Угроза для рабочих мест из-за замещения человеческого труда автоматизированными системами Быстрое устаревание технологий, требующее постоянных инвестиций и обновлений

Одной из ключевых технологий гиперавтоматизации является роботизация процессов (RPA). Эта технология использует программных ботов, которые имитируют действия человека в интерфейсах различных компьютерных систем. Такие боты способны выполнять однообразные задачи, например, вносить данные, обрабатывать транзакции и отвечать на типовые клиентские запросы, тем самым освобождая сотрудников от рутинной работы.

Другой важной технологией гиперавтоматизации является искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML). Эти технологии обеспечивают гибкость автоматизированных систем, позволяя им адаптироваться и обучаться на основе анализа больших объемов данных. AI и ML способны выявлять закономерности и тенденции, которые невозможно заметить человеку, и предсказывать будущие тренды, что позволяет принимать более обоснованные решения в реальном времени. В финансовом секторе AI используется для анализа кредитного риска, автоматически оценивая платежеспособность клиентов. В медицине такие технологии используются для диагностики заболеваний, обработки медицинских изображений и выдачи рекомендаций по лечению. В сфере клиентского сервиса чат-боты на основе AI позволяют оперативно реагировать на запросы пользователей, предлагая персонализированные решения.

Например, компания Airbus внедряет искусственный интеллект для автоматизации утверждения отчетов о расходах и оплаты счетов-фактур в Америке. Автоматизация помогает повысить эффективность, уменьшить количество ошибок и высвободить сотрудников для выполнения других задач. Система со-

поставляет данные для выявления аномальных значений, ускоряет обработку документов и снижает количество ошибок [3].

Еще одна важная технология в гиперавтоматизации — no/low-code-платформы. Они позволяют создавать сложные автоматизированные решения без глубоких знаний программирования. Благодаря удобным графическим интерфейсам пользователи могут разрабатывать и адаптировать приложения под свои нужды, не привлекая программистов.

Таким образом, в ходе проведенного исследования были рассмотрены особенности гиперавтоматизации как одного из трендов современного общества, а именно объемы рынка гиперавтоматизации, сильные и слабые стороны гиперавтоматизации, возможности и угрозы ее использования, технологии и инструменты. Ее применение в будущем коснется многих сфер, и, возможно, создаст нишу для появления новых профессий.

Список литературы

1. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends For 2020 [Электронные ресурсы]. URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020> (дата обращения: 01.02.2025)
2. Mordor Intelligence: Hyperautomation Market Size (2024 - 2029) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/hyperautomation-market/market-size> (дата обращения: 02.02.2025)
3. What is hyperautomation? [Электронные ресурсы]. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/hyperautomation> (дата обращения: 01.02.2025)

*А.А. Иванова, студ.; рук. Н.П.Прокуденков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРЕИМУЩЕСТВА ПЛАТФОРМЫ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Автоматизация бизнес-процессов (АБП) — это использование технологий для автоматизации рутинных, повторяющихся, трудоёмких и подверженных ошибкам бизнес-задач и рабочих процессов. Основной целью автоматизации является разработка и внедрение информационной системы в работу предприятия.

Автоматизация бизнес-процессов необходима для решения ряда важных задач и проблем, стоящих перед современными организациями:

- Повышение эффективности: автоматизация позволяет выполнять задачи быстрее, точнее и с меньшими затратами ресурсов.
- Снижение затрат: уменьшение потребности в ручном труде приводит к снижению затрат на оплату труда, обучение и другие операционные расходы.
- Повышение качества: автоматизация снижает вероятность человеческих ошибок, что приводит к повышению качества продукции, услуг и процессов.
- Оптимизация процессов: автоматизация позволяет выявить узкие места и неэффективные этапы бизнес-процессов, которые можно оптимизировать.
- Повышение удовлетворенности клиентов: более быстрые, качественные и эффективные процессы приводят к повышению удовлетворенности клиентов.[1]

Платформа 1С:Предприятие является одним из самых популярных и распространённых решений для автоматизации бизнес-процессов в России и странах СНГ. Существует ряд особенностей, обуславливающих широкое использование этой платформы. На рисунке 1 представлены основные преимущества платформы 1С.

 Прикладные механизмы	 Масштабируемость	 Многоплатформенность	 Мобильная платформа 1С:Предприятия 8
 Облачные технологии	 Работа через Интернет	 Интеграция	 Юзабилити
 Экономическая и аналитическая отчётность	 Интерфейсные механизмы	 Система взаимодействия	 Интернационализация
 Система прав доступа	 Различные хранилища данных	 Отказоустойчивость	 Криптография
 Среда быстрой разработки	 Настройки при внедрении	 Методики внедрения	 Инструменты администратора

Рисунок 1 – Основные преимущества платформы 1С

1. Широкий функционал и возможности:

Универсальность: 1С:Предприятие предоставляет обширный набор инструментов, дающих возможность автоматизировать практически все аспекты деятельности компании, начиная от ведения бухгалтерии и контроля продаж, заканчивая управлением производственными процессами и взаимодействием с потребителями (CRM).

Гибкость: система предоставляет возможность кастомизации решений в соответствии с уникальными запросами предприятия, модифицировать внешний вид, создавать дополнительные функциональные компоненты и взаимодействовать с другими платформами.

Поддержка различных отраслей: 1С:Предприятие предлагает отраслевые решения, адаптированные под специфику различных видов деятельности.

2. Простота использования и обучения:

Интуитивно понятный интерфейс: платформа имеет дружелюбный и понятный интерфейс, что упрощает обучение пользователей.

Широкая база знаний и документации: фирма «1С» предоставляет обширную документацию, методические материалы, видеоуроки и примеры кода, которые облегчают изучение и использование платформы.

3. Поддержка законодательства:

Программа "1С:Предприятие" постоянно совершенствуется, чтобы соответствовать последним изменениям в российском законодательстве, затрагивающим бухгалтерский учет, налогообложение и составление отчетности. Это означает, что пользователи всегда работают с актуальными нормативными актами и правилами. Ключевое преимущество системы – автоматизация процесса формирования отчетности. "1С:Предприятие" предоставляет встроенные инструменты, позволяющие автоматически генерировать различные виды отчетов. Это значительно облегчает труд бухгалтеров и других специалистов, сокращая время, затрачиваемое на рутинные операции, и уменьшая вероятность

ошибок, связанных с ручным заполнением документов. Благодаря автоматизации, специалисты могут сосредоточиться на анализе данных и принятии стратегических решений, а не на механической обработке информации.

4. Стоимость и условия лицензирования:

Различные варианты лицензирования: 1С:Предприятие предлагает различные варианты лицензирования, что позволяет подобрать оптимальное по стоимости решение для бизнеса любого размера.

Доступная стоимость: по сравнению с некоторыми зарубежными ERP-системами, 1С:Предприятие имеет более доступную стоимость.

5. Развитая экосистема:

Большое количество дополнительных решений: для платформы 1С:Предприятие доступно множество готовых модулей и дополнений, которые дают возможность увеличить спектр ее возможностей и настроить систему в соответствии с уникальными требованиями конкретного предприятия.

Разнообразие доступных расширений для 1С позволяет организациям находить оптимальные решения, соответствующие их индивидуальным потребностям и задачам.

Использование этих дополнений помогает оптимизировать бизнес-процессы и повысить эффективность работы с системой. Активное сообщество пользователей и разработчиков: существует активное сообщество пользователей и разработчиков 1С, что обеспечивает поддержку, обмен опытом и возможность быстрого решения возникающих проблем.

Интеграция с другими сервисами: 1С:Предприятие легко интегрируется с другими сервисами, такими как банки, электронные площадки, CRM-системы, что позволяет создать единую информационную среду.[2]

```
в Процедура ОбработкаПроведения(Отказ, Режим)
  {{{__КОНСТРУКТОР_ДВИЖЕНИЙ_РЕГИСТРОВ
  // Данный фрагмент построен конструктором.
  // При повторном использовании конструктора, внесенные вручную изменения будут утеряны!!!

  // регистр ОстаткиТоваров Приход
  Движения.ОстаткиТоваров.Записывать = Истина;
  Для Каждого ТекСтрокаТовары Из Товары Цикл
    Движение = Движения.ОстаткиТоваров.Добавить();
    Движение.ВидДвижения = ВидДвиженияНакопления.Приход;
    Движение.Период = Дата;
    Движение.Товар = ТекСтрокаТовары.Товар;
    Движение.Количество = ТекСтрокаТовары.Количество;
  КонецЦикла;

  }}}__КОНСТРУКТОР_ДВИЖЕНИЙ_РЕГИСТРОВ
  КонецПроцедуры
```

Рисунок 2 – Пример программы на встроенном языке 1С

Ключевым достоинством платформы, полезным для программистов, выступает интегрированный язык разработки. Он служит для создания алгоритмов, определяющих работу задач на этапе конфигурирования, и представляет собой специализированный язык программирования. Команды этого языка можно вводить как на русском, так и на английском языке. Особенно удобно это для начинающих разработчиков, что значительно упрощает его освоение и использование. Он отличается своей простотой и понятностью, делая процесс

разработки более доступным. Это можно рассмотреть и увидеть на примере, представленном на рисунке 2.

В заключении хотелось бы отметить, что система 1С:Предприятие — это мощная и универсальная платформа для автоматизации работы компаний любого размера. Она помогает организациям работать эффективнее, экономить средства, улучшать качество продукции или услуг и, как следствие, становиться более конкурентоспособными на рынке. Однако, важно понимать, что успех внедрения 1С:Предприятие напрямую зависит от тщательного анализа потребностей бизнеса, грамотного проектирования системы и её последующего внедрения. Не менее важна качественная подготовка и обучение сотрудников, которые будут с ней работать. Только комплексный подход гарантирует достижение желаемых результатов автоматизации.

Список литературы

1. Виноградов, В.М. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность: Учебное пособие / В.М. Виноградов, А.А. Черепашин. — М.:Форум, 2018. —305с.
2. Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. 1С:Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы. М.: ООО «Пабблишинг», 2013. — 943с.

*Е.С. Иванов, студ.; рук. Л.В. Фомченкова, д.э.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОРУЖИЯ КАК ГРУППЫ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОБОРСТВА

В рамках современного развития информационных технологий военные конфликты давно выходят за рамки линии боевого столкновения. Вне зависимости от природы конфликта, успешное применение информационного оружия влечет за собой значительный ущерб для атакованной стороны. В процессе непрерывной взаимной адаптации происходит параллельное развитие методов применения информационного оружия и технологий их обнаружения, блокирования и нейтрализации. В дополнение к актуальной геополитической динамике последних лет эти факторы способствовали возрастанию интереса к проведению исследований в данной предметной области.

Однако, несмотря на многочисленные теоретические концепции, появившиеся в результате анализа практики ведения информационных войн, высокий темп развития технологий каждый раз ставит перед исследователями задачу пересмотра, как понятийного аппарата, так и используемых классификационных признаков информационного оружия, отражающих изменения в исследуемой области.

Наиболее часто в западной исследовательской практике используют классификацию, предложенную Мартином Либики в работе 1995 г., считающейся основой современной теории ведения гибридных войн. В России наиболее популярны работы профессора А.И. Позднякова, датируемые 2016 г. В современных технологических условиях классификации, предложенные этими авторами, являются фактически устаревшими. Исследования, связанные с применением

искусственного интеллекта, интернета вещей и множества других потенциально разрушительных технологий на данный момент фактически находятся вне ранее сформированных концепций информационных войн. В данной статье сделана попытка формирования новой системы классификации средств информационного противоборства, основанной на современных технологиях, что позволяет пересмотреть традиционный подход к определению информационного оружия.

Термин оружие предполагает однозначность применения классифицируемого объекта, как средства, обладающего функциональной направленностью на применение силы или угрозой ее применения. В рамках формируемого в современных технологических условиях понятийного аппарата информационное оружие целесообразно определить как набор технических или социальных средств, предназначенных для осуществления разрушительного воздействия, поражающим элементом которых является массив информации.

В рамках предложенного определения представляется необходимым разделить классическое понятие информационного оружия на средства информационного воздействия (сокр. СИВ) и средства информационного поражения (сокр. СИП). Причиной выделения данных групп является тот факт, что всю информацию можно разделить на две определенные категории – направленную и не направленную на восприятие человеком. К первой категории относится речевая информация, сюжеты СМИ и все другие формы контента, которые естественно воспринимаются человеком. Вторая группа – информация более узконаправленная, зачастую представляющая из себя набор программных инструкций, исполняемых автоматизированными средствами.

Автор предлагает разделять все группы информационных средств (рисунок 1) по целевым зонам поражения и распространения, в соответствии с общепринятыми классификациями стандартных видов вооружения, которые так же подразумевают разделение по методу доставки поражающего элемента и рекомендованной цели [1].

Средства информационного противоборства

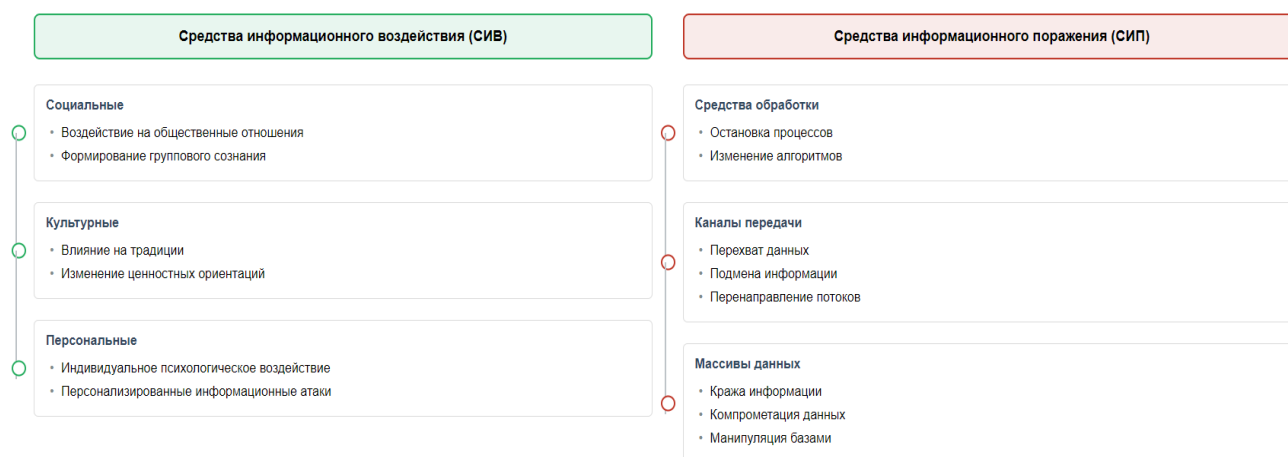


Рисунок 1 – Классификация средств информационного поражения

Средства информационного воздействия по первичной зоне распространения следует разделить на три категории: социальные, культурные и персональные. Под первую категорию подпадают средства воздействия, распространяемые через любые формы социального взаимодействия, такие как пропаганда посредством социальных сетей, СМИ, распространяющие ложную информацию, или даже вербовка в социальных сетях [2]. Вторая категория – культурные явления, используемые для нанесения определенного ущерба. Самым ярким примером использования культурных трендов как оружия является принижение заслуг СССР в ходе второй мировой войны, что может открыть возможности для использования политических рычагов давления на страны-преемницы СССР на мировой политической арене. Категория персональных средств информационного воздействия представляет собой наиболее обширный сегмент, поскольку включает методы, направленные либо на манипуляцию группой лиц для их нацеливания на конкретного индивида, либо на индивидуальное воздействие с последующим использованием обработанного субъекта в интересах агрессора. К таким средствам относятся как традиционные методы, например, применение химических препаратов типа «сыворотки правды», так и более изощренные технологии, включая внушение, персонализированную пропаганду и гипнотическое воздействие.

Второй группой информационных средств в предложенной классификации являются средства информационного поражения. В силу своей структуры, слабо воспринимаемой человеком, прямой контакт с подобной информацией не может оказать значительного влияния на ознакомившегося с ней индивида. Однако, возможность восприятия данной информации как необходимых к исполнению инструкций со стороны информационных систем делает эту группу информационных средств наиболее опасной. Как понятно из названия, СИП используются для вывода из строя важного оборудования, уничтожения критических данных или получения важной информации. Данная группа средств по сфере первичного поражения может быть направлена на средства обработки информации, средства передачи информации, либо на сами массивы данных. Первая область – средства обработки информации, это область, применение информационных средств поражения в которых носит своей целью остановку процесса обработки, либо его изменение в соответствии с целями атакующей стороны. Применение средств информационного поражения по второй области может означать как компрометацию и хищение информации из канала передачи, так и перенаправление потоков информации и даже подмену информации в канале передачи. Атака по третьей группе означает целенаправленную кражу информации, ее компрометацию или подмену еще на стадии сбора, т.е. до передачи ее по техническим каналам или до обработки специализированной системой.

В целом предложенная классификация информационного оружия представляет собой систематизированный и упорядоченный подход к осмыслению многообразия средств воздействия на информационную сферу в современных условиях. В отличие от традиционных подходов, данная классификация осно-

вана на фундаментальных принципах, которые позволяют ей сохранять актуальность даже в условиях стремительного технологического прогресса и появления принципиально новых форм информационного противоборства.

Ключевая особенность предложенной системы заключается в ее гибкости и способности адаптироваться к неизвестным на сегодняшний день технологиям, таким как усовершенствованные методы манипуляции большими данными, кибернетические атаки следующего поколения или применение искусственного интеллекта в масштабах, которые пока сложно представить. Это достигается за счет переноса фокуса внимания с конкретных технологий на их функциональные характеристики и цели воздействия, что делает классификацию устойчивой к изменениям в технологической среде.

Таким образом, предложенная классификация является не только инструментом для анализа современных угроз, но и основой для долгосрочного прогнозирования и осмысления будущих вызовов. Она создает базу для дальнейших исследований, позволяя ученым и экспертам адаптировать ее к новым реалиям без необходимости кардинального пересмотра. Это особенно важно в условиях, когда информационное оружие становится одним из ключевых факторов глобальной безопасности, а его эволюция требует глубокого и непрерывного анализа.

Список литературы

1. Information Warfare: What and How? Copyright Megan Burns, 1999 // CMU School of computer science URL: <https://www.cs.cmu.edu/~burnsm/InfoWarfare.html> (дата обращения: 04.03.2025).
2. Резник А.Н. Информационное противоборство в условиях вооруженного конфликта: Содержание, технологии, тенденции: дис. канд. полит. наук: 23.00.02. - М., 2004. - 208 с.

*А.А. Изюмский, студ.; рук С.А. Федулова;
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ГЕЙМИФИКАЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ: КАК СОЗДАТЬ ПЛАТФОРМУ, КОТОРАЯ УВЛЕЧЁТ СТУДЕНТОВ

Современное образование имеет некоторые сложности в обучении подрастающего поколения. Одним из таких важных факторов является удержание внимания студентов на продолжительной основе, так как практически каждый человек может мгновенно получить доступ к любой информации. Одним из эффективных решений стала геймификация [1].

Геймификация – это внедрение игровых элементов в образовательный процесс. Данный подход значительно облегчает обучение, делает его более разнообразным, интерактивным и увлекательным. Более того образовательный процесс становится более понятным, ведь появляется возможность наглядно продемонстрировать весь пройденный материал.

В этой статье мы рассмотрим, как геймификация может изменить образовательный процесс, выделим её преимущества и недостатки, а также проанализируем успешные примеры её применения.

Цель статьи: изучить потенциал геймификации в образовании, выделить ключевые аспекты создания эффективной платформы, а также провести сравнительный анализ существующих платформ.

Геймификация стала одним из самых обсуждаемых вопросов в современном образовании. Данный метод, введение игрового опыта, не является чем-то новым для жизни человека, однако сам способ является уникальным, ведь с помощью него эффективно повышается заинтересованность студентов в обучении. Но, как и любой метод, геймификация имеет свои сильные и слабые стороны. Рассмотрим их подробнее.

Среди преимуществ, безусловно, сразу же, можно отметить – повышение мотивации студентов. Использование игровых элементов, таких как уровни, зарабатывание очков или рейтинга – создают ощущение реального прогресса. Это стимулирует студентов к более активному участию в изучении материала. Более того, данное изучение превращает рутину в увлекательный опыт, который запомнится многим.

К таким же преимуществам так же можно отнести следующие факторы: индивидуальное обучение, развитие soft skills, мгновенная обратная связь и снижение страха перед неудачами [2].

Индивидуальное обучение – позволяет более доступно получить знание любому, то есть имеется возможность получать адаптированные знания под каждого человека. К таким примерам можно отнести уровни и их сложность. Если студент уверен в своих знаниях или уже выучил нужный материал, то он может попробовать различные сложности для более глубокого изучения.

Развитие soft skills или же гибких навыков – это способность, которая позволяет студенту использовать свою креативность в решении задач. Например, существуют задания с ограничением по времени, тогда это приводит к тому, что ученик использует и тренирует своё критическое мышление для осведомленности всей ситуации за короткий срок.

Мгновенная обратная связь – платформы, которые используют метод геймификации, имеют моментальную обратную связь. Это помогает студентам сразу получать ответ о правильности, или ошибочности, сделанного задания.

Снижение страха перед неудачами. Так как в формате игры неудачи – лишь этап, который студент может пройти, то такие ошибки воспринимаются как часть процесса обучения, а не провал, что помогает ученикам чувствовать себя более уверенно при получении ошибок.

Но у данного метода существуют и недостатки:

1. Риск поверхностного обучения – для некоторых обучающихся получение достижений или прохождение различных уровней станет первостепенным, чем полное понимание и глубокое понимание материала.

2. Сложность разработки и внедрения – для создания такой платформы требуется достаточно большое количество ресурсов, как временных, финансовых, так и экспертизы. Неправильная система может вызвать обратных эффект – снижение интереса к обучению.

3. Недостаток долгосрочной мотивации – игровые элементы могут быть предсказуемыми или повторяющимися, из-за чего студенты могут быстро потерять интерес. Более того, чем больше используется различных механик, тем сложнее придумывать что-то новое.

4. Ограниченность применения – не все дисциплины легко адаптировать под геймификацию. Есть много теоретической части в предметах, когда без традиционного метода никак не обойтись [3].

После выделения сильных и слабых сторон геймификации следует обратиться к существующим платформам, чтобы определить, учитывается ли баланс данных преимуществ и недостатков и являются ли такие платформы – эффективными.

Duolingo – это одна из самых известных платформ для изучения языков, которая использует геймификацию для мотивации пользователей. Платформа предлагает короткие уроки, которые включают упражнения на перевод, аудирование и произношение. За выполнение заданий пользователи получают очки, открывают новые уровни и соревнуются с друзьями.

Kahoot – это интерактивная платформа для создания викторин, опросов и тестов, которая активно используется в школах и университетах. Преподаватели могут создавать собственные викторины, а студенты отвечают на вопросы в режиме реального времени, соревнуясь за первое место в рейтинге.

Classcraft — это платформа, которая превращает учебный процесс в ролевую игру. Студенты создают своих персонажей, объединяются в команды и выполняют задания, чтобы продвигаться по сюжету. За успехи они получают очки опыта, которые можно потратить на улучшение персонажей, а за нарушения — штрафы.

Были приведены одни из самых популярных сервисов, использующие геймификацию в качестве основного элемента. Сравнивая эти системы, наблюдается безусловно разный интерфейс, имеющий похожую механику – введение игрового процесса, поэтому стоит провести анализ, что позволит понять, чем должна обладать идеальная система.

В качестве сравнения будет использоваться таблица, в которой будут применены общие критерии: уровень вовлеченности, глубина обучения, простота использования, мгновенная обратная связь и использование геймификации. Ниже приведена таблица 1.

Общий анализ показал важность полученных данных. Уровень вовлеченности показывает, насколько данная платформа является актуальной в использовании. Глубина обучения – то, насколько данные являются важными и актуальными. Простота использования означает понятность интерфейса, а также легкость и доступность в понимании своих действий. Обратная связь – получение быстрого ответа на действия пользователя. И игровые элементы – уровень получения игрового опыта на платформе.

Таблица 1 - Сравнительный анализ

Критерии	Duolingo	Kahoot	Classcraft
Уровень вовлеченности	Высокий	Очень высокий	Высокий
Глубина обучения	Средний	Низкий	Высокий
Простота использования	Очень простая	Простая	Сложная
Обратная связь	Мгновенная	Мгновенная	Отложенная
Игровые элементы	Низкий	Средний	Высокие

При сортировке полученных данных можно утверждать, что эффективная платформа должна иметь большую аудиторию, заинтересованную в данном обучении, хорошие и понятные материалы для освоения, которые можно будет легко получить и использовать. Наглядный пример, помогающий визуально понимать, что из себя представляет данный процесс. Иметь обратную связь для моментального понимания своих ошибок или правок. А также саму геймификацию, то есть нужные игровые элементы, которые и погружают студента в данный материал.

В заключении, хотелось бы добавить, что в нынешних реалиях имеется возможность добавления ИИ (искусственного интеллекта) в работу настройки и придумывания идей для различных игровых элементов. Более того ИИ так же может сократить время, затраченное на создание уровней. Так же обратная связь может осуществляться не только, с помощью заранее подготовленных ответов, а также и с помощью различных чат-ботов для быстрой коммуникации и прояснения ситуаций.

Список литературы

1. Орлова, О. В. Геймификация, как способ организации обучения / О.В. Орлова, В.Н. Титова. – Москва, 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-kak-sposob-organizatsii-obucheniya> (дата обращения: 16.03.2025).
2. Лобачева, Н. А. Концепция гейминга и её роль в образовательном дискурсе / Н.А. Лобачева. – Ялта, 2018. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-geyminga-i-eyo-rol-v-obrazovatelnom-diskurse> (дата обращения: 16.03.2025).
3. Варенина, Л. П. Геймификация в образовании / Л.П. Варенина. – Москва, 2018. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-v-obrazovanii> (дата обращения: 16.03.2025).

*А.М. Калачев, студ.; рук. В.В. Борисов, д.т.н., проф.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЛИЯНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ ДИФФУЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Диффузионные модели представляют собой передовой инструмент генерации изображений на основе текстовых описаний. Одним из важных факторов, определяющих качество работы этих моделей, является обучающая выборка, а именно её объем, качество и разнообразие. В статье рассматриваются методы актуализации и расширения обучающих данных для диффузионных моделей, с акцентом на Stable Diffusion (SD), и их влияние на качество и точность генери-

руемых изображений. Особое внимание уделено анализу версий моделей и методам улучшения данных, включая аугментацию, использование специализированных датасетов и обновление с учётом новых трендов.

С развитием технологий и ростом объема данных генеративные модели, такие как диффузионные модели, заняли важное место в области искусственного интеллекта, в частности, для создания изображений на основе текстовых запросов. Одним из самых известных представителей этого семейства является Stable Diffusion – модель, которая позволяет генерировать высококачественные изображения. Данное семейство моделей обучается на огромных наборах данных. Однако для того, чтобы модели показывали наилучшие результаты, необходима качественная обучающая выборка, актуальность которой со временем может снижаться. Это подчеркивает важность актуализации и расширения данных.

Далее будут рассмотрены основные методы актуализации и расширения датасета (обучающей выборки) диффузионных моделей, с акцентом на Stable Diffusion, и будет рассмотрено влияние этих методов на качество генерации изображений.

Диффузионные модели являются разновидностью вероятностных генеративных моделей, которые работают с данными через процесс добавления и удаления шума. Модель обучается на преобразованных изображениях, проходящих через цепочку искажений, где данные постепенно теряют свою структуру, а затем восстанавливаются через процесс «обратного диффузионного процесса» [1,2]. Эта особенность делает их мощными инструментами для создания графического контента.

Качество генерации изображений в диффузионных моделях напрямую зависит от обучающих данных. Чем разнообразнее и актуальнее обучающая выборка, тем лучше модель может воссоздавать детали и передавать контексты, которые она изучила на данный момент. Например, в обучающей выборке может не оказаться данных, связанных с конкретным художественным направлением или стилем, или их количество крайне мало, – вследствие чего по данному запросу модель не сможет сгенерировать необходимый результат. Поэтому методы актуализации и расширения выборки играют ключевую роль в улучшении результатов.

Актуализация обучающих данных – это процесс приведения данных в соответствие с текущими требованиями и тенденциями, а также улучшение их качества. В диффузионных моделях этот процесс особенно важен, поскольку старые наборы данных могут устаревать или не учитывать новые тренды, а также могут иметь искажения и неточности, что существенно влияет на конечную генерацию. Методы расширения обучающих выборок также играют значительную роль, поскольку помогают улучшить генерацию изображений в специфических областях.

Аугментация – это процесс искусственного расширения обучающей выборки путём применения различных трансформаций изображений, таких как вращение, масштабирование, изменение яркости и контраста. Однако для диф-

фузионных моделей важно, чтобы аугментированные изображения не теряли своей семантической значимости, так как модель учится на структурированных данных. Для этого могут использоваться сложные методы аугментации, которые сохраняют естественность изображений, избегая искажений.

Специализированные датасеты позволяют создавать модели, ориентированные на конкретные задачи или стили. Например, для создания изображений в стиле аниме можно использовать следующие fine-tune модели (модели с тонкой настройкой) и merge модели (объединение, слияние разных моделей): Pony Diffusion V6 XL, Illustrious-XL, NoobAI-XL и другие. Эти модели обучены на специальных наборах данных, в которых преобладают изображения в стиле аниме. Также есть и модели для генерации реалистичных изображений: Stable Diffusion XL, Pony Realism, Juggernaut XL и другие. Для Stable Diffusion также используются такие специализированные датасеты, как LAION, который содержит более 2 миллиардов изображений с аннотированными текстовыми описаниями, или Danbooru который, содержит более 9 миллионов изображений с различными типами текстовых описаний в виде коротких имён-тэгов, при этом постоянно обновляется качественно и количественно [1,3].

Одним из методов актуализации данных является интеграция новых источников, например, изображений с лицензией Creative Commons. Эти данные могут существенно расширить возможности модели, добавив разнообразие тем, стилей, объектов, субъектов, концептов и прочего наполнения. Важно, чтобы новые данные соответствовали условиям обучения и не содержали нежелательных элементов, таких как несанкционированные изображения или контент с нарушением авторских прав.

Сбор и анализ обратной связи от пользователей и профессиональных сообществ позволяет выявить недостатки модели, которые можно исправить с помощью актуализации данных. Учитывая, что диффузионные модели активно применяются в художественных и коммерческих сферах, потребности пользователей могут направить процесс обновления выборки и корректировать фокус модели.

Для оценки эффективности актуализации данных важно рассматривать изменения между версиями Stable Diffusion, а также другими генеративными нейросетевыми моделями. Ниже представлена таблица с характеристиками и параметрами различных моделей.

Как видно из таблицы, с развитием той или иной модели – увеличивается её набор обучающих данных и разрешение изображений, что значительно улучшает на базовом уровне конечную генерацию изображений, даже при различных архитектурных особенностях. Это подтверждает важность актуализации данных и расширения выборки для повышения качества и точности модели.

Таблица 1 – Характеристики моделей диффузионного типа [3]

Модель	Количество параметров	Наименование обучающей выборки	Разрешение изображений	Стиль текстовой подсказки	Доступность
Stability AI Stable Diffusion 1.5	980M	LAION	512 × 512	Естественный язык	Открытый исходный код
Stability AI Stable Cascade	1.4B	-	1024 × 1024	Естественный язык	Открытый исходный код
Stability AI Stable Diffusion XL	2.5B	-	1024 × 1024	Естественный язык	Открытый исходный код
Stability AI Stable Diffusion 3	2B, 8B	ImageNet, CC12M, Changpinyo et al. (2021)	1024 × 1024	Естественный язык	Открытый исходный код (зависит от версии)
Midjourney V4	-	COCO Lin et al. (2015), Visual Genome Krishna et al. (2016), Flickr 30K Young et al. (2014)	1024 × 1024	Естественный язык	Закрытый исходный код
OpenAI DALL·E 3	-	LAION	1024 × 1024	-	Закрытый исходный код
Flux	12B	-	2.0MP	Естественный язык	Открытый исходный код
Novel AI Image Generator	-	Danbooru	-	Основанный на тегах	Закрытый исходный код
Illustrious 0.1	2.5B	Danbooru, Synthetic datasets	1024 × 1024	Основанный на тегах	Открытый исходный код

Актуализация и расширение обучающих выборок являются неотъемлемой частью развития диффузионных моделей. Для таких моделей, как Stable Diffusion, повышение разнообразия и качества данных значительно улучшает результаты генерации изображений. Методы, такие как аугментация, использование специализированных датасетов, интеграция новых источников данных и анализ обратной связи от пользователей, помогают повысить эффективность работы моделей и адаптировать их к изменяющимся требованиям. В будущем внедрение новых методов актуализации данных и интеграции актуальных трендов будет продолжать играть важную роль в улучшении генерации изображений, особенно с учетом быстро развивающихся технологий и растущих потребностей пользователей.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № FSWF-2023-0012.

Список литературы

1. Введение в диффузионные модели для генерации изображений – полное руководство // Хабр [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/713076/> (дата обращения: 13.03.2025).
2. Методика использования stable diffusion для генерации вариантов фасадных решений на основе искусственного интеллекта // КиберЛенинка [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-ispolzovaniya-stable-diffusion-dlya-generatsii-variantov-fasadnyh-resheniy-na-osnove-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 13.03.2025).
3. Illustrious: an Open Advanced Illustration Model // Arxiv [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/2409.19946> (дата обращения: 13.03.2025).

*А.В. Кафтунова, студ.; рук. А.В. Зедаина, ст.пр.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПОРТИВНЫХ КЛУБОВ

В современном мире информационные технологии используются практически во всех сферах жизнедеятельности человека. Не является исключением и профессиональный спорт. Профессиональный спортивный клуб – это юридическое лицо, которое является участником профессионального спортивного соревнования или которое заявило в установленном организатором профессионального спортивного соревнования порядке об участии в таком соревновании. Финансируются такие клубы крупными предпринимателями, акционерными компаниями и являются коммерческими предприятиями профессионального спорта. В профессиональных спортивных клубах осуществляются много видов деятельности, которые в свою очередь могут быть оптимизированы с помощью информационных технологий. Пример таких видов деятельности: участие в профессиональных спортивных соревнованиях, взаимодействие с различными субъектами профессионального спорта, организация тренировочного и соревновательного процессов, подготовка спортивного резерва, материально-техническое обеспечение и т.д. [1].

Неотъемлемыми информационными технологиями в деятельности спортивных клубов являются: системы аналитики, системы поддержки принятия решений, цифровизация стадионов, технологии виртуальной и дополненной реальности, системы сбора и обработки обратной связи, гаджеты для сбора данных [2]. Стоит отметить, что это лишь малая часть информационных технологий, которые используются в разнообразной деятельности профессиональных спортивных клубов, т.к. идёт ежедневное развитие и внедрение новых систем. Рассмотрим каждую информационную технологию по отдельности.

Большую роль в деятельности спортивных клубов играют системы аналитики. Они осуществляют замеры показателей организма и определяют, какой у человека потенциал к занятиям спортом. Искусственный интеллект помогает тренерам оценивать новичков и разрабатывать индивидуальные программы тренировок [3]. К этому виду деятельности относятся такие системы как «Catapult» и «Информационно-аналитическая система спортивной медицины (ИАССМ)». Они являются передовыми на рынке и выполняют свои аналитические задачи на высоком уровне.

Из таблицы 1 видно, что научно-исследовательское сопровождение в двух системах финансируется одинаково, чего не скажешь про финансирование модернизации учреждений, у «Catapult» оно гораздо больше, что говорит о большем развитии данной отрасли в конкретной системе. Стоит отметить, что «Catapult» разработана в Австралии, имеет большое количество пользователей, но стоит дороже, чем российский аналог, с примерно такими же показателями.

Таблица 1 – Сравнение систем аналитики

Критерий сравнения	«Catapult»	«Информационно-аналитическая система спортивной медицины (ИАССМ)»
Финансирование модернизации подведомственных учреждений, участвующих в медицинском сопровождении сборных команд, млн.руб.	864	618
Финансирование научно-исследовательского сопровождения спортивной медицины, млн.руб.	200	200
Страна разработки	Австралия	Россия
Количество пользователей, млн.чел.	390	360
Стоимость ПО, млн.руб.	21	19

Ещё одним необходимым видом деятельности профессиональных спортивных клубов является цифровизация стадионов, она включает в себя работу с электронными билетами, организацию входа по биометрии и контроль за порядком на трибунах с помощью видео аналитики [4]. В данном виде деятельности используются такие системы как «Арена-PRO v.3.1» и «Hawk Eye». Большое количество их пользователей говорит, о хорошем уровне выполнения своих задач. Их сравнительный анализ представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение систем цифровизации стадионов

Критерий сравнения	«Арена-PRO v.3.1»	«Hawk Eye»
Время на обработку обращений в службу поддержки, мин.	5	15
Среднее время прохождения через турникеты, мин.	1	10
Страна разработки	Россия	Великобритания
Количество пользователей, млн.чел.	420	214
Стоимость ПО, млн.руб.	39	41

В таблице 2 отражено их среднее время обслуживания. «Арена-PRO v.3.1» показывает следующие результаты: время на обработку обращений в службу поддержки в среднем составляет около 5 минут, а среднее время на прохождение через турникеты составляет менее минуты, из-за отсутствия очередей, при грамотном функционировании информационной технологии. В свою очередь, «Hawk Eye» показал другие результаты: время на обработку обращений в службу поддержки в среднем составляет около 15 минут, что в три раза больше аналога, а среднее время на прохождение через турникеты составляет 10 минут, из-за большого количества очередей, что в 10 раз дольше, чем может предоста-

вить аналог. Таким образом, чем меньше временные показатели, тем лучше работает система, в данном случае «Арена-PRO v.3.1». Отметим, что лидирующая система разработана в России, имеет огромное количество пользователей и дешевле «Hawk Eye».

Также есть информационные технологии, которые обеспечивают функционирование такого вида деятельности как технологии виртуальной и дополненной реальности, использующиеся в трансляциях спортивных матчей, создающие обзор в режиме 360 градусов, чтобы зрители могли рассмотреть важные моменты с разных ракурсов. Чаще всего в данном виде деятельности используются информационные технологии «STRIVR» и «ICAROS».

Преимущества данных систем по некоторым важным критериям представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнение систем технологий виртуальной и дополненной реальности

Критерий сравнения	«STRIVR»	«ICAROS»
Стоимость специального оборудования, тыс.руб.	501	786
Средняя продолжительность работы специального оборудования, год	4	3
Страна разработки	США	Германия
Количество пользователей, млн.чел.	372	361

Из таблицы 3 видно, что «STRIVR» имеет меньшую стоимость и большую продолжительность работы оборудования, что является существенным плюсом при выборе информационной технологии.

Таким образом, внедрение информационных технологий в деятельность профессиональных спортивных клубов делают её удобнее и оптимальнее. Внедрение технологий позволяет производить непрерывную фиксацию и анализ различных показателей спортсмена как в соревновательном, так и в тренировочном и внутренировочном процессах, а также автоматизировать работу больших многофункциональных стадионов. Стоит отметить, что российские системы показывают хороший уровень в системах аналитики, хоть и уступают некоторым зарубежным аналогам, а также имеют высокие показатели эффективности в цифровизации стадионов.

Список литературы

1. Бальсевич В.К. Онтокинезиология человека / В.К. Бальсевич. - Москва : Теория и практика физической культуры, 2000. - 275 с.
2. Матвеев Л.П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты : учеб. для вузов физической культуры / Л.П. Матвеев. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва : Советский спорт, 2010. - 340 с.
3. Организация педагогического контроля физической подготовленности обучающихся на основе применения онлайн-сервиса «АС ФСК ГТО» / А.В. Фурсов, Н.И. Синявский, В.В. Власов, Н.Н. Синявский // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. - 2019. - № 9 (175). - С. 310-315.
4. Чермит К. Д. Теория и методика физической культуры. Опорные схемы : учеб. пособие / К. Д. Чермит. - Москва : Советский спорт, 2005. - 270 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АВТОСЕРВИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В современном мире цифровизация становится ключевым фактором развития различных отраслей, включая автосервисную. Автосервисы, как правило, сталкиваются с множеством вызовов: управление потоком клиентов, планирование работы мастеров, сбор и анализ обратной связи от клиентов. Для решения этих задач все больше компаний внедряют информационные технологии, такие как сайты с форумами для клиентов. В данной статье рассматривается, как разработка такого сайта может помочь оптимизировать производственные процессы автосервиса и повысить его эффективность.

Целью данной статьи является исследование способов оптимизации производственных процессов автосервиса через внедрение информационных технологий, в частности, путем разработки сайта с форумом для клиентов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать проблемы традиционного управления автосервисами.
2. Разработать модели оптимизации процессов (загруженность, расписание).
3. Сравнить эффективность традиционных и ИТ-решений.
4. Рассчитать экономический эффект от внедрения сайта.
5. Обосновать необходимость использования цифровых технологий.

Актуальность использования информационных технологий в автосервисе.

Автосервис можно рассматривать как небольшое производство, где важны эффективность, качество услуг и удовлетворенность клиентов. Однако традиционные подходы к управлению автосервисом часто не учитывают современные потребности клиентов и возможности цифровых технологий. По данным исследования autostat.ru [1], более 80% владельцев автомобилей используют интернет для поиска информации об автосервисах. Это указывает на необходимость создания цифровой платформы, которая позволит улучшить взаимодействие между автосервисом и клиентами.

Основные проблемы, с которыми сталкиваются автосервисы:

- Сложности в управлении записями клиентов.
- Отсутствие эффективного канала для получения обратной связи.
- Низкая прозрачность процессов обслуживания для клиентов.

Разработка сайта с форумом для клиентов может стать решением этих проблем, позволяя автоматизировать многие процессы и улучшить качество обслуживания.

Математическое моделирование процессов автосервиса.

Для анализа работы автосервиса можно использовать математические модели, основанные на данных, собранных через сайт. Например:

1. Прогнозирование загруженности автосервиса.

С помощью анализа данных о времени записи клиентов можно создать модель, которая прогнозирует пиковые периоды загруженности автосервиса. Это позволит оптимизировать расписание работы сотрудников и минимизировать время ожидания клиентов.

Методология:

- Сбор данных о времени записи клиентов за предыдущие месяцы.
- Анализ временных рядов для выявления закономерностей.
- Создание прогнозной модели с использованием методов машинного обучения (например, алгоритм линейной регрессии).

2. Оптимизация расписания работы мастеров

На основе данных о типах выполняемых работ и их продолжительности можно создать модель для оптимального распределения задач между мастерами. Это поможет избежать перегрузки некоторых сотрудников и простой других.

Методология:

- Классификация типов работ (замена масла, ремонт двигателя и т.д.).
- Оценка времени выполнения каждой работы.
- Использование алгоритмов планирования (например, метод ветвей и границ).

3. Анализ обратной связи с форумов

Форум на сайте автосервиса может служить источником данных для анализа удовлетворенности клиентов. С помощью текстовой аналитики можно выявить наиболее распространенные жалобы или предложения.

Методология:

- Сбор отзывов с форума.
- Применение методов естественного языкового обработки (NLP) для анализа тональности отзывов.
- Выявление ключевых тем и проблем.

Сравнительный анализ эффективности традиционных методов управления и использования ИТ-решений.

Для оценки экономической эффективности внедрения сайта с форумом проведем сравнительный анализ между традиционными методами управления автосервисом и современными подходами, основанными на информационных технологиях.

В традиционной модели работы автосервиса все процессы управляются вручную или с минимальным использованием цифровых инструментов. Клиенты записываются по телефону, информация о выполненных работах хранится в бумажных журналах, а обратная связь собирается через анкеты или личное общение [2]. Такой подход имеет ряд недостатков:

- Высокая вероятность ошибок при записи клиентов.

- Сложности в управлении загруженностью мастеров.
- Отсутствие быстрого канала для получения отзывов от клиентов.

Использование информационных технологий:

При внедрении сайта с форумом для клиентов многие из этих проблем решаются автоматически. Рассмотрим ключевые преимущества (таблица 1).

Таблица 1 - Преимущества

Показатель	Традиционный подход	Информационные технологии	Изменение
Время ожидания клиента (в минутах)	45–60	15–20	-70%
Процент ошибок при записи	15–20%	<2%	-90%
Удовлетворенность клиентов (%)	70–75%	90–95%	+20–25%
Среднее время на обслуживание одного клиента (в минутах)	60	45	-25%

Пример расчета экономического эффекта:

Предположим, что средняя стоимость услуги в автосервисе составляет 3000 рублей, а количество клиентов увеличивается на 20% благодаря улучшенному взаимодействию через сайт. Если автосервис обслуживает 100 клиентов в месяц, то дополнительная выручка составит:

Дополнительная выручка = $100 \times 0.2 \times 3000 = 60,000$ рублей/месяц

Кроме того, снижение времени ожидания клиента позволяет увеличить пропускную способность автосервиса, что также приводит к росту доходов.

Количественные показатели экономической эффективности.

Внедрение сайта с форумом для клиентов может принести следующие количественные результаты:

1. Снижение времени ожидания клиентов:
 - До внедрения: 45–60 минут.
 - После внедрения: 15–20 минут.
 - Экономический эффект: Более удовлетворенные клиенты чаще возвращаются, что увеличивает лояльность и повторные обращения.
2. Увеличение количества обслуживаемых клиентов:
 - До внедрения: 100 клиентов/месяц.
 - После внедрения: 120 клиентов/месяц.
 - Экономический эффект: Дополнительная выручка – 60,000 рублей/месяц.
3. Снижение операционных затрат:
 - Автоматизация процессов записи и управления клиентами позволяет сократить нагрузку на администраторов.
 - Оптимизация расписания работы мастеров минимизирует простои.
4. Улучшение качества услуг:

- Анализ отзывов на форуме помогает выявить проблемные зоны и быстро реагировать на них.
- Удовлетворенность клиентов повышается на 20–25%.

Таким образом, разработка сайта автосервиса с форумом для клиентов является эффективным способом оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности бизнеса. Подобные подходы к цифровизации уже показали свою эффективность в других сферах услуг, где внедрение ИТ-решений привело к значительному увеличению доходов и удовлетворенности клиентов [3]. Автосервисная отрасль также может воспользоваться этими преимуществами. Сравнительный анализ демонстрирует значительное преимущество использования информационных технологий перед традиционными методами управления. Внедрение такого решения не только упрощает работу автосервиса, но и делает его более привлекательным для клиентов, что приводит к росту доходов и удовлетворенности пользователей [4].

Список литературы

1. Где россияне ищут информацию об автомобилях? [Электронный ресурс] // АВТОСТАТ: [URL: https://www.autostat.ru/infographics/52447/](https://www.autostat.ru/infographics/52447/) (дата обращения: 08.03.2024).
2. Цифровизация СТО [Электронный ресурс] // Автомобильный портал «Кузов»: [URL: https://kuzov-media.ru/articles/biznes/sto-direktor/tsifrovizatsiya-sto-realnost-ili-neizbezhnost/](https://kuzov-media.ru/articles/biznes/sto-direktor/tsifrovizatsiya-sto-realnost-ili-neizbezhnost/) (дата обращения: 08.03.2024).
3. Технологии цифровизации бизнеса: примеры успешных кейсов [Электронный ресурс] // VC.RU: [URL: https://vc.ru/flood/622520-cto-takoe-informacionnaya-bezopasnost/](https://vc.ru/flood/622520-cto-takoe-informacionnaya-bezopasnost/) (дата обращения: 15.03.2024).
4. Информационная безопасность в ИТ-услугах: ключевые аспекты и риски [Электронный ресурс] // ITGlobal.COM: [URL: https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/risk-info-security/](https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/risk-info-security/) (дата обращения: 12.03.2024).

*А.В. Кожемякин, студ.; рук. О.В. Булыгина, к.э.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПОДБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОСТПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНОЙ ЛОГИКИ

В настоящее время многие организации особое внимание уделяют постпродажному обслуживанию. Этот процесс обеспечивает поддержку клиента после приобретения продукта и характеризуется предоставлением комплекса услуг, который может включать в себя: техническую поддержку, обучение и консультацию персонала, гарантийный и постгарантийный ремонт, техобслуживание, доставку продукта, настройку и ввод в эксплуатацию и прочее. Главной задачей постпродажного обслуживания является создание благоприятных условий для клиента по эксплуатации приобретенного продукта. Такой подход помогает организациям совершенствовать собственный продукт, формировать имидж, повышать лояльность клиентов и улучшать качество взаимодействия с ними.

Для обеспечения постпродажного обслуживания сотрудники организаций используют специализированные информационные системы. Благодаря программным продуктам сокращается время обработки обращений клиентов, отслеживается процесс ремонта и история обращений. Среди примеров отечественного ПО для автоматизации постпродажного обслуживания можно выде-

лить «Seaworks». Программное решение, разработанное ЗАО «Си Проект», позволяет управлять сервисным обслуживанием, в частности ремонтом техники. В основном оно используется организациями, обслуживающими оборудование, применяемое на морских и воздушных судах, а также на заводах и добывающих платформах. Среди функциональных возможностей организация-разработчик выделяет: контроль за выполнением работ по обслуживанию оборудования, отслеживание остаточного ресурса, определение времени использования техники, сбор и анализ неисправностей для определения их причин [1].

Универсальным отраслевым решением для ремонта оборудования является «1С: ТОИР Управление ремонтами и обслуживанием оборудования». Программный продукт позволяет вести справочники объектов ремонта, запчастей, видов дефектов; детально планировать графики технического обслуживания, с учетом трудовых ресурсов и потребностей в запчастях; составлять отчетные документы по форме. Отличительной чертой выступает возможность интеграции с другими продуктами «1С» [2].

Система управления процессами поддержки и сервисного обслуживания «Okdesk» разработана одноименной российской организацией в 2015 году. Программное обеспечение предоставляет возможность по обработке запросов клиентов сразу из 8 каналов коммуникации. Система также обеспечивает: создание списка услуг с указанием их стоимости, сохранение истории взаимодействия с клиентами, учет по различным аспектам, планирование, аналитику и составление отчетов. «Okdesk» может быть доступен через мобильное приложение и интегрирован с большим числом сервисов [3].

Рассмотренные системы решают типовые задачи, однако в условиях конкретных организаций их функциональных возможностей может быть недостаточно. Предприятия вынуждены адаптировать программное обеспечение под свои потребности, затрачивая дополнительные ресурсы. В некоторых случаях, разработка собственного продукта будет наиболее выгодна.

На примере приборостроительного предприятия АО «Висом», занимающегося производством систем управления вибрационными испытаниями (СУВ), проведем анализ и определим основные требования к возможностям информационной системы для постпродажного обслуживания. Продукты организации (СУВ, автономные регистраторы и виброметры, акустическое оборудование, усилители, датчики, программное обеспечение) используются в различных отраслях: авиапромышленность, автопромышленность, станкостроение, вагоностроение, электроэнергетика, испытания резиновых покрытий и другие. Они позволяют обнаруживать дефекты в конструкциях, проводить первичные и периодические проверки, калибровать датчики, шумомеры и микрофоны. АО «Висом» предоставляет услуги постпродажного обслуживания: проверка оборудования, с отслеживанием статуса онлайн; выдача аналогичного подменного устройства на время обслуживания; продление гарантийного срока; гарантийный и постгарантийный ремонт; информационную поддержку при пусконаладочных работах, в частности консультации по настройке программного обеспечения; обучение работе с оборудованием; доставка оборудования [4].

Информационная система постпродажного обслуживания для АО «Висом» должна содержать следующие модули: клиенты и договоры, оборудование, обращения и ремонт, техническая поддержка и обучение, аналитика. Помимо основной функции по ведению учета, система должна обеспечивать автоматизацию процесса заключения договоров, а также отслеживание сроков гарантии, напоминания о необходимости проведения проверок, регистрацию обращений, отслеживание статуса ремонта, фиксацию причин возникновения дефектов и формирование различных отчетов. Кроме того, необходим доступ к документации по настройке и типовым ошибкам клиентов.

Для подбора информационной системы можно воспользоваться различными инструментами: деревом решений, ассоциативными правилами, нелинейной логикой. Дерево решений позволяет последовательно отсеять неподходящие варианты, путем однозначных ответов на вопрос. Примером для подбора ИС могут служить вопросы: соответствует ли система отраслевой специфике; имеется ли интеграция с «1С»; стоимость системы менее 100000 рублей. Стоит учитывать, что вопросы должны быть ранжированы по приоритету. Ассоциативные правила основываются на статистических закономерностях, для их составления нужны исторические данные организации. Правила отражают предполагаемые зависимости между фактами: если система интегрируется с «1С», то существует 70% вероятность совместимости с бухгалтерией предприятия; если есть мобильное приложение, то повышается удобство сотрудников сервиса в 82% случаев. Метод нелинейной логики позволяет получить комплексную оценку какой-либо системы с учетом закономерностей всех ее характеристик. Полученная оценка может использоваться для поддержки принятия решения. При этом в случае оценки информационной системы пользователь может задавать весовые коэффициенты характеристик (функций). Можно привести следующий пример: если оценка о напоминание проведения проверки меньше 0,5, то оценка отслеживания срока гарантии обнуляется [5]. Возможности, преимущества и недостатки инструментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение инструментов

Инструмент	Возможности	Преимущество	Недостаток
Дерево решений	Последовательный отбор систем на основе критериев	Быстрое исключение неподходящих вариантов. Наглядность	Не учитывается комбинация критериев
Ассоциативные правила	Выявление статистических связей между параметрами	Обнаружение неочевидных зависимостей	Требуется большой объем данных. Риск ложных выводов
Нелинейная логика	Расчет оценки системы через формулы с весами и нелинейными зависимостями	Учет всех критериев одновременно. Ранжирование вариантов	Субъективность в назначении весовых коэффициентов

Воспользуемся методом нелинейной логики и оценим информационные системы постпродажного обслуживания по ранее выделенным критериям. Результат отображен в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка систем по взвешенным критериям

Критерий	Вес	Seaworks	1C: ТОИР	Okdesk
Учет клиентов, оборудования, ремонтов, договоров, дефектов	0,25	0,7	0,9	0,7
Автоматизация заключения договоров	0,15	0,5	0,7	0,6
Отслеживание срока гарантии	0,1	0,8	0,8	0,5
Напоминание о необходимости проведения проверок	0,05	0,9	0,7	0,4
Регистрация обращений	0,15	0,4	0,4	0,9
Отслеживание статуса ремонта	0,15	0,8	0,8	0,6
Аналитика	0,1	0,8	0,7	0,7
Доступ к документации по настройке	0,05	0,4	0,4	0,8

После перемножения весовых коэффициентов на оценки критериев программного обеспечения, получается следующий результат: Seaworks имеет 0,655, «1C: ТОИР» – 0,715, «Okdesk» – 0,67, что свидетельствует о рекомендации выбора продукта от «1C», он обладает хорошим основным функционалом, но уступает в вопросах регистрации обращений и документации по настройке. В оценку не был включен критерий стоимости, поскольку два разработчика предоставляют информацию по запросу.

С учетом сказанного, можно сделать вывод о том, что метод нелинейной логики целесообразно использовать, когда требуется учесть несколько критериев. В то же время следует отметить недостаток, связанный с высокой субъективностью решений, полученных при использовании мнения только одного эксперта. Для разрешения этой проблемы следует агрегировать оценки, которые определяются группой экспертов.

Список литературы

- 1 Программный комплекс Seaworks [Электронный ресурс] // seaproject. URL: <https://seaproject.ru/seaworks> (дата обращения: 15.03.2025)
- 2 1C:ТОИР Управление ремонтами и обслуживанием оборудования [Электронный ресурс] // 1c. URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/eam> (дата обращения: 15.03.2025)
- 3 Help desk система учёта заявок Okdesk [Электронный ресурс] // okdesk. URL: <https://okdesk.ru/> (дата обращения: 15.03.2025)
- 4 Приборостроительное предприятие «Висом» [Электронный ресурс] // visom. URL: <https://visom.ru/> (дата обращения: 16.03.2025)
- 5 Шевнина Ю.С. Метод оценки состояния нелинейной системы на основе логического анализа данных // Известия вузов. Электроника. 2022. 27(3). С. 407-415.

*Н.В. Кондратенко, студ.; рук Н.П. Прокуденков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ ВЫБОРА ПЛАТФОРМЫ ASP.NET CORE MVC ДЛЯ РАЗРАБОТКИ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

В современном мире web-разработки выбор подходящей платформы для создания приложений является ключевым фактором успеха. В последние годы популярность платформы ASP.NET Core MVC среди разработчиков неуклонно растёт, что обусловлено рядом факторов, делающих её привлекательной для создания как небольших проектов, так и крупных корпоративных решений.

ASP.NET Core MVC представляет собой мощный фреймворк для построения современных web-приложений, который сочетает в себе гибкость, производительность и широкий набор функциональных возможностей.

В данной статье проводится анализ ключевых факторов, благодаря которым платформа ASP.NET Core MVC имеет положительную динамику выбора среди web-разработчиков в качестве основы для своего проекта. Рассмотрим основные из них:

1. Архитектурный паттерн MVC.

Model-View-Controller (MVC) – архитектурный паттерн, позволяющий разделить приложение на три основных компонента [1]:

- Модель (Model) – содержит данные приложения и логику работы с ними
- Представление (View) – отвечает за отображение данных пользователю
- Контроллер (Controller) – обрабатывает запросы пользователя, управляя потоком данных между Моделью и Представлением

Основная цель MVC – сделать код понятным и разделить ответственность. MVC часто используется в веб-разработке, чтобы отделить пользовательский интерфейс от логики бизнес-процессов. Такой подход упрощает разработку и поддержку приложений, делая код более структурированным и понятным [2].

Преимущества:

- Чёткое разделение ответственности: MVC упрощает поддержку и масштабирование приложения, так как каждый компонент выполняет свою задачу
- Упрощение тестирования: благодаря разделению кода, разработчики могут легко тестировать отдельные компоненты
- Гибкость: разработчики могут изменять один компонент, не затрагивая другие, что ускоряет процесс разработки и внесения изменений

2. Технология ORM.

Object-Relational Mapping (ORM) – механизм, который позволяет создать связь между объектами кода и реляционной базой данных. С помощью ORM разработчик может взаимодействовать с объектами, не задумываясь, где и каким образом хранятся данные.

Entity Framework Core (EF Core) – ORM-технология, созданная компанией Microsoft для платформы ASP.NET, которая позволяет работать с базой данных, используя объекты и классы вместо прямого написания SQL-запросов [2].

Преимущества:

- Упрощение работы с базой данных: разработчикам не нужно писать сложные SQL-запросы вручную, что ускоряет процесс разработки
- Миграции: EF Core предоставляет инструменты для автоматического создания и обновления структуры базы данных, что упрощает поддержку приложения
- Поддержка различных СУБД: EF Core поддерживает множество баз данных, что делает платформу универсальной

3. Встроенные меры безопасности.

ASP.NET Core предоставляет встроенные механизмы для комплексного обеспечения безопасности, такие как [2]:

- Валидация данных – процесс проверки данных различных типов по критериям корректности и полезности для конкретного применения
- Аутентификация и авторизация – процессы установления подлинности личности пользователя и проверки прав пользователя на доступ к информации
- Защита от атак – комплекс мер, направленных на предотвращение вредоносной активности и обеспечение стабильности работы ресурсов

Преимущества:

- Валидация данных: встроенные атрибуты валидации позволяют легко проверять данные на стороне сервера и клиента, что снижает риск ошибок и уязвимостей
- Аутентификация и авторизация: поддержка различных схем аутентификации и встроенная система Identity упрощают реализацию безопасности в приложениях
- Защита от атак: ASP.NET Core предоставляет защиту от распространённых атак, таких как CSRF (межсайтовая подделка запроса) и XSS (межсайтовый скриптинг)

4. Маршрутизация – механизм, сопоставляющий введённые URL-адреса с определёнными контроллерами и действиями в приложении, что позволяет создавать удобные и читаемые URL-адреса, которые соответствуют структуре приложения.

Маршрутизация может быть настроена как через атрибуты, так и через конфигурацию в коде, что делает её адаптируемой под различные сценарии использования [1].

Преимущества:

- Гибкость настройки URL: разработчики могут легко настраивать маршруты, создавая понятные URL
- Упрощение навигации: чёткая структура маршрутов делает приложение более понятным для разработчиков и пользователей

5. Модульная архитектура – принцип разделения приложения на более мелкие взаимозаменяемые компоненты (модули), где каждый модуль отвечает за определённую функциональность, позволяя разработчикам редактировать, заменять или улучшать части приложения без влияния на другие области.

ASP.NET Core поддерживает модульную архитектуру, где каждый компонент может быть добавлен или удалён в зависимости от потребностей проекта, что делает его гибким и легко расширяемым [1].

Преимущества:

- Гибкость: разработчики могут использовать только те компоненты, которые необходимы для конкретного проекта, что снижает нагрузку на приложение
- Масштабируемость: модульность позволяет легко обновлять или заменять отдельные части приложения без необходимости переписывать весь код

6. Кроссплатформенность – способность программного обеспечения, приложений или систем работать на нескольких операционных системах или устройствах без необходимости значительных изменений в их коде или функционале

Кроссплатформенность ASP.NET Core – одна из ключевых особенностей фреймворка, разработанного компанией Microsoft на базе ASP.NET, позволяющая запускать приложения на различных операционных системах, включая Windows, Linux и macOS [2].

Преимущества:

- Широкая поддержка ОС: разработчики могут использовать ASP.NET Core независимо от операционной системы, что особенно важно в командах с разнородными средами разработки
- Развёртывание на любых серверах: возможность запускать приложения на Linux-серверах снижает затраты на инфраструктуру

На основе проведённого анализа ключевых факторов выбора платформы ASP.NET Core MVC можно сделать вывод, что данный фреймворк является высокоэффективной платформой для разработки современных web-приложений.

Его архитектура, встроенные механизмы безопасности, гибкость маршрутизации и модульность делают её универсальным инструментом для создания как небольших проектов, так и крупных корпоративных решений.

Кроссплатформенность и поддержка современных технологий, таких как Entity Framework Core, позволяют разработчикам эффективно работать в различных средах и масштабировать приложения в зависимости от потребностей бизнеса.

Всё это делает ASP.NET Core MVC предпочтительным выбором для разработчиков, стремящихся создавать производительные, безопасные и легко поддерживаемые приложения.

Список литературы

4. Фримен, А. ASP.NET Core MVC 2 с примерами на C# для профессионалов, 7-е изд. / А. Фримен; пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2019. – 1008 с.: ил.
5. ASP.NET Core Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-7.0> (дата обращения: 15.03.2025).

*М.В. Круглякова, студ.; рук. О.В. Булыгина, к.э.н.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО НАРУШИТЕЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Одним из путей выявления инцидентов информационной безопасности (ИБ) и уязвимостей в информационных системах организаций является анализ накопленных данных по произошедшим ранее событиям. Ретроспективный анализ широко используется во многих предметных областях. В приложении к защите информации этот инструмент позволяет выявить скомпрометированные ресурсы, определить процессы и средства, которые оказались неэффективными для предотвращения действий злоумышленников. Впоследствии эти знания

применяются для улучшения процессов и процедур, настройки более строгих политик безопасности. На основе ретроспективного анализа событий информационной безопасности решаются задачи идентификации угроз, связанных с действиями (поведением) пользователей. Согласно статистике Минцифры, около 70% утечек персональных данных и информации ограниченного доступа исходит от внутренних нарушителей. Инсайдер, выступающий в роли субъекта угрозы, обладает доступом к корпоративной информации и повышенными привилегиями, что может повлечь бóльший ущерб для организации, чем действия внешнего нарушителя.

В документе «Методика оценки угроз безопасности информации», утвержденном ФСТЭК 05.02.2021, уточняется понятие внутреннего нарушителя и приводятся основные их виды, подлежащие оценке: авторизованные пользователи, администраторы систем и безопасности, поставщики услуг, сотрудники на временной основе, административный и технический персонал. Отдельно подчеркивается тот факт, что уровень возможностей нарушения ИБ определяется совокупностью индивидуальных особенностей: компетентность, наличие доступа к информационным ресурсам, мотивация к осуществлению противоправных действий. Перспективным инструментом для оценки надежности и безопасности информационных систем является проактивный поиск внутренних угроз и анализ поведения потенциальных внутренних нарушителей (пользователей информационных систем), одним из этапов которого является сопоставление сформированных профилей пользователей с моделями нарушителей ИБ.

На рынке программного обеспечения сегодня имеются решения для мониторинга действий пользователей в режиме реального времени и проведения ретроспективного анализа накопленных массивов данных. Это системы UEBA/UBA (User [and Entity] Behavior Analytics - технологии поведенческого анализа), расширения и модули SIEM-систем (Security Information and Event Management - решения, применяемые для управления событиями безопасности), DLP-систем (Data Loss Prevention - системы предотвращения утечек информации). Высокая стоимость перечисленного программного обеспечения ограничивает возможность его использования для небольших предприятий, на которых нарушения состояния защищенности так же неприемлемы, как и в крупных корпорациях. Таким образом, возникает проблема эффективного применения содержательных моделей нарушителей ИБ для прогнозирования инцидентов с опорой на результаты анализа профилей пользователей системы, составленных из накопленных данных.

Эффективность исследования потенциальных нарушителей зависит от доступности, полноты и точности данных, предлагаемых к анализу. За время деятельности каждого пользователя в информационной системе в журналах многих программ формируются протоколы действий. Даже без применения DLP-систем, предназначенных для мониторинга действий сотрудников, на рабочих станциях ведется запись журналов событий операционной системы и событий безопасности, сетевое оборудование и брандмауэры логируют сетевую актив-

ность, действия, происходящие на сервере, фиксируются в логах доступа, безопасности, ошибок и производительности. Помимо этого, информацию можно получить из систем резервного копирования, антивирусных и защитных приложений.

Соглашаясь с Муравьевым Н.С. и Астаховой Л.В. [1], под профилированием будем понимать деятельность по сбору и накоплению сведений о пользователях информационной системы с целью предсказания их поведения. Результатом профилирования является набор данных, полученных с помощью технических решений из источников, перечисленных выше, и социальных инструментов (опросы, тесты, внешние проверки формируют сведения о социальных, культурных и психологических чертах человека).

Выводы о соответствии поведения пользователя стандартам безопасности для конкретной организации строятся с использованием критериев оценки, установленных в корпоративной политике ИБ. К ним могут относиться: сведения о попытках получения доступа к конфиденциальной информации, сетевой активности, подключении к инфраструктуре съемных носителей, практика парольной безопасности, периодичность резервного копирования и другие [1, 2]. Для проведения дальнейшего анализа такую статистику по каждому пользователю необходимо обработать: произвести классификацию элементов поведения, построить отображение, позволяющее описать зависимость между зафиксированными действиями пользователя в системе с личностными качествами и сопоставить полученные количественные показатели со значениями критериев профилирования.

Высокую эффективность для решения описанной задачи при одновременной обработке и фильтрации данных для снижения объективной неопределенности показали методы интеллектуального анализа данных на основе нечетких систем. Для указанной задачи предлагается использование адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS на базе нечетких правил, в том числе благодаря возможности произвести анализ поведения пользователей в динамике.

В результате применения нейро-нечеткого классификатора данные профиля пользователя обновляются соответственно комплексу показателей (индекс личностных качеств). Вместе с тем, требования ФСТЭК определяют модель нарушителя ИБ как набор характеристик, включающий возможности осуществления атак и ограничения этих возможностей. На предприятиях производят разработку модели(ей) нарушителей в привязке к ИТ-особенностям (архитектура системы, принятые политики, установленные процессы и т.д.) и структурируют их для получения представлений о возможных методах нарушения ИБ. Потенциального нарушителя характеризуют такие атрибуты высокого уровня, как мотивация, уровень доступа в информационной системе, наличие технических и материальных средств, уровень компетенций.

Следующим этапом является сопоставление признаков пользователя, приоритизированных в его профиле, и моделей нарушителей, разработанных и используемых в организации. Атрибуты модели нарушителя могут быть вычислены на основе свойств профиля, поэтому для классификации применима мно-

гослойная нейронная сеть, которая будет использовать различные методы обработки данных. В качестве базовой структуры можно организовать пятислойную нейронную сеть (входной слой, три скрытых, выходной) [3]. Входными данными для сети являются векторы признаков профиля, которые для улучшения обучения сети требуется предварительно нормализовать, например, посредством Min-Max Scaling. Помимо результатов вычислений ANFIS, входными параметрами нейросети являются метрики пользовательской активности, результаты OSINT-анализа. Для предотвращения переобучения между скрытыми слоями рекомендуют использовать метод регуляризации Dropout. Для технической реализации описанной структуры нейронной сети могут быть задействованы библиотеки машинного обучения TensorFlow, Keras, Scikit-Learn на языке программирования Python. Структура описанного решения схематично представлена на рисунке 1.

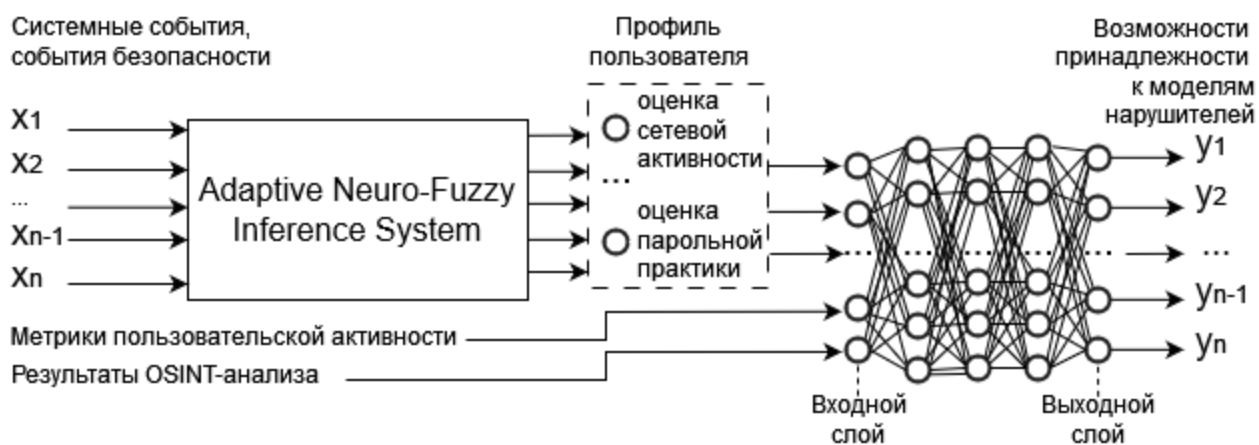


Рисунок 1 - Общий вид механизма анализа соответствия профилей пользователей моделям внутренних нарушителей

Применение механизма профилирования пользователей информационных систем совместно с анализом соответствия профилей моделям нарушителей позволит построить автоматизированную систему предупреждения и выявления угроз безопасности, исходящих от внутренних нарушителей, с минимальной необходимостью в экспертных оценках. Алгоритмы направлены на извлечение признаков потенциальных нарушителей и идентификацию подозрительного поведения пользователя, попытки получения им информации с ограниченным доступом. Далее профиль можно проанализировать с целью выяснения, какой модели нарушителя он соответствует. В качестве результата ожидается факт установления уязвимостей в системе защиты информации, которые ранее не были учтены, или отнесение пользователя к уже рассмотренной модели нарушителя.

Описанное решение целесообразно реализовать в виде программного модуля в дополнение к действующей системе обеспечения безопасности. Кроме того, интеграция с различными системами (SIEM-системы, системы логирования и мониторинга) способствует получению информации из других источни-

ков. Методы интеллектуального анализа данных, такие как нечеткие системы и нейронные сети, повышают эффективность, так как эти технологии применимы для более глубокого анализа, чем ручное исследование на основе традиционных методов.

Таким образом, для выявления инцидентов ИБ в информационных системах может быть применен ретроспективный анализ. Программы, осуществляющие анализ поведения пользователей, становятся мощным инструментом идентификации угроз, исходящих от внутренних нарушителей. Дальнейшее направление исследования может быть связано с анализом эффективности применения моделей машинного обучения для решения задачи прогнозирования инцидентов ИБ на основе профилей пользователей информационной системы.

Список литературы

1. Муравьев Н.С., Астахова Л.В. Профилактика инцидентов информационной безопасности на основе профилирования пользователей: программно-технический аспект // Вестник УрФО. 2018. № 1 (27). С.65-70.
2. Беззатеев С.В., Елина Т.Н., Мыльников В.А., Лившиц И.И. Методика оценки рисков информационных систем на основе анализа поведения пользователей и инцидентов информационной безопасности // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21. № 4. С. 553–561.
3. Сизов В.А., Киров А.Д. Метод двухэтапной нечеткой кластеризации инцидентов кибербезопасности для субъектов экономической деятельности // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 5(107). С. 77-90.

*А.А. Кудрявцева, студ.; рук Н.П. Прокуденков, к. т. н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСТРАКТИВНЫХ, АБСТРАКТИВНЫХ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕФЕРИРОВАНИЯ ТЕКСТА

В период значительного увеличения объемов информации, когда текстовые данные расширяются в геометрической прогрессии, технологии автоматического реферирования приобретают повышенную значимость. Возможность оперативно и результативно выделять главное содержание из обширных текстовых массивов становится все более необходимой в разнообразных областях: от выработки стратегически значимых решений в коммерческой деятельности и проведения научных изысканий до оптимизации ежедневных операций с информацией.

В настоящее время существует значительное количество методик, ориентированных на решение комплексной задачи автоматического реферирования текста. Данные методики принято классифицировать на три основные группы, каждая из которых обладает индивидуальным набором характеристик и особенностей. К этим группам относятся экстрактивные, абстрактивные и гибридные подходы.

В последующих разделах работы представлен подробный анализ ключевых подходов к автоматизированному реферированию текста. Характеристика каждой категории включает в себя раскрытие базовых принципов функционирования, анализ наиболее часто используемых алгоритмов и техник, а также иллюстрации успешного применения при решении разнообразных задач.

В качестве начального этапа автоматического реферирования зачастую применяются экстрактивные методы. Их востребованность объясняется сравнительной легкостью реализации и интерпретации полученных данных.

Основная идея экстрактивного реферирования заключается в автоматизированном выборе наиболее важных высказываний из исходного текста для создания краткого обзора. Данный подход исходит из предположения, что ключевая информация уже присутствует в тексте, и задача состоит исключительно в её обнаружении и извлечении. Для оценки значимости высказываний используются различные показатели, такие как частота употребления ключевых слов (TF-IDF), присутствие индикаторных выражений, местоположение высказывания в тексте и связь с другими высказываниями. Отобранные высказывания включаются в обзор в той же последовательности, в которой они находятся в исходном тексте, без какого-либо перефразирования или изменения содержания [3].

Одним из основных достоинств экстрактивных методов является их вычислительная эффективность и легкость осуществления, что обуславливает возможность применения для обработки значительных объемов текстовой информации при ограниченных ресурсах. Создание обзора на основе высказываний, непосредственно извлеченных из исходного текста, обеспечивает грамматическую правильность и сохранение фактической точности. Тем не менее, необходимо отметить, что отсутствие механизмов перефразирования и обобщения является значительным ограничением экстрактивных методов. Это может приводить к уменьшению связности обзора и неспособности выделить наиболее важные концепции, содержащиеся в исходном тексте. Более того, качество создаваемого обзора в значительной степени зависит от качества исходного текста, что необходимо учитывать при выборе данного подхода.

В силу своей простоты и скорости, экстрактивные методы широко применяются в задачах, где требуется оперативная обработка больших объемов текста и создание кратких обзоров, но не предъявляются высокие требования к стилистической согласованности и глубине анализа. Примерами таких задач являются автоматическое создание аннотаций к новостным статьям, поисковая оптимизация, отслеживание социальных сетей и анализ отзывов потребителей.[2]

Абстрактное реферирование представляет собой более комплексный и развитый подход к автоматизированному созданию кратких обзоров, который предусматривает не просто извлечение существующих высказываний из исходного текста, а формирование нового текста, отражающего основную суть документа. Это реализуется посредством применения методов обработки естественного языка, позволяющих анализировать семантику текста, выявлять ключевые понятия и взаимосвязи между ними, а затем синтезировать новую, более сжатую версию, сохраняющую смысл оригинала. В основе абстрактного реферирования лежат сложные модели машинного обучения, в частности, модели Sequence-to-Sequence с механизмами внимания и архитектуры Transformer.

Абстрактивные методы обладают рядом значительных достоинств, включая способность к созданию более связанных и согласованных кратких обзоров, улучшенную передачу основных идей за счет перефразирования и обобщения, а также независимость от качества исходного текста, что позволяет формировать информативные краткие обзоры даже для плохо структурированных документов. Кроме того, они обладают способностью к инференции. Наряду с этим, реализация абстрактивных методов связана со значительными трудностями. Ключевыми недостатками являются высокие требования к вычислительным ресурсам и объемам размеченных данных для обучения моделей машинного обучения, вероятность создания грамматически некорректных или семантически неточных высказываний, а также возможность появления «галлюцинаций», то есть формирования информации, не содержащейся в исходном тексте.

Абстрактивные методы находят применение в задачах, где требуется высокое качество краткого обзора и возможность обобщения информации, а также где важна связность и читабельность итогового текста. Примерами таких задач являются автоматическое реферирование научных статей, создание кратких обзоров книг и кинофильмов, а также формирование персонализированных новостных подборок.

Комбинированные методы автоматизированного реферирования представляют собой сбалансированный подход, объединяющий в себе элементы экстрактивных и абстрактивных техник. Они направлены на объединение достоинств обоих подходов, минимизируя их недостатки. Как правило, комбинированные методы включают в себя этап извлечения наиболее важных фрагментов текста (экстрактивные методы) и последующую обработку этих фрагментов с применением техник абстрактивного реферирования. Существуют различные способы реализации комбинированного подхода, в зависимости от того, какие именно техники экстракции и абстракции используются и в какой последовательности они применяются.[4]

Комбинированные методы позволяют формировать более качественные и информативные краткие обзоры, объединяя преимущества экстрактивных и абстрактивных подходов. Экстракция обеспечивает точность и минимизирует риск недостоверности, а абстрагирование улучшает связность, согласованность и читабельность, адаптируя краткий обзор к потребностям пользователя. Комбинированные методы более гибки в настройке баланса между точностью и обобщением. Тем не менее, они сложнее в реализации, требуют больше ресурсов и наследуют недостатки абстрактивных методов, включая необходимость больших объемов данных и риск создания неточностей. Настройка таких систем требует глубокого понимания обоих подходов.

Среди комбинированных методов можно выделить несколько основных категорий, различающихся способом сочетания экстрактивных и абстрактивных техник. Различные комбинированные методы позволяют достигать различных компромиссов между точностью, связностью и глубиной анализа текста. Далее вкратце будет рассмотрена каждая из этих категорий.

Метод «экстракция и перефразирование» объединяет экстракцию наиболее значимых высказываний с последующим их перефразированием для улучшения связности и стилистики. Достоинства: сохранение фактической точности и повышение связности. Недостатки: зависимость от эффективности экстрактивного этапа и вычислительная сложность.

Метод «абстракция и экстракция» предполагает формирование предварительного краткого обзора абстрактивными методами с последующим добавлением важных деталей, извлеченных экстрактивно.

Иерархический подход находит применение в задачах, где требуется сбалансированное сочетание точности, информативности и читабельности краткого обзора. Примерами таких задач являются автоматическое реферирование научных и технических документов, создание кратких обзоров сложных тем, а также формирование персонализированных новостных подборок для профессионалов [1].

Таблица 1 – Сравнения методов реферирования текста

Характеристика	Экстрактивные методы	Абстрактивные методы	Гибридные методы
Принцип работы	Отбор предложений из исходного текста	Генерация нового текста	Комбинация отбора и генерации
Преимущества	Простота, скорость, точность	Связность, читабельность, обобщение	Баланс точности, связности и глубины анализа
Недостатки	Отсутствие связности, не обобщают	Сложность, ресурсоемкость, риск ошибок	Сложность реализации, ресурсоемкость
Области применения	Новости, мониторинг, поиск	Обзоры, рефераты, дайджесты	Научные статьи, технические документы

Из представленной информации (таблица 1) следует, что экстрактивные методы отличаются простотой реализации, высокой скоростью обработки и точностью передачи фактической информации, однако они не обладают способностью к обобщению и перефразированию, что может оказывать негативное влияние на связность и читабельность краткого обзора. Абстрактивные методы, в свою очередь, позволяют формировать более связанные, согласованные и информативные краткие обзоры, но требуют значительных вычислительных ресурсов и связаны с риском генерации грамматически некорректных или семантически неточных высказываний. Комбинированные методы представляют собой компромиссный подход, объединяющий в себе достоинства экстрактивных и абстрактивных техник и позволяющий достигать оптимального баланса между точностью, связностью и глубиной анализа.

Список литературы

1. Inderjeet Mani. Automatic Summarization. // «John Benjamins Publishing Company», 2001.
2. Karen Sparck Jones. Automatic summarising: The state of the art. // Information Processing & Management, 2007.
3. Nishant Gambhir, Vineet Gupta. Recent trends in automatic text summarization: A survey. // Artificial Intelligence Review, 2017.
4. Walaa Samir El-Kassas, Mohamed S. Salama, Ahmed Adel Rafea. A survey of text summarization. // Information Processing & Management, 2021.

MICROSOFT SQL SERVER И MYSQL: ОСОБЕННОСТИ И ОТЛИЧИЯ

База данных представляет собой самостоятельное хранилище данных, организованное таким образом, чтобы его можно было легко и эффективно сохранить, изменить или найти на компьютере. Они подразделяются на разные типы, но самыми популярными являются реляционные. В реляционных базах данных, информация представлена в виде таблиц и позволяет быстро и эффективно работать с упорядоченными данными. Данный тип баз данных является более перспективным и удобным для проектирования и использования во многих приложениях и системах.

По мере развития информационных технологий, а также с увеличением объёмов данных, выбор системы управления базами данных (СУБД) является важным и одним из ключевых задач для предприятий и разработчиков программного обеспечения.

В рамках сравнительного анализа, а также для обоснования выбора в зависимости от требований, задач, а также области применения, рассмотрим наиболее популярные СУБД: Microsoft SQL Server и MySQL, которые используются во многих сферах. Каждая из этих СУБД обладает определёнными достоинствами и недостатками, предназначениями, функциями, особенностями.

Каждая из этих СУБД использует SQL — Structured Query Language, язык структурированных запросов, который используется для доступа к информации в базе данных, посредством управления и извлечения данных.

SQL Server – это одна из популярных, полноценных, комплексных систем управления базами данных, разработанная корпорацией Microsoft, предоставляющая значительный диапазон функциональных и инструментальных возможностей для организации хранения, создания и управления данными. Одной из главных функций и отличительной особенностью данной системы является хранение и доступ к предоставлению данных для других приложений, вне зависимости от расположения на компьютере, сервере или удалённых устройств в сети, которая находит применение на предприятиях для содержания и управления информацией посредством запросов, предоставляя возможность добавления, удаления, редактирования и обновления записей. Примечательно для корпоративных организаций, данная СУБД поддерживает взаимодействие с остальными программными продуктами от Microsoft, например для среды разработки ПО - Visual Studio, для организации интерфейса распределённой базы данных и работы с данными при помощи модели объектно-ориентированной технологии Entity Framework.

MySQL – это одна из распространённых систем управления базами данных, которая используется программистами веб-сайтов и мобильных приложений, разработанная корпорацией Oracle. Данная СУБД бесплатная, однако для использования в коммерческих организациях требуется приобрести лицензию GPL. Поддерживает различные операционные системы. Обладает универсаль-

ностью, для удобства использования с востребованными языками программирования: Java, Python и т.д.[1] Что касается целостности и сохранности информации, то MySQL предлагает мощный контроль безопасности данных, которая получает права доступа на табличном уровне, что важно в корпоративных сферах.[2]

В таблице 1 представлено сравнение особенностей СУБД Microsoft SQL Server и MySQL.

Таблица 1 – сравнение особенностей Microsoft SQL Server и MySQL

Отличия/СУБД	Microsoft SQL Server	MySQL
Поддерживаемые ОС	Так как СУБД разработана Microsoft, она также совместима с ОС Linux	Совместим для работы с несколькими ОС: Windows, Linux, macOS
Масштабируемость	Оптимально подходит для крупных организаций с сложными требованиями к данным	Благодаря масштабируемости является одной из отличительных черт, которая эффективно обрабатывает данные, преимущественно больших объёмов
Область применения	В большинстве случаев находит применение в разработке автоматизированных информационных систем и комплексах, финансовых приложениях, а также в приложениях баз данных	Используется для поддержки веб-сайтов и мобильных приложений
Эффективность	Обеспечивает высокую производительность, которая требовательна к техническим ресурсам и оборудованию	Подходит для высокопроизводительной обработки данных, где в совокупности способен легко обрабатывать сайты, а также приложения с высоким расходом трафика
Безопасность	Помимо функций, которые также присутствуют и в MySQL, SQL Server предлагает более продвинутое функции безопасности, такие как прозрачное шифрование данных и постоянные группы доступности	Предлагают надежные функции безопасности, такие как аутентификация пользователей, контроль доступа и шифрование
Стоимость	Требует лицензии для каждого экземпляра и может быть более дорогим, однако также присутствует бесплатная редакция Community Edition. Например лицензия Microsoft SQL Server 2022 Standart ESD 15 на сегодняшний день стоит 36 990 руб.	Имеет открытый исходный код и бесплатна для использования, за исключением корпоративной версии MySQL, где услуги коммерческой поддержки могут стоить дорого
Механизмы хранения	Предлагает узкий спектр механизмов хранения, например методом страниц и файлов, файлы журнала, в которых фиксируется вся информация о транзакциях, кластерные индексы, упорядо-	Предлагает более широкий спектр механизмов хранения по сравнению с SQL Server, что обеспечивает большую гибкость при оптимизации производительности, а также при различ-

	ченная таблица, хранящая в себе все колонки таблицы	ных рабочих нагрузках с данными

В ходе проведённого сравнительного анализа были рассмотрены известные СУБД, которые пользуются программистами для разработки и проектирования приложений в разных сферах и областях применения, а также проанализированы отличительные особенности, достоинства и недостатки. Данное сравнение позволит выбрать разработчикам и организациям наиболее подходящие СУБД исходя от задач и требований пользователей. Стоит отметить, что MS SQL Server больше подходит для разработки в корпоративных системах, где требуется высокая надёжность, а также интеграция с другими программами от Microsoft, что также является преимуществом, несмотря на затраты лицензии. Однако MySQL, как система, где любой разработчик может настроить и улучшить под свои задачи, требования, благодаря открытому исходному коду. Простота использования, гибкость, доступность и поддержка известных ОС позволит быстро находить решения и внедрять новые технологии в веб сайты или мобильные приложения.

Список литературы

1. MySQL и SQL Server: полное руководство по сравнению (2025) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.astera.com/ru/knowledge-center/mysql-sql-server/> (Дата обращения: 06.03.2025)
2. Разница между MySQL и MS SQL Server [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.534eda15-67c9f83f-80092c11-74722d776562/https/www.geeksforgeeks.org/difference-between-mysql-and-ms-sql-server/ (Дата обращения 06.03.2025)
3. Что такое SQL Server Management Studio (SSMS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver15> (Дата обращения: 06.03.2025)

*Д.О. Лабусова, студ.; рук. М.А. Свириденкова к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МЕТОДЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ИХ АНАЛИЗ

Многокритериальная оптимизация (МКО) представляет собой область математического программирования, которая занимается поиском оптимального решения при наличии нескольких критериев. В обычной оптимизации осуществляется поиск единственного оптимального решения, в многокритериальной оптимизации часто не существует оптимального решения по всем критериям одновременно.

В условиях современного мира решения требуют учета множества противоречивых критериев, поэтому методы МКО становятся особенно актуальными. В данной статье будут изучены основные группы методов многокритериальной оптимизации, описаны представители каждой из групп, выделены достоинства и недостатки.

Проанализируем основные задачи методов МКО [1]:

1. Определение проблемы. Это означает, что нужно чётко сформулировать задачу и при этом учесть все её важные критерии. Например, составление цели и определение ограничений.

2. Расчёт критериев оптимизации. Критерии можно разделить на 2 группы: качественные и количественные. Необходимо правильно оценить их относительную важность.

3. Сбор и анализ данных. Для принятия решений нужны именно актуальные данные, так как они оказывают влияние непосредственно на оценку критериев. Эта задача подразумевает экспертную оценку и полученные результаты исследований.

4. Выбор методов решения. Он играет большую роль при решении различных задач. Нужно выбрать тот метод, который будет подходить для заданных в задаче условий.

5. Поиск компромиссного решения. Возникают ситуации, когда невозможно осуществить оптимизацию всех критериев. Для решения подобных задач существуют различные методы, например, метод оценки.

6. Оценка выполненных решений. После получения результатов нужно проверить на корректность и соответствие поставленным критериям.

7. Реализация. Это этап, когда принимается окончательное решение о методе, который будет использоваться по ходу решения задачи.

Существует множество методов МКО, которые можно разделить на несколько групп, а именно, априорные, интерактивные, апостериорные и сведение к однокритериальным.

Рассмотрим каждый из них подробнее.

Априорные методы предполагают, что предпочтения лица, принимающего решение (ЛПР), полностью известны до начала оптимизации. ЛПР присваивает каждому критерию весовые коэффициенты, которые используются для объединения критериев в единую целевую функцию. Хорошо известными примерами являются метод анализа иерархий и метод ELECTRE.

Интерактивные методы предполагают диалог между ЛПР и алгоритмом оптимизации. В процессе этого диалога ЛПР получает информацию о Парето-оптимальных решениях и корректирует свои предпочтения. Эти методы включают в себя метод последовательных уступок.

В отличие от априорных методов, которые требуют определения предпочтений, апостериорные методы в этом не нуждаются. Они позволяют найти набор решений, оптимальных с точки зрения родителей, и из этого набора ЛПР выбирает наиболее подходящее. К таким методам относятся генетические алгоритмы и метод эволюционных стратегий. [2, с. 154-155]

Метод редукции по одному критерию представляет собой подход к решению задач с множеством критериев, который упрощает процесс путем сведения его к поиску оптимального решения по одному критерию. В основе метода лежит объединение нескольких критериев в единый показатель, используемый для определения наилучшего варианта. Для этого каждому критерию присваивается индивидуальный весовой коэффициент, отражающий его значимость по отношению к другим критериям. На основе вычисленных коэффициентов формируется линейная комбинация критериев. Например, метод свёртки и метод главного критерия. [2, с. 155-156]

Рассмотрим основные методы многокритериальной оптимизации и выделим их преимущества и недостатки в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ многокритериальных методов оптимизации(фрагмент)

Группа методов	Метод многокритериальной оптимизации	Преимущества	Недостатки
Априорные	Метод Парето	1.Состредоточенность на ключевых факторах. 2.Упрощение анализа. Принцип 80/20 помогает решать сложные системы и процессы.	1.Недостаточная точность. 2.Игнорирование второстепенных факторов.
	Метод анализа иерархий	1.Возможность применения в различных сферах. 2.Способность разбивать большую задачу на отдельные подзадачи.	1.Трудная структура модели. 2.Сложность работы с большими объёмами данных одному лицу.
Интерактивные	Метод последовательных уступок	1.Простота реализации 2. Гибкость: Метод может быть применен к различным типам задач. 3. Локальная сходимость.	1.Медленная сходимость. 2. Для некоторых вариантов метода требуется вычисление производных.
Сведение к однокритериальным	Метод свёртки	1.Способны адаптироваться к различным признакам данных. 2.Уменьшают количество параметров.	1.Сложность интерпретации работы нейронных сетей. 2.Требуют больших объёмов для обучения.
	Главный критерий	1.Низкие требования к математической подготовке. 2.Минимальные требования к ПО.	1.Сложно выделить главный критерий. 2. Риск получения неэффективного решения.
Апостериорные	Метод эволюционных стратегий	1. Не требует производных. 2. Подходят для параллельной обработки, что позволяет ускорить процесс поиска оптимального решения.	1.Неэффективность в маломасштабных задачах. 2. Потребление ресурсов.

Изучив таблицу сравнительного анализа методов, можно сделать вывод, о том, что метод МКО выбирается в зависимости от особенностей задачи и объёма доступных данных. Априорные методы просты в применении, но требуют точного понимания предпочтений ЛПР. Интерактивные методы позволяют учитывать изменение старых предпочтений, но требуют больше времени для анализа. Апостериорные методы не требуют предварительного знания предпочтений, но они могут генерировать варианты меню, из которых ЛПР должен выбрать наилучший. Метод сведения критериев к одному требует внимательного анализа и тщательного выбора весовых коэффициентов, но иногда при решении задач сложно заметить важные аспекты.

Трудности, возникающие при использовании МКО, можно разделить на несколько пунктов:

1. Выбор оптимального метода, который будет наиболее эффективен для решения конкретной задачи с учётом её особенностей.
2. Определение значимости критериев и допустимых отклонений от них.
3. Интерпретация результатов с учётом множества возможных вариантов.
4. Необходимость комбинирования методов для определения важности критериев.
5. Сложность установления границ при наличии большого количества альтернатив. [3]

Таким образом, в ходе проведенных исследований были проанализированы группы методов многокритериальной оптимизации, рассмотрены методы каждой группы, в которых выделены достоинства и недостатки, а также описаны возникающие проблемы при использовании МКО.

Список литературы

1. Большая российская энциклопедия Многокритериальная оптимизация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/mnogokriterial-naia-optimizatsiia-a2dce0> (дата обращения: 14.03.2025).
2. Богданова П.А., Сахаров Д. М., Васильева Т.В. Обзор методов многокритериальной оптимизации в задачах принятия решений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-mnogokriterialnoy-optimizatsii-v-zadachah-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 14.03.2025).
3. Лотов А.В., Поспелова И.И. Конспект лекций по теории и методам многокритериальной оптимизации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/Lotov&Posp.pdf> (дата обращения 15.03.2025).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТО И РЕМОНТА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В настоящее время, отличающееся жесткой конкуренцией и растущими требованиями к качеству продукции, гарантия надежной работы производственного оборудования является важнейшей задачей для промышленных предприятий. Качественное техническое обслуживание и ремонт - необходимое условие для увеличения эксплуатации оборудования. Традиционные методы планирования и проведения ТОиР часто оказываются недостаточно эффективными, что приводит к увеличению времени простоя оборудования, росту затрат на обслуживание и снижению конкурентоспособности предприятия. Создание единой платформы управления ТОиР и бизнес-процессами – ключевые факторы для решения этой проблемы.

При помощи автоматизации система управления ТОиР на предприятии совершенствуется, повышается качество проведения техобслуживания и ремонта.

Автоматизация процессов ТОиР основана на следующих ключевых принципах [1]:

- обработка данных и аналитика: о параметрах оборудования. Анализ данных с помощью решений на основе машинного обучения и ИИ для выявления аномалий и прогнозирования отказов;

- предиктивная аналитика: разработка моделей предиктивной аналитики, позволяющих прогнозировать состояние оборудования и определять оптимальные сроки проведения ТОиР;

- оптимизированные алгоритмы планирования: разработка алгоритмов, учитывающих критичность оборудования, риски отказов, затраты на обслуживание и доступность ресурсов для формирования оптимальных графиков технического обслуживания и ремонта;

- интеграция информационных систем: обеспечение бесшовной интеграции системы CMMS/EAM с другими информационными системами предприятия (ERP, MES, SCADA);

- использование IoT-технологий: внедрение системы предупреждения аварийных ситуаций оборудования, основанной на использовании датчиков и сенсоров, подключенных к IoT-платформе. Благодаря IoT устройствам, непрерывно собирающим данные о работе оборудования, обеспечивается оперативный доступ к данным для анализа и оперативного принятия решений. Более того, объединение IoT с возможностями искусственного интеллекта создает условия предвидеть поломки, автоматически планируя необходимые работы, что позволяет предприятию оставаться конкурентоспособным в долгосрочной перспективе. Реализация интеллектуальных систем ТОиР на основе ИИ и IoT приносит ощутимую пользу различным отраслям, включая производство и здравоохранение. Так, согласно исследованию IBM (2022 г.), применение этих технологий позволяет снизить расходы на техобслуживание на 15-20%;

- искусственный интеллект увеличивает результативность ТОиР за счет автоматизации задач, таких как регистрация заявок, планирование работ и формирование отчетности. Помимо оптимизации рабочих процессов, ИИ обеспечивает возможности прогностического обслуживания и самообучения, адаптируясь к изменяющимся условиям эксплуатации. Анализируя большие массивы данных, получаемых от оборудования, ИИ выявляет закономерности и тенденции, недоступные для ручного анализа, обеспечивает высокую точность прогнозирования сбоев и позволяет оптимизировать планирование профилактических работ;

- мобильные приложения и платформы: обеспечение доступа персонала к информации о состоянии оборудования, планам технического обслуживания и инструкциям по ремонту с помощью мобильных устройств.

На рисунке 1 показаны выгоды от внедрения цифровых технологий в автоматизацию ремонта и ТО.



Рисунок 1 - Выгоды от внедрения цифровых технологий в автоматизацию ремонта и ТО

Экосистема 1С:ТОИР строится на основе комбинированных стратегий обслуживания и предлагает комплексный подход к оптимизации ТОиР на всех стадиях использования активов, обеспечивая высокую надежность оборудования. Благодаря интегрированности решений в экосистеме организации упрощается процесс выявления проблем и поиска путей их решения.

ЕАМ-системы обеспечивают руководителей оперативной информацией о потерях рабочего времени и их причинах, показателях производительности. Это позволяет детально анализировать причины неэффективности, разрабатывать

планы по оптимизации обслуживания оборудования и контролировать их выполнение. Развертывание ИС управления ремонтами позволяет систематизировать и оценивать факторы, снижающие эффективность, что дает возможность целенаправленно воздействовать на них и повышать общую производительность [2].

Ожидается, что дальнейшее развитие и внедрение решений на основе 5G и интернета вещей (IoT) в сочетании с растущей потребностью в профилактическом обслуживании, а также дистанционная диагностика и ремонт активов создадут благоприятные возможности для роста рынка в перспективе до 2030г.

Внедрение цифровых технологий в ТОиР активов предприятия является эффективным способом повышения конкурентоспособности промышленных предприятий. Автоматизация, основанная на интеграции систем CMMS/EAM, IoT-технологий и аналитических инструментов, позволяет улучшить планирование ТО и сократить потери от простоев, уменьшить простои оборудования и затраты на ремонт. Она не только улучшает операционные показатели предприятия, но и гарантирует повышение его надежности и устойчивости к внешним воздействиям. В перспективе развитие ТОиР, используя искусственный интеллект и машинное обучение, позволит добиться ещё более значительных результатов для гарантии непрерывной работы оборудования, что укрепит конкурентные позиции предприятий на фоне постоянных изменений рынка.

Таким образом, внедрение цифровых технологий в процессы ТОиР представляет собой стратегически важный шаг для промышленных предприятий, стремящихся повысить эффективность, сократить расходы и обеспечить долгосрочный успех для укрепления конкурентных позиций на рынке.

Список литературы

1. Киршина И.А. Систематизация факторов энергоэффективности промышленного предприятия на современном этапе развития экономики России // Современные технологии управления. 2022. - №4. (93). С. 11-18.
2. Панкова Е. О., Китаева М. В. Цифровизация как фактор экономического развития предприятий пищевой промышленности // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2019. – № 2-2. (35). С. 32-35.

*С.А. Литвин, студ.; Т.А. Андреев, студ. рук. А.В. Полячков к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АСЕМБЛЕР ПРОЦЕССОРОВ АРХИТЕКТУРЫ RISC-V

RISC-V – архитектура процессоров набирающая популярность в последние годы. Архитектура процессоров открытая и модульная, что открывает большие возможности для использования этой архитектуры. Благодаря открытой архитектуры, ее может использовать каждый человек, как для важных проектов, так и для обучающих целей. Из открытости архитектуры вытекает модульность, так как каждый видит, как устроена архитектура, что позволяет создавать и добавлять новые функции.

Для учебных целей дисциплины «Аппаратная реализация алгоритмов» требуется ассемблер создающий код для встраивания в FPGA.

Существуют множество ассемблеров процессоров архитектуры RISC-V, некоторые реализованы в онлайн формате, один из таких RISC-V Interpreter [1]. В нем реализованы несколько базовых команд, которые можно использовать.

Помимо этого, отображаются состояния регистров на каждый такт команды, что позволяет отслеживать какие значения заносятся во время выполнения той или иной инструкции. При использовании инструкций, работающих с памятью, можно увидеть, какие данные находятся по определенному адресу. Недостаток данного образца, малое количество используемых инструкций, так же отсутствует функционал для возможности использования его в учебной дисциплине.

Исходя из заданной цели был разработан компилятор ассемблерного кода процессоров архитектуры RISC-V. Компилятор выполняет основные этапы такие как лексический и синтаксический анализ, преобразование инструкций в битовый код, который можно использовать в дальнейших целях. Для понимания работы компилятора разберем каждый этап подробнее.

На первом этапе происходит лексический анализ написанного ассемблерного кода. Каждая строка по отдельности разбивается на составляющие элементы, такие как инструкция (в свою очередь инструкции могут быть разного типа (рисунок 1), регистры, константы, метки и разделители.

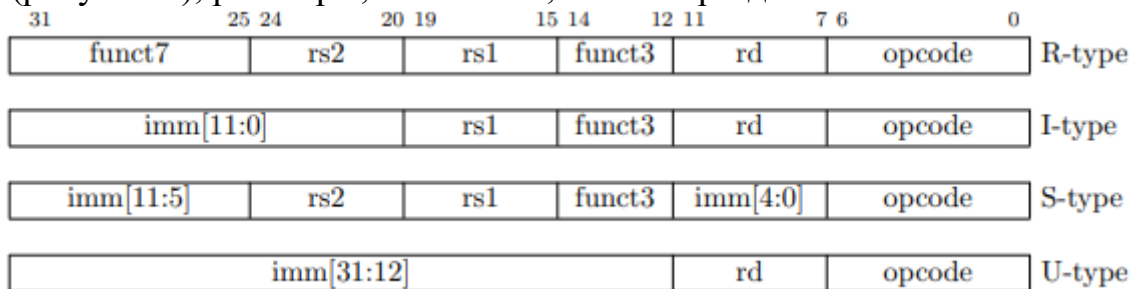


Рисунок 1 – Типы команд

Для определения что слово является инструкций используется список, в котором хранится информация о инструкции. Она включает в себе имя инструкции, какого она типа. Если текущее слово совпадает с именем инструкции элемента списка, тогда оно определяется как лексема инструкции определенного типа.

Для того чтобы определить является ли слово регистром, оно проверяется на нахождение в словаре. При истинности проверки, слово определяется как лексема регистра.

Чтобы определить является ли слово константой, происходит сравнение с использованием регулярного выражения, что дает четкий ответ, на то что это число без лишних символов. Если результатом регулярного выражения будет истина, тогда слово определяется как лексема константы.

Слова содержащие латинские буквы с цифрами или символ «_», обязательно заканчивающиеся двоеточием, определяются как лексемы меток и заносятся в соответствующий словарь для проверки использования меток в инструкциях.

После проведения всех проверок, если слово не прошло ни одну из них выводиться информация об неопределенном элементе, так же это произойдет если будет использована необъявленная метка в инструкции.

На втором этапе производится синтаксический анализ. Он включает в себя проверку на правильность написания инструкций. Для выполнения данной проверки формируется регулярное выражение, создающиеся на основе типа команды. Из-за возможности использования псевдокоманд, для создания регулярного выражения требуется учитывать, что какие-то регистры в инструкции могут отсутствовать. Чтобы узнать это при создании инструкции в ней определяются по мимо основных параметров таких как `opcode`, `funct7` и т.д. есть возможность задать определенное значение регистра для реализации псевдоинструкции и если регистр не имеет стандартное значение равное -1, это означает, что он уже используется и он не требуется в проверки на синтаксис. После формирования регулярного выражения происходит проверка строки и если она соответствует формату инструкции, выводится информации о правильности написания, иначе сообщается что строка невалидна.

На третьем этапе производится преобразование текста в бинарный код с помощью функции. RISC-V ISA сохраняет регистры источника (`rs1` и `rs2`) и назначения (`rd`) в тех же позициях во всех форматах, чтобы упростить декодирование. За исключением 5-битных непосредственных значений (`immediates`), используемых в инструкциях CSR, непосредственные значения всегда знаково расширяются (`sign-extended`) и, как правило, упакованы в крайние левые доступные биты команды, что было сделано для уменьшения сложности аппаратного обеспечения. В частности, знаковый бит для всех непосредственных значений всегда находится в 31-м бите команды, чтобы ускорить работу схемы знакового расширения [2].

Пример функции для инструкций типа R:

```
public int asm_to_bin()
{
    int code = 0;
    code = opcode + (rd << 7) + (funct3 << 12) + (rs1 << 15) + (rs2 << 20) + (funct7 << 25);
    return code;
}
```

Для программы реализован конструктор создания инструкций, чтобы была возможность добавлять инструкции нереализованные сразу или добавлять псевдо инструкции.

Имеется возможность выбора типа инструкций, в зависимости от него отличаются возможность задания полей, так как в каждом типе инструкций отличаются основные параметры. В поле «Название инструкции» задается латинским алфавитом имя инструкции. Для полей `funct3`, `opcode`, `funct7` задается битовое число из документации соответствующего имени, поля регистров используются для создания псевдоинструкций. Для реализации инструкции `jump` используются такие же параметры типа инструкций и `opcode`, как и для `jal`, но вместо регистра приемника `rd` используется регистр `x0`, поэтому в поле `rd` записывается номер регистра 0 и таким образом реализуется псевдоинструкция.

Тип инструкции
 Type R
☐ Псевдо инструкция
 Название инструкции
 funct3
 opcode
 funct7
 rd
 rs1
 rs2
 Создать инструкцию

Рисунок 2 – Конструктор инструкций

В результате была разработана программа, выполняющая преобразование ассемблерного кода в бинарный, с возможностью добавлять различные инструкции.

Список литературы

1. RISC-V Interpreter - <https://www.cs.cornell.edu/courses/cs3410/2019sp/riscv/interpreter/>
2. The RISC-V Instruction Set Manual Volume I: User-Level ISA Document Version 2.2 // Editors: Andrew Waterman1, Krste Asanovic SiFive Inc., CS Division, EECS Department, University of California, Berkeley andrew@sifive.com, krste@berkeley.edu May 7, 2017

*Ю.Д. Маракулина, студ.; Е.А. Гриц, студ.; С.А. Федулова, ст.пр.;
 рук. Я.А. Федулов, к.т.н., доцент.
 (Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОИСК НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНФОРМАЦИОННЫХ БОТАХ

В настоящее время мессенджеры играют особую роль в жизни любого человека. Для коммерческих предприятий они являются мощным инструментом по привлечению новой аудитории, благодаря возможности автоматизации процессов взаимодействия между клиентом и поставщиком услуг. Автоматизация данных процессов была обеспечена благодаря внедрению в мессенджеры чат-ботов.

Чат-бот – это программа, имитирующая диалог с человеком и предоставляющая мгновенный ответ на запрос пользователя через мессенджеры, сайты, телефон или мобильное приложение. Современные реализации чат-ботов все чаще внедряют искусственный интеллект (ИИ) для решения задач взаимодействия с пользователем [1].

Основными целями данной работы являлись обзор инструментов языка программирования Python для автоматизации обработки результатов информационного поиска с возможностью использования ИИ, а также разработка общей схемы применения инструментов для задач поиска с помощью чат-ботов.

Был определен требуемый функционал информационного чат-бота для дальнейшего составления общей схемы его применения: выбор метода поиска (классические методы поисковых систем или технологии ИИ); поиск по запросу пользователя согласно методу и указанному ключевому слову; разбор и представление результатов поиска пользователю в зависимости от выбранного источника информации.

Согласно описанному функционалу, был разработан общий алгоритм работы информационного бота агрегатора, представленный на рисунке 1.

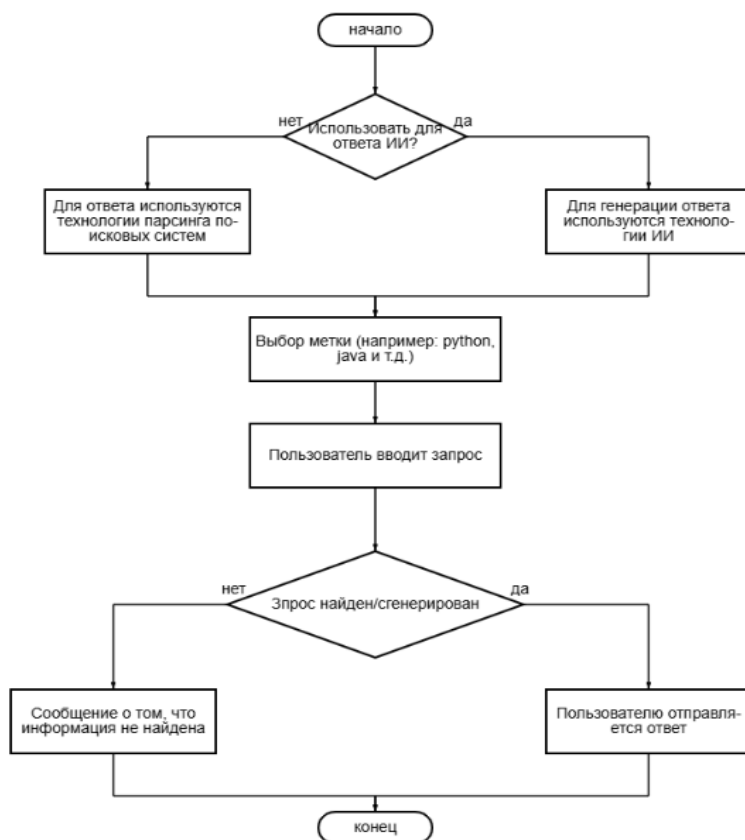


Рисунок 1 – Общая схема работы интеллектуального поиска на основе чат-бота

В рамках данного исследования были рассмотрены и оценены различные технологии и средства автоматизации обработки результатов информационного поиска, ориентированные на программную реализацию. Оценивание проводилось на основе следующих критериев: «сложность», «гибкость», «легальность использования», «поддержка асинхронности», «способ получения данных», «производительность», «поддержка задач», «требовательность к ресурсам», «варианты использования».

Следует уточнить смысл некоторых критериев. «Сложность» – критерий оценивает доступность технологии для разработчиков, трудность ее внедрения и дальнейшей поддержки. «Гибкость» – критерий оценивает возможность рас-

ширения функционала и доработки с использованием иных технологий или данных. «Легальность использования» – критерий оценивает законность, правила и юридические нормы использования технологии. «Поддержка асинхронности» – критерий оценивает возможность разработки асинхронного алгоритма для оптимизации программы. «Способ получения данных» – критерий оценивает варианты получения исходных данных для технологии.

Для осуществления этапа информационного поиска и автоматизации обработки результатов без использования ИИ активно применяются следующие технологии.

1. BeautifulSoup – библиотека Python для извлечения данных из файлов HTML и XML [2].
2. Scrapy – программная платформа для разбора информации, построенный на асинхронной архитектуре [3].
3. Использование программных интерфейсов (API) поисковых систем, например: Google Custom Search, Bing API и других.

В таблице 1 приведено сравнение представленных технологий на основе выбранных ранее критериев оценивания.

Легальность использования в таблице 1 регламентируется следующими статьями: статья 7.12 КоАП РФ, статья 10 ГК РФ, статья 183 УК РФ и статья 272 УК РФ.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика поисковых технологий

	BeautifulSoup	Scrapy	API поисковых систем
Сложность	Низкая	Высокая	Низкая
Гибкость	Высокая	Высокая	Есть ограничения по функционалу API
Легальность использования	Зависит от информации	Зависит от информации	Легально
Поддержка асинхронности	Нет	Да	Зависит от функционала API
Способ получения данных	Разбор информации с HTML-страниц (поддержка формата XML)	Создание сложных классов для разбора данных	Получение данных из поисковых систем
Производительность	Средняя	Высокая	Высокая
Поддержка задач	Разбор информации с HTML-страниц, удаление, поиск по структуре страниц	Разбор информации с HTML-страниц, многопоточность, асинхронность, работа с JavaScript, обработка ошибок.	Поиск и фильтрация данных, асинхронность, обработка ошибок
Требовательность к ресурсам	Средняя	Высокая	Низкая
Варианты использования	Разбор и фильтрация информации страниц	Обработка больших объемов информации	Поиск и анализ данных, предоставленных поисковой системой

На основе таблицы 1 можно сделать вывод, что фреймворк Scrapy наиболее мощный инструмент из представленных, подходящий для масштабных проектов, но информационный чат-бот относится к классу небольших программ, следовательно, из-за высокой сложности использование данной технологии нежелательно.

Библиотека BeautifulSoup и программные интерфейсы API поисковых систем примерно одинаковы по эффективности. Совместное их использование позволит автоматизировать процесс поиска и обработки информации, перекрывая взаимные недостатки.

Исходя из указанных функциональных требований и разработанного общего алгоритма работы чат-бота, следует, что инструменты и технологии ИИ применяют для обработки и анализа текста запросов пользователя.

Для анализа и обработки запроса пользователя, а также получения результата интеллектуального поиска с помощью инструментов ИИ применяются следующие встроенные модели и библиотеки.

1. Transformers – предоставляет программные компоненты API и инструменты для легкой загрузки и обучения современных предварительно обученных моделей [4].

2. SpaCy – бесплатная библиотека с открытым исходным кодом для расширенной обработки естественного языка (NLP) в Python [5].

3. OpenAI – открытые модели генерации текста с применением ИИ технологий, например GPT-4 и GPT-3.5, обученные для обработки естественного и формального языка [6].

В таблице 2 приведено сравнение указанных технологий интеллектуального анализа и обработки данных на основе представленных ранее критериев оценивания.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технологий ИИ для обработки и анализа данных

	Transformers	spaCy	OpenAI
Сложность	Средняя	Низкая	Низкая
Гибкость	Высокая	Средняя	Зависит от реализации API
Легальность использования	Коммерческое использование с ограничениями, в некоторых случаях требуется указать авторство согласно лицензии	Коммерческое использование без ограничений, авторство зависит от типа лицензии	Требуется соответствовать политике OpenAI
Поддержка асинхронности	Требуются дополнительные библиотеки, нет встроенной асинхронности.	Требуются дополнительные библиотеки, нет встроенной асинхронности.	Есть поддержка асинхронных запросов.
Способ получения данных	Локальные модели или API от разработчика Hugging Face	Локальные модели или готовый текст, который нуждается в обработке	Асинхронные запросы, API моделей, разработанных OpenAI или некоторые сторонние моде-

			ли
Производительность	Зависит от модели	Высокая	Зависит от реализации API
Поддержка задач	Широкий список задач обработки естественного языка	Анализ текста и зависимостей в нём	Генерация и анализ текста
Требовательность к ресурсам	Высокая	Низкая	Ограничения по возможностям платформ API
Варианты использования	Настройка моделей, обработка естественного языка	Быстрая обработка текста	Генерация и анализ текста

Исходя из анализа таблицы 2, следует, что при использовании SpaCy и OpenAI возникает ряд ограничений в плане обработки текста, списку решаемых задач и гибкости приложений. Таким образом, для основы разработки информационного чат-бота была выбрана технология Transformers, а библиотеки SpaCy и OpenAI по мере необходимости планируется применять в качестве вспомогательных инструментов.

По результатам сравнительного обзора технологий интеллектуального поиска и обработки информации для разработки информационного бота был выбран следующий набор технологий: скриптовый язык высокого уровня Python, программный интерфейс информационных ботов Telegram API, библиотека извлечения данных BeautifulSoup, API поисковых систем и библиотека обработки интеллектуальной обработки данных Transformers. В дальнейшем планируется реализация и тестирование информационного бота в рамках разработанного общего алгоритма на представленном наборе программных технологий и средств.

Список литературы

1. Баланов, А. Н. Цифровизация в розничной и оптовой торговле. Разработка, интеграция и внедрение технологических решений: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 452 с. – ISBN 978-5-507-49391-3.
2. BeautifulSoup documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/> (дата обращения: 04.02.2025).
3. Scrapy 2.12 documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.scrapy.org/en/latest/index.html> (дата обращения: 04.02.2025).
4. Hugging Face. Transformers documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://huggingface.co/docs/transformers/index> (дата обращения: 04.02.2025).
5. spaCy. Facts & Figures [Электронный ресурс]. – URL: <https://spacy.io/usage/facts-figures> (дата обращения: 04.02.2025).
6. OpenAI. Введение в документацию [Электронный ресурс]. – URL: <https://openai-docs.ru/docs/introduction> (дата обращения: 04.02.2025).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АКТИВНЫМ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Активный экзоскелет представляет собой сложную биомеханическую роботизированную систему [1]. В настоящее время, потребность в данных технических устройствах динамично возрастает в связи с широким спектром применения в разных областях промышленности. Возможность восстановить утраченные функции опорно-двигательного аппарата человека делает возможным применение экзоскелетов в медицинской сфере для реабилитации пациентов после тяжелых травм, инсульта, паралича. Такие факторы как повышение выносливости человека при высоких нагрузках и усиление физических возможностей организма обуславливают применимость устройства в различных сферах: при работе на производстве, в строительстве, при проведении спасательных работ, в военном деле, в космических исследованиях.

Вопросы управления движением и повышения функциональных возможностей роботизированных экзоскелетов становятся особенно актуальны в контексте стремительного развития технологий интеллектуального управления. Рассмотрим современные подходы и перспективы интеграции технологий нейронных сетей в систему управления экзоскелетами. Интеллектуальная система в ходе обучения начинает распознавать и прогнозировать действия, которые будет совершать пользователь.

На циклический процесс ходьбы, позволяющий человеку перемещаться в пространстве, может влиять большое количество внутренних и внешних параметров, таких как согласованность работы опорно-двигательного аппарата человека, биомеханические параметры тела, скорость, величина шага и подобное. В случае использования активного экзоскелета, он должен обеспечивать устойчивость на протяжении всего шагового цикла, в равной степени в опорной и переносной фазе, распознавать момент перехода между этими фазами ходьбы, обеспечивая контроль за центром тяжести, ритмом и изменениями условий окружающей среды. Данная задача может быть решена при построении методов машинного обучения с применением нейронных сетей и внедрении данной интеллектуальной системы в процесс управления приводом устройства активного экзоскелета.

Данные, получаемые устройством из внешней среды, характеризующейся как условия неопределенности, благодаря системе интеллектуального управления становятся основой для расчета параметров движения экзоскелета. Качественный анализ и быстрая обработка входящей информации позволит нейросетевой модели определить наиболее удачные параметры для движения человека в экзоскелете. Обобщенная схема интеллектуальной системы с применением нейронных сетей для управления активными экзоскелетами представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обобщенная схема интеллектуальной системы управления активным экзоскелетом (с применением нейронных сетей)

На первом этапе датчики, установленные на устройстве, улавливают мультимодальные сигналы: о состоянии мышц (электромиография – ЭМГ), о положении суставов (акселерометры, гироскопы), о мозговой активности (электроэнцефалография), об усилиях самого человека, а также данные об условиях окружающей среды (камеры). После предварительной обработки, необходимой для распознавания паттернов движения, входящую информацию анализируют нейросети и определяют параметры следующего действия: какое механическое изменение в пространстве необходимо совершить, с какой силой, как быстро необходимо отреагировать, есть ли отклонения от стандартных паттернов. В идеальной модели экзоскелета задержка между обработкой данных и принятием решения будет стремиться к нулю, обеспечивая плавность движения. На этом этапе происходит генерация управляющего сигнала, который поступает на исполнительное устройство функционирования экзоскелета. Механизм управления приводит активный экзоскелет в движение. Для корректировки параметров движения в режиме реального времени в условиях неопределенности необходима система обратной связи.

Для корректной работы системы управления важно обратить внимание на выбор алгоритма обработки данных. Нейросетевые модели могут быть встроены в любой из типов машинного обучения [2]. В зависимости от особенностей задач, на решение которых направлен экзоскелет, может быть выбран один из методов обучения интеллектуальной системы управления.

Метод обучения с учителем, основанный на размеченных данных, может успешно справляться с задачами распознавания жестов по сигналам ЭМГ, что может быть применимо к сфере медицинской реабилитации пациента с нарушениями работы опорно-двигательного аппарата. К положительным аспектам метода можно отнести высокую точность и предсказуемость, к недостаткам – большой требуемый объем размеченного датасета.

Метод обучения с подкреплением при применении в устройстве управления экзоскелетом может оптимизировать процесс ходьбы, повысить его плавность, при минимальных затратах энергии. Данный метод позволяет нейросети адаптироваться к условиям неопределенности окружающей среды, но не исключает риск локальных оптимумов и требует большого количества временных ресурсов.

При рассмотрении метода адаптивного обучения важно обратить внимание на риск переобучения при чрезмерном количестве данных, но при этом его

несомненным плюсом является возможность персонализации сложного технического устройства под индивидуальные особенности каждого пользователя. Данный метод является наиболее перспективным для внедрения в систему управления экзоскелетом нижних конечностей, так как обучение системы происходит и продолжается в режиме реального времени.

Прежде, чем выбирать подходящие структуры для решения задач управления приводами активного экзоскелета при различных условиях эксплуатации, необходимо проанализировать топологии (архитектуру) нейронных сетей.

Convolutional Neural Network (CNN) или сверточная нейронная сеть, являющаяся собой алгоритм глубокого обучения. Отличительный признак CNN – способность принимать входное изображение, определять и присваивать важность объектам на изображении и выделять отличительные признаки. Архитектуру формируют отдельные слои, преобразующие входной объём при помощи дифференцируемой функции, такое строение может быть использовано для обработки изображений с камер активного экзоскелета, если таковые присутствуют, однако является очень энергозатратным.

В топологии recurrent neural network (RNN) – рекуррентной нейронной сети связи между элементами последовательны и направлены, потребление энергии для работы ниже, чем у CNN. Архитектура позволяет распознавать непрерывно поступающие сигналы, например ЭЭГ или ЭМГ, и на их основе прогнозировать следующее действие.

Основным механизмом нейросети с трансформенной архитектурой (transformer) является внимание. Именно благодаря ему становится возможным определить, какая часть входной последовательности релевантна решаемой задаче. В контексте управления активным экзоскелетом, данная особенность может быть полезна для разграничения важных сигналов – реального движения – от помех и шумов. Существенным минусом данной нейросети является высокое энергопотребление, но она может быть использована для обработки ЭЭГ сигналов.

Представленные топологии подходят для решения разных типов задач управления приводами активного экзоскелета, к их техническим ограничениям можно отнести задержки в обработке входных данных, высокое энергопотребление, риск ошибок в критических ситуациях, но тем не менее внедрение интеллектуального управления в сложную биомеханическую систему позволит повысить функциональные возможности активных экзоскелетов, их адаптивные способности и параметры точности системы управления движением в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Блинов А. О. Проблемы, возникающие при моделировании опорно-двигательного аппарата человека стрессовыми механическими и электромеханическими системами / А. О. Блинов, А. В. Борисов, Л. В. Кончина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 147-165. – DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-5-147-165. – EDN IDFTKC.
2. Дли, М. И. Интеллектуальные алгоритмы анализа разнородной информации / М. И. Дли, А. Ю. Пучков, Е. И. Рысина. – Смоленск : Универсум, 2022. – 204 с. – ISBN 978-5-91412-495-0. – EDN CLQKEE.

ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СПЕЦИАЛИСТА ПО СНАБЖЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Веб-ориентированная информационная система – это клиент-серверное приложение, которое предоставляет пользователю доступ к информации через веб-браузер. Клиентская часть, или же front-end, отображает информацию и взаимодействует с пользователем, а серверная часть (back-end), реализует основную логику, обработку запросов и связь с базой данных.

Система ИС (информационная система) предназначена для своевременного обеспечения определенных людей надлежащей информацией, то есть для удовлетворения конкретных информационных потребностей в рамках определённой предметной области, при этом результатом функционирования информационных систем является информационная продукция - документы, информационные массивы, базы данных и информационные услуги.

Цель статьи: выделить главные проблемы существующей систем, и выяснить, как должна выглядеть идеальная информационная система специалиста по снабжению, чтобы его работа была наиболее эффективной.

Для начала выделим главные проблемы специалистов по снабжению: большой объём данных, за которым нужно следить и управлять, что делает возможным допустить критические ошибки; сложность в общении с поставщиками; проблематичный анализ рынка и актуальной информации; ручной анализ данных (прогнозирование потребности материалов и оптимизация закупок).

Поэтому система должна обеспечивать специалиста по снабжению предприятия рядом функций:

1. Взаимодействие с поставщиками: важно иметь бесперебойную связь, чтобы процесс проходил безостановочно, и возможность общаться.
2. Контроль статусов: отслеживание статуса заявки или наличие оповещений о местоположение товара.
3. Складской учёт: контроль остатков, расходов и наличия материалов или товара
4. Интеграция с другими системами: CRM(Customer Relationship Management) для систематизации персональных данных, ERP(Enterprise Resource Planning) для планирования ресурсов компании
5. Анализ данных: возможность получать отчёт о дневных, недельных или месячных показателях для дальнейшей оптимизации процесса снабжения [4].

Рассмотрим наиболее известные системы для снабжения предприятия и их возможности.

Платформа МТО «Лакhta.spb» – это платформа для управления процессами снабжения. Эта система использует решение SRM, о которой было сказано ранее, а также имеет достаточно широкую область применения: перевозки, складская логистика и учёт, транспортная логистика, управление запасами, цепочки поставок, обеспечение транспортировки. Также платформа МТО

«Лахта.spb» обладает адаптивным интерфейсом, что делает возможность пользоваться их системой с мобильных устройств [1].

ПУСК.Снабжения – это сервис для управления заявками и снабжением в строительстве. Система имеет интуитивно понятный интерфейс, обладает возможностью планировать и следить за маршрутом поставок, можно планировать потребности в материалах с ресурсной ведомостью. Эта платформа обладает адаптивным интерфейсом, а также имеет приложение для прорабов мобильных устройствах, что позволяет эффективно формировать и контролировать исполнение заявок [2].

Cynteka – это сервис для создания и согласования бюджета, мониторинга цен, работы с заявками и контроля их исполнения. Система даёт возможность формировать отчёт по необходимым параметрам: анализ затрат на проектах, динамика цен позиций бюджетов за год, реестр платежей по счетам и др.). Есть мобильное приложение с функциями создания и согласования заявок или счетов, принятия платежей и доставок [3].

Это были наиболее популярные сервисы для специалистов по снабжению предприятий, который обладают большим функционалом и адаптивной системой, что на мой взгляд делает их наиболее эффективными. Сравнивая эти системы, мы наблюдаем разный интерфейс, но в тоже время одинаковый функционал, который помогает предприятиям. Проведём анализ: что позволит нам понять, чем должна обладать идеальная система специалиста по снабжению предприятия.

В качестве сравнения используем таблицу, в которую будут ранее упомянутые критерии: взаимодействие с поставщиком, контроль статуса, складской учёт, интеграции с другими системами, анализ данных, логистика, адаптивность, сложность внедрения, стоимость. Ниже приведена таблица 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ

Критерий	МТО «Лахта.spb»	ПУСК.Снабжения	Cynteka
Область применения	Универсальная	Строительство	Универсальное
Управление заявками	Да	Да	Да
Управление запасами	Да	Да	Да
Логистика	Да (складская, транспортная)	Да (транспортная)	Нет
Анализ данных	Да (базовый)	Да (базовый)	Да (расширенный)
Адаптивность системы	Да	Да	Да
Сложность внедрения	Высокая	Средняя	Средняя
Стоимость системы	Высокая	Средняя	Средняя
Взаимодействие с поставщиками	Да	Да	Да
Интеграция с другими системами	Да (ограниченная)	Да (ограниченная)	Да (расширенная)

Общий анализ популярных систем показал, что: область применения системы должна быть универсальной, для выполнения разного рода задач; обязательно должна быть возможность управлять запасами и вести складской учёт; логистика должна быть настраиваемой и иметь возможность внедрения в разные области; анализ данных, в виде отчёта, должен быть на базовом уровне, чтобы получать вывод о работе за день, неделю или месяц; система должна обладать интеграций с такими системами как CRM и ERM, для упрощения связи с поставщиками и лучшего управления запасами;

В заключение хотелось бы дополнить возможностью внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в работу системы снабжения, что позволила бы расширить функционал, облегчить рутинные процессы работы с базами данных. Также ИИ способен предоставить глубокий анализ огромного объёма данных, что облегчит десятки часов работы. Интеграции с ИИ позволят автоматизировать взаимодействие с поставщиками через чат-боты или системы автоматического согласования условий поставки, что сократит время на коммуникацию и повысит оперативность работы.

Список литературы

5 Платформа МТО «Лахта.spb» [Электронный ресурс]. – URL: <https://lahta-spb.ru/> (дата обращения: 14.03.2025).

6 ПУСК.Снабжение [Электронный ресурс]. – URL: <https://puskapp.ru/> (дата обращения: 14.03.2025).

7 СЫНТЕКА [Электронный ресурс]. – URL: <https://synteka.ru/> (дата обращения: 14.03.2025).

8 Проект «Корпоративный менеджмент» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cfin.ru/management/manufact/procurement_kpi.shtml (дата обращения: 14.03.2025).

*В.А. Михайлова, студ., рук. М.А. Амелина, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ

Учет хранимых товаров является важной задачей, требующей всесторонней автоматизации, в частности, предполагающей использование специализированных информационных сред [1]. На данный момент современные экономические субъекты, чья организационно-хозяйственная деятельность так или иначе связана с задачами хранения товаров (или собственных средств, например, канцелярские принадлежности) на складе, сталкиваются со следующими проблемами:

- подавляющее большинство информационных сред являются зарубежными. Использование данных программ является рискованным, поскольку наше государство и отдельные экономические субъекты оказываются под давлением вследствие современной геополитической обстановки на мировой арене (санкции, уход зарубежных компаний с российского рынка);

- многие малые экономические субъекты нуждаются в недорогом логистическом программном обеспечении, поскольку не имеют возможности обслуживать относительно дорогие амортизационные отчисления на специализированную информационную среду средней и высокой степени интеграции.

Обозначенные проблемы современных информационных сред и систем учета товаров на складе обуславливают актуальность данного исследования. Цель статьи заключается в определении основных концепций отечественной и недорогой системы учета товаров на складе и разработки её интерфейсной составляющей.

Системы товарного учета должны обладать следующими функциональными возможностями [2]:

- использование базы данных (БД), в которой сохраняется основная информация о товарообороте на складе в табличном представлении;
- доступ к ключевым элементам БД, реализованный с помощью интуитивно понятного интерфейса. При этом интерфейс, как правило, может быть дополнен элементами поиска или сортировки с использованием ключевых фильтров;
- формирование актов, накладных и отчетной документации;
- предоставление справочной информации касательно правил использования информационной среды.

В соответствии с обозначенными функциональными возможностями предлагаются следующие концепции системы учета товаров на складе:

1. Модульная структура (рисунок 1), предполагающая набор модулей «Файл» (загрузка и сохранение отчетной документации), «Администрирование» (просмотр ключевых элементов БД, функции заполнения информации и поиска с использованием фильтров), «Акты» (интерфейс для формирования актов, накладных и прочей отчетной документации), а также «Справка», в котором представлены основные особенности пользования информационной средой.

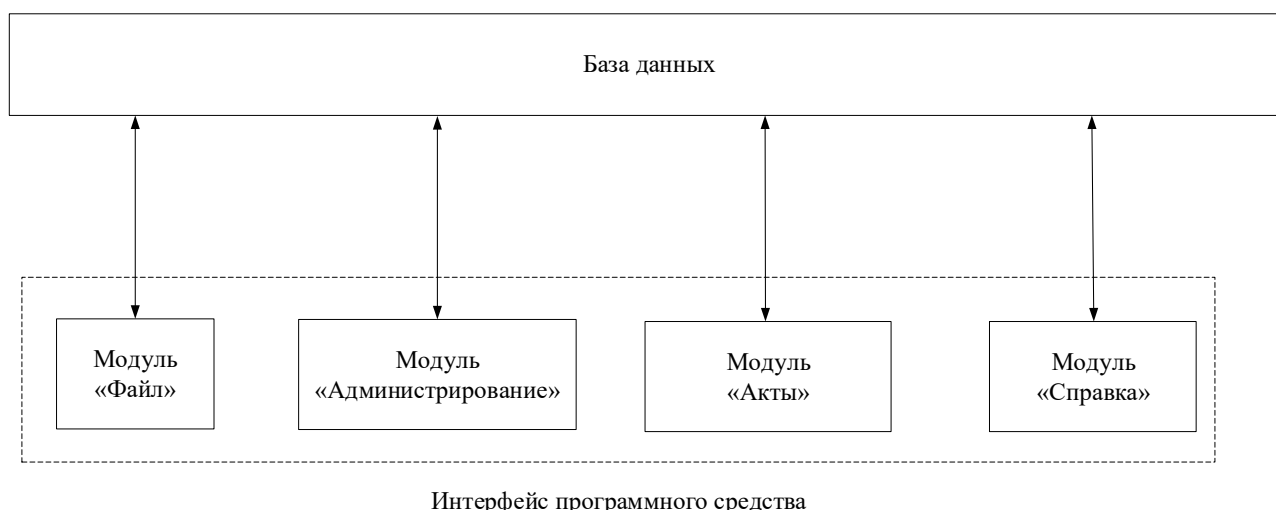


Рисунок 1 - Модульная структура информационной среды

2. Диаграмма вариантов использования (рисунок 2). Данная концепция определяет список задач, автоматизация которых достигается при использовании информационной среды. Так, например, пользователь программного обеспечения может выполнять работу с заявлениями,

формировать акты приема-передачи и выдачи товара и т.д.

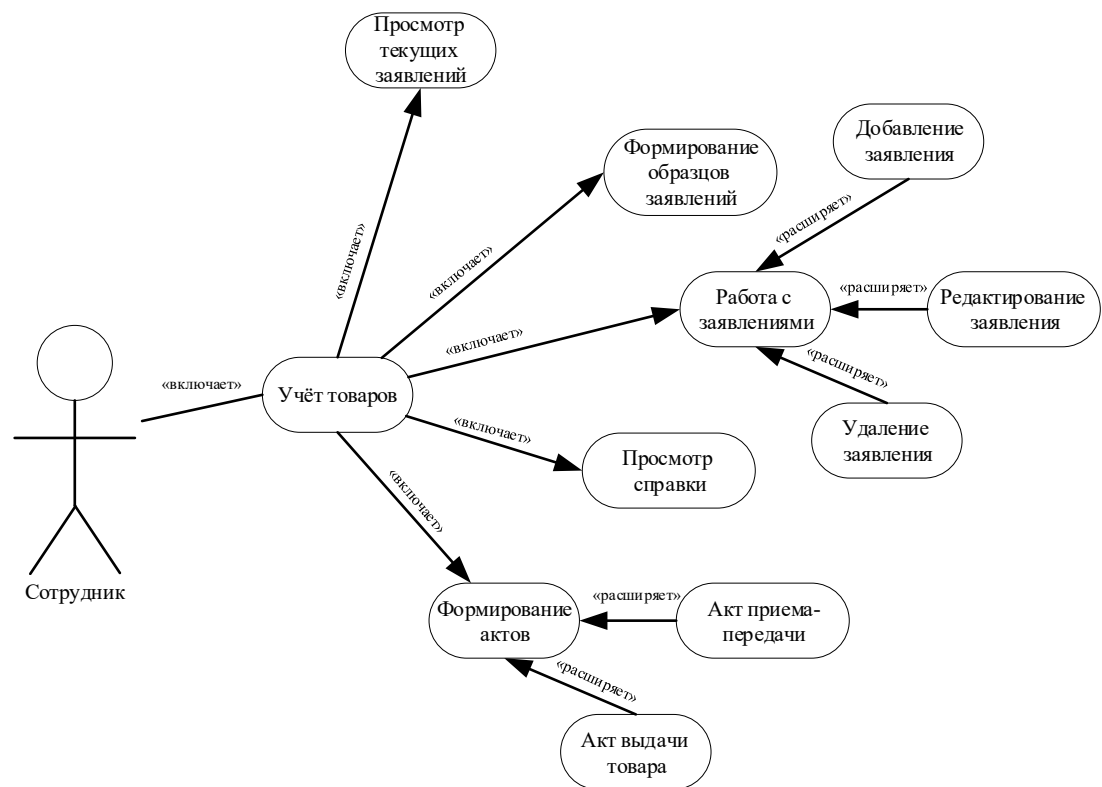


Рисунок 2 - Диаграмма вариантов использования информационной среды

3. Интерфейсная составляющая. Главная форма (рисунок 3) предоставляет возможность доступа к элементам БД, а также сортировки объектов по ключевым критериям. В форме создания заказа указываются основные данные отправителя и получателя, информация о грузе (необходимая для осуществления логистики), а также данные о маршруте.

Программа учета товаров на складе								
Файл Администрирование Акты Справка								
Номер заказа	Номер груза	Место отправления	Место прибытия	Текущее место	Текущее состояние	Отправитель	Получатель	Время прибытия
1	1	Смоленск	Москва	Зона выдачи	Выдано	Петров П П	Кожуров А А	17.05.2024 0:00:00

Рисунок 3 - Интерфейс программы учета товаров на складе

Окно создания нового заказа	
Данные отправителя ФИО: Павлов Игорь Иванович Серия и номер паспорта: 1111545454 Пол: Мужской Контактный телефон: 89007001001	Данные получателя ФИО: Симонова Ксения Павловна Серия и номер паспорта: 1111555555 Пол: Женский Контактный телефон: 89115554343
Информация о грузе Масса груза (г): 500 Тип товара: Обычный Размеры (УхУхУ см): 10х10х10	Данные о маршруте Место отправителя (город): Смоленск Место получателя (город): Москва
Создать	

Рисунок 4 -Интерфейс формы создания заказа

Таким образом, в соответствии с основными функциональными возможностями, предъявляемыми к системам товарного учета, были обозначены основные концепции информационной среды учета товаров на складе, представленные модульной структурной, диаграммой вариантов использования и интерфейсными составляющими.

Список литературы

1. Балдин, К.В Информационные системы в экономике: Учебник / К.В Балдин, В.Б. Уткин. - М.: Дашков и К, 2015. - 395 с.
2. Джанбулатова, С.М. Задачи и принципы построения автоматизированных систем и информационных систем// Экономика и социум. - 2014. - № 4-2. - С. 1040.

*А.П. Мухина, студ.: рук. К.И. Свириденков, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Современные технологии демонстрируют стремительный прогресс, и одним из ключевых факторов для решения инженерных задач становится 3D-моделирование. Этот процесс позволяет создавать точные цифровые модели объектов перед их практической реализацией, что сокращает время разработки, снижает затраты и повышает качество конечного продукта. В условиях глобализации и обостренной конкуренции особенно важно использовать продвинутые инструменты для оптимизации результатов.

Цель данной статьи: рассмотреть основные средства для инженерного 3D-моделирования, сравнить их и выявить наиболее удобную и эффективную программу для разработки 3D-модели конструкции электронных устройств. Особое

внимание будет уделено трем программным продуктам, таким как Компас 3D, AutoCAD и AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL.

Задачи:

1. Изучить специализированную литературу по рассматриваемым программным продуктам;
2. Выбрать критерии сравнения программных средств;
3. Произвести сравнительный анализ программ;
4. Выбрать лучшую программу для разработки 3D-моделей.

Трехмерное моделирование в инженерии представляет собой процесс создания трехмерных виртуальных моделей компонентов, деталей и конструкций с использованием специализированных программных систем. Это неотъемлемый этап в разработке технических проектов, который позволяет визуализировать объект до начала его физического производства.

Одним из этапов в разработке сложных технических устройств является создание конструкторской документации, которая включает схемы, чертежи и спецификации.

Проектирование, основанное на двумерной графике, чаще всего используется для выполнения простых задач, не требующих больших затрат по времени, а вот уже трехмерное проектирование для более длительных, детализированных моментов в работе.

2D-моделирование все также обширно используется в работе, но и 3D-моделирование набирает свои обороты, так как современные методы обеспечивают более четкое и наглядное представление о будущем изделии. Можно еще на этапе разработки заметить все несоответствия, погрешности и возможные ошибки, что существенно влияет на эффективность работы.

Одной из областей, где применение 3D-моделирование наиболее актуально является разработка конструкции различных электронных устройств. Такая технология позволяет визуально оценить, как будет выглядеть готовое электронное устройство, а именно увидеть его в реальном положении и масштабе, снизить риск ошибок до минимума на этапе реализации, сократить путь от создания концепции до проведения расчётов и выпуска готового изделия.

Например, модуль питания представляет собой сложное электронное устройство, состоящее из множества компонентов, таких как трансформаторы, резисторы, конденсаторы, диоды, микросхемы и печатные платы. Для успешного проектирования такого устройства необходимо учитывать точное соответствие габаритов, правильное расположение контактов и проводников, трассировку маршрутизации, тепловой режим, а также, какие материалы могут быть использованы для изготовления модуля, при которых устройство будет работать в желаемом диапазоне температур окружающей среды, и обладать определенной прочностью корпуса и креплений и т.д.

Существует широкий выбор программного обеспечения, предназначенного для выполнения задач трёхмерного моделирования, каждое из которых имеет свои индивидуальные свойства и функциональные возможности. Среди них наиболее распространенными являются:

1. Компас 3D - отечественный программный продукт, разработанный компанией "Аскон". Он ориентирован на выполнение поставленных задач в области автоматизированного проектирования и инжиниринга. Компас 3D позволяет осуществлять как двумерное, так и трехмерное моделирование деталей и конструкций любой степени сложности. Данное программное средство имеет русскоязычный интерфейс, что делает работу в нем более простым и удобным. Чаще всего его используют в технических вузах для изучения студентами основ моделирования и проектирования.

Преимущества:

- русифицированный интерфейс: простота и удобство использования;
- простота освоения: большое количество учебных материалов в открытом доступе;
- библиотеки компонентов: наличие значительной библиотеки стандартных деталей;
- документирование: автоматическое создание спецификаций и ведомостей;
- разработка 2D-чертежей: создание чертежей согласно ГОСТ;
- трехмерное моделирование: возможность построения объемных моделей.

Недостатки:

- проблемы с поддержкой старых версий: старые проекты могут некорректно открываться в новых версиях или не открываться вовсе;
- ограниченный экспорт/импорт данных: проблемы с точностью передачи данных;
- низкая производительность: большое время загрузки и не хватка функционала для крупных, детализированных проектов.

2. AutoCAD – программный продукт черчения схем, деталей, разверток, проектирования и моделирования, разработанный компанией Autodesk. Программа располагает большим набором функций для разработки двухмерных чертежей. Однако её возможности в области создания трёхмерной визуализации ограничены, по сравнению с другими более специализированными программными средствами.

Существует несколько специализированных приложений на основе AutoCAD. Рассмотрим тот, в котором удобнее всего проектировать сборочные чертежи и 3D-модели электронных устройств.

AutoCAD Mechanical предназначен для проектирования в машиностроении и отличается наличием библиотек стандартных компонентов (более 700 тысяч элементов), генераторов компонентов и расчетных модулей, средств автоматизации задач проектирования и составления документации, возможностью совместной работы [2].

Преимущества:

- богатый функционал и универсальность: большой набор функций и инструментов для работы как с 2D-, так и с 3D-моделью;

- чертежи и схемы: создание двухмерных чертежей для документирования проекта.
- трехмерное моделирование: разработка твердотельных моделей компонентов и их дальнейшая сборка;
- экспорт/импорт данных: обмен данными с другими программными продуктами через поддержку различных форматов файлов;
- работа с массивами данных: работа над большими проектами, что делает его удобным для производственного изготовления.

Недостатки:

- сложность освоения: наличие массивного спектра разнообразных функций и инструментов;
- ресурсоемкость: высокая требовательность к системным ресурсам;
- отсутствие 3D-параметризация: нет возможности **моделирования с применением заданных параметров элементов модели и взаимосвязей между данными параметрами;**
- ограниченность: не является профессиональным программным продуктом именно для 3D-моделирования, поэтому нехватка инструментов для реализации 3D-моделей.

Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР), разработанная компанией Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий [1].

Пользователям программы предоставляется комплекс инструментов, который позволяет осуществлять полный цикл проектирования и разрабатывать конструкторскую документацию. Inventor Professional поддерживает интеграцию со смежными продуктами Autodesk, такими как вышеприведенный AutoCAD, что делает эту систему по сравнению с другими программными продуктами более утилитарным в области разработки 3D-моделей.

Преимущества:

- **высококачественная визуализация;**
- быстрая разработка и высокое качество графических изображений;
- параметрическое моделирование: поддержка изменения параметров модели в процессе работы;
- функциональность для сложных сборок: подходит для создания крупных сборочных единиц и компонентов;
- инструменты для проведения инженерных расчётов: анализ напряженно-деформированного состояния, тепловых нагрузок и электромагнитной совместимости;
- взаимодействие с другими продуктами Autodesk: быстрая передача данных между различными продуктами Autodesk.

Недостатки:

- высокая степень сложности: требуются не поверхностные знания в области моделирования и немалое время для изучения работы системы;

- дороговизна: высокая цена на лицензию
- необходимость регулярного обновления: программа становится доступной лишь крупным компаниям.

Для большей наглядности основные результаты сравнения всех трех программных продуктов занесены в таблицы 1÷3.

Таблица 1. Удобство использования

Критерий	Компас 3D	AUTOCAD	AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL
Визуализация	Средняя	Хорошая	Отличная
Интерфейс	Понятный	Сложный	Профессиональный
Освоение	Быстрое	Длительное	Кропотливое и длительное

Таблица 2. Производительность

Критерий	Компас 3D	AUTOCAD	AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL
Ресурсоемкость	Низкая	Средняя	Высокая
Скорость работы	Средняя	Средняя	Высокая
Совместимость с другими программами	Ограниченная	Хорошая	Отличная

Таблица 3. Функциональность

Критерий	Компас 3D	AUTOCAD	AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL
Работа с большими сборками	Средняя	Хорошая	Отличная
Параметрическое моделирование	Среднее	Ограниченное	Отличное
Подготовка конструкторской документации	Отличное	Хорошее	Отличное
Инженерные расчеты	Ограниченные	Ограниченные	Расширенные
2D-моделирование	Отличное	Отличное	Отличное
3D-моделирование	Ограниченное	Ограниченное	Расширенное

На основании проведенного сравнительного анализа по критериям для изготовления конструкции электронных устройств, можно сделать вывод, что самой эффективной системой для работы над 3D-моделями является AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL. Она идеально подходит для работы с большими сборками, сложными и детализированными элементами, а также для работы на крупных организациях.

Для стандартных проектов, не нуждающихся в сложных функциях 3D-моделирования, можно использовать Компас 3D и AUTOCAD, так как они все же обладают базовым набором инструментов для построения чертежей и простых моделей.

Список литературы

1. А. С. Безгин, В.А. Сорокин. Проектирование электротехнических устройств управляющих электроприводом в AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL: учебное пособие; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2021. – 137 с.
2. З.О. Третьякова, М.В. Воронина, В.А. Меркулова. Компьютерная графика. Система автоматизированного проектирования AutoCAD. – СПб.: ООО «Политехника-принт», 2019. – 127 с.

*А.В. Николенко, студ.; рук. М.А. Свириденкова, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

О РОЛИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

XXI век ознаменовался экспоненциальным ростом объемов информации, и искусственный интеллект (ИИ) вместе с машинным обучением стали незаменимыми инструментами для автоматизации процессов принятия решений в самых разных сферах деятельности. Автоматизация, основанная на ИИ, не просто оптимизирует процесс, но и позволяет значительно улучшить качество принимаемых решений.

Данное исследование посвящено изучению роли ИИ в автоматизации принятия решений, с использованием методов сравнительного и аналитического анализа. Важно четко понимать суть автоматизации принятия решений. Это, прежде всего, способ оптимизации времени, позволяющий человеку сконцентрироваться на ключевых задачах, освободившись от рутинных и механических операций, поддерживающих основную работу.

Искусственный интеллект обладает колоссальным потенциалом, способным обрабатывать как структурированные, так и неструктурированные данные, извлекая из них ценные сведения для обоснованного выбора. Основные направления работы ИИ заключаются в следующем:

1. Анализ и обработка данных: применение алгоритмов машинного обучения для выявления закономерностей и трендов.
2. Прогнозирование: способность предсказывать будущие события на основе анализа исторических данных.
3. Автоматизация рутинных задач: минимизация человеческих ошибок и увеличение эффективности через автоматизацию.

Также были рассмотрены правовые и этические аспекты применения ИИ как на международном, так и на российском уровнях, с особым вниманием к динамике его внедрения в различных государствах, включая Россию [1]. Использование ИИ, как одного из наиболее эффективных средств автоматизации, не только повышает качество принимаемых решений, но и существенно ускоряет процесс их разработки, что особенно важно в условиях высокой конкуренции на рынке.

Индекс развития ИИ был разработан как показатель, связывающий исследовательские и опытно-конструкторские работы с экономическими показателями. Иные аспекты не будут учитываться в этом индексе

На рисунке 1 представлены данные индекса развития по 23 странам на основе ключевых индикаторов.

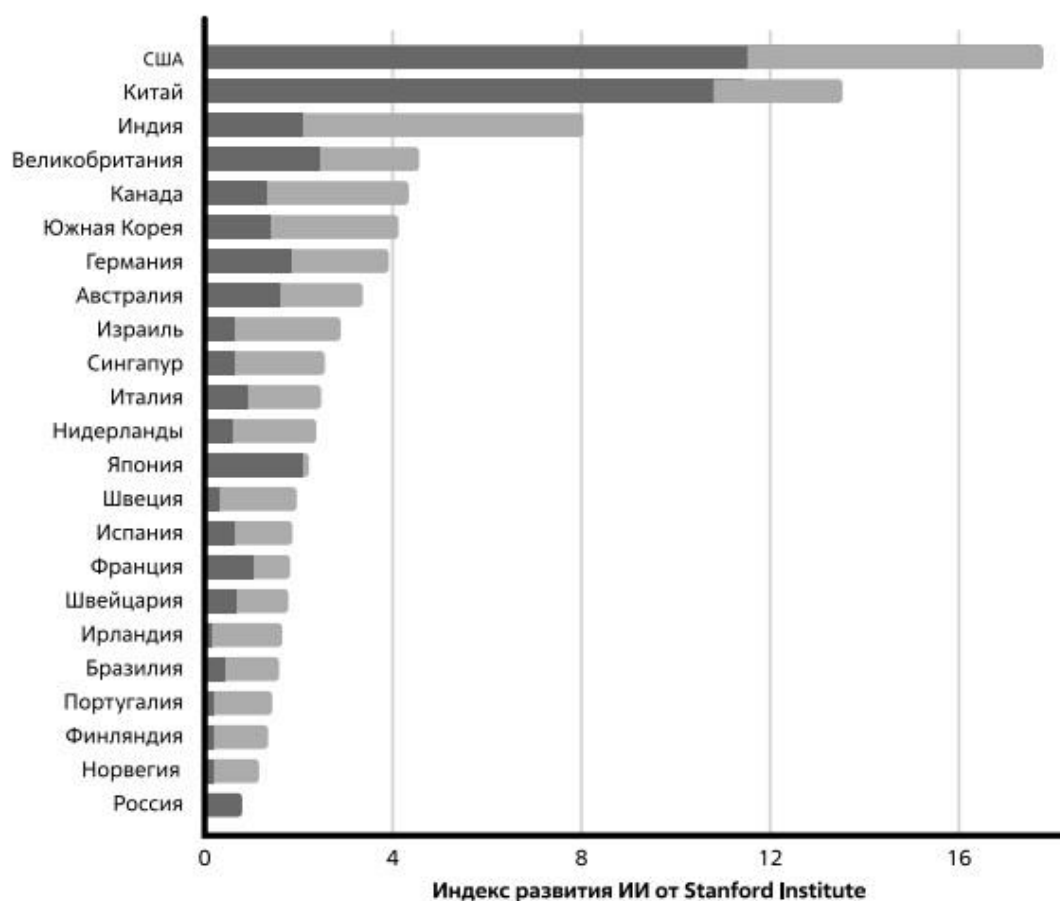


Рисунок 1 – Индекс развития ИИ от Stanford Institute (светлым тоном показан вклад показателей, связанных с экономикой, тёмным - с исследованиями и разработкой). Источник: Stanford Institute.

Данное независимое исследование было проведено Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI). Информация, представленная в отчете AI Index Report за 2022 год, основана на данных за 2021 год. В исследовании были проанализированы данные по 29 странам, где Россия заняла 23-е место, при этом вклад экономических факторов в индекс оказался незначительным. Вероятно, это связано с тем, что данные по России были неполными и отражали преимущественно исследовательскую и опытно-конструкторскую деятельность [2].

На графике видно, что США и Китай демонстрируют наиболее высокие показатели по экономическим и исследовательским аспектам развития ИИ. Это обусловлено высоким уровнем экономического и технологического развития этих стран, а также заинтересованностью корпораций и государства в развитии искусственного интеллекта. Норвегия занимает последнее место по экономическому развитию, однако демонстрирует хорошие результаты в области разработки. Анализ графика позволяет сделать вывод, что, несмотря на относительно невысокий экономический индекс развития ИИ в России, уровень разработок в этой области находится на среднем уровне.

На рисунках 2 и 3 представлены данные количества упоминаний за 2021 г. и количество упоминаний за 2016 – 2021 года.

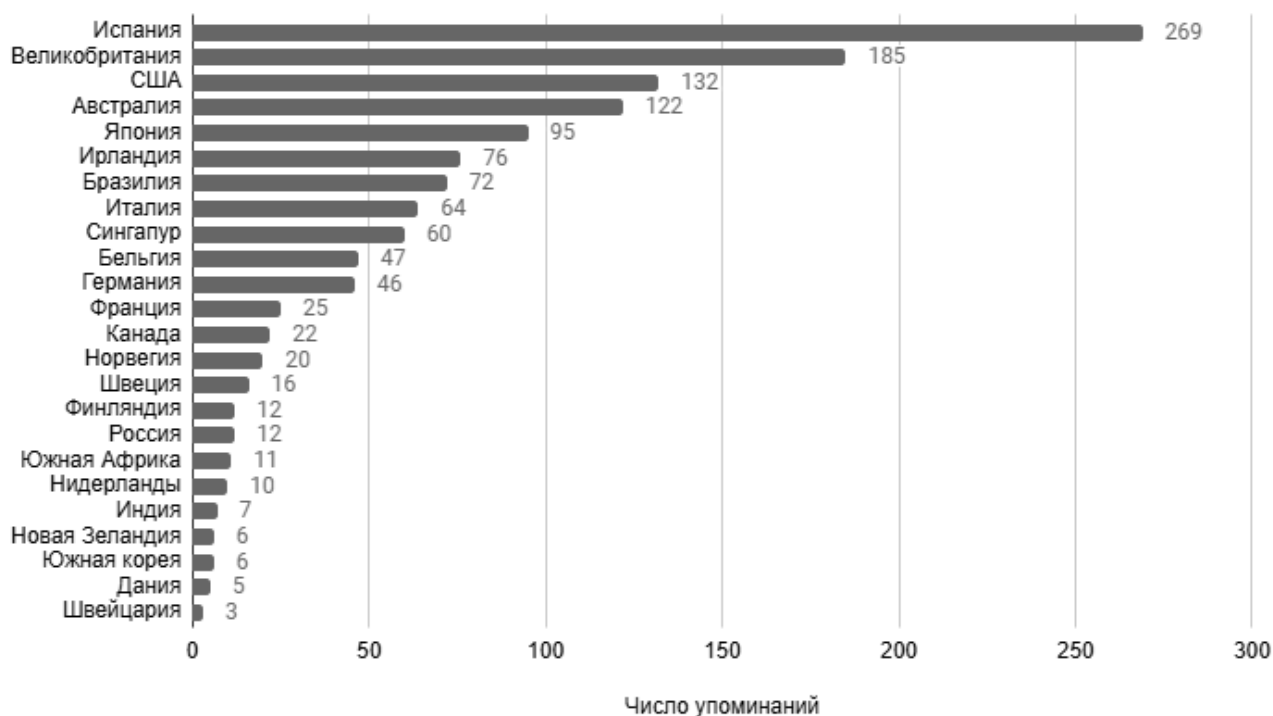


Рисунок 2 – Количество упоминаний ИИ в законодательных органах в следующих странах, 2021 г.

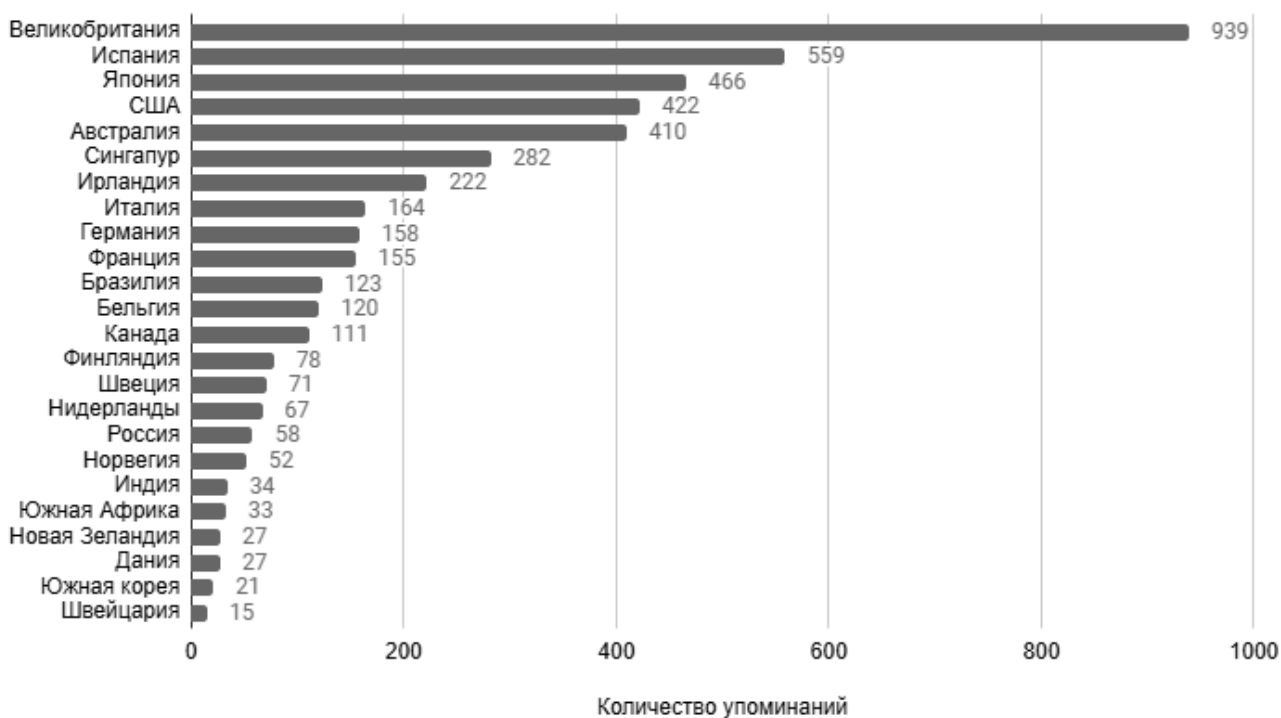


Рисунок 3 – Отображает количество упоминаний ИИ в законодательных органах в следующих странах, сумма за 2016-2021 гг.

Наибольшее количество упоминаний ИИ в законодательстве наблюдается в Великобритании и Испании. Это может быть связано с недавним осознанием

европейскими странами важности искусственного интеллекта, что привело к активному законодательному регулированию возникающих проблем. Швейцария демонстрирует минимальное количество упоминаний – всего 3 в год и 15 за 5 лет, что объясняется технологически-нейтральным подходом страны и ее невовлеченностью в действия, регулируемые Законом об ИИ в ЕС. Россия показывает результаты ниже среднего по сравнению с другими странами, что обусловлено не самым высоким уровнем технологического развития и недостатком квалифицированных специалистов.

Ключевыми факторами, способствующими успешной автоматизации принятия решений с помощью ИИ, являются: совершенствование алгоритмов машинного обучения, потребность в быстрой обработке больших объемов данных, а также стремление к повышению точности и объективности принимаемых решений. Эти факторы постоянно совершенствуются, становясь все более эффективными механизмами автоматизации [3].

Существует ряд законопроектов, способствующие технологическому росту искусственного интеллекта. К числу ключевых законодательных актов, регулирующих использование ИИ в России, относятся:

- Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. N 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
- Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации".
- Законы, касающиеся защиты данных и этики использования ИИ: Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»; Федеральный закон от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных»; Федеральный закон от 06.04.2011 №63-ФЗ «Об электронной подписи».

В 2021 году был принят Кодекс этики в сфере ИИ, устанавливающий общие этические принципы и стандарты поведения, которыми следует руководствоваться участникам отношений в сфере ИИ. Кодекс предназначен для создания среды доверенного развития технологий ИИ в России.

Для обеспечения эффективного функционирования экономики с использованием ИИ необходимо внедрение ряда мер, направленных на повышение уровня автоматизации процессов принятия решений:

1. Введение продвинутых алгоритмов машинного обучения для обработки данных.
2. Разработка систем прогнозирования и анализа на основе ИИ.
3. Обучение сотрудников навыкам работы с новыми технологиями ИИ.

Приведем примеры успешного применения ИИ для автоматизации принятия решений:

1. Рекомендации контента – Netflix, YouTube, TikTok. Эти виртуальные площадки используют машинное обучение для анализа данных о предпочтениях пользователей и предсказания, какой контент является наиболее релевантным. Это позволяет компаниям предлагать персонализированные рекомендации, что повышает уровень удержания пользователя.

2. Анализ потребительских данных – так, Coca-Cola применяет ИИ для анализа данных о потребительских предпочтениях и трендах на рынке. Это позволяет адаптировать маркетинговые стратегии и предлагать новые продукты в соответствии с потребительским спросом.

3: Прогнозирование спроса – Amazon активно использует ИИ для автоматизации прогнозирования спроса на свои товары. Системы анализируют данные о предыдущих покупках, сезонных колебаниях и поведении пользователей, что позволяет оптимизировать запасы.

В финансовом секторе ИИ может помочь в оценке кредитного риска, предсказывая вероятность дефолта заемщика. Это дает возможность более эффективно управлять рисками.

Таким образом, в данной работе были рассмотрены и проанализированы вопросы роли искусственного интеллекта в автоматизации процесса принятия решений. Было выделено множество факторов, влияющих на успешность внедрения ИИ в эту сферу, а также предложены меры по улучшению автоматизации процессов в условиях современного цифрового мира.

Список литературы

1 Бутл Р. Искусственный интеллект и экономика. Работа, богатство и благополучие в эпоху мыслящих машин [Бумажный ресурс] – Режим доступа - Москва : Альпина ПРО, 2023. - 424 с. - ISBN 978-5-206-00065-8.

2 Стэнфордский институт искусственного интеллекта, ориентированного на человека (HAI) [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://hai.stanford.edu/ai-index/2022-ai-index-report>

3 Яланжи Е. В России создадут мультиагентные системы на базе ИИ [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.comnews.ru/content/238231/2025-03-12/2025-w11/1009/rossii-sozdadut-multiagentnye-sistemy-baze-ii> 12 марта 2025.

*Е. А. Носов студ.; рук. Л. В. Фомченкова, д.э.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске*

ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БИЗНЕС-АНАЛИЗА КАДРОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЗАЦИИ

С увеличением обрабатываемой информации, люди все чаще прибегают к аналитике в различных сферах. Кадровый менеджмент не является исключением. В настоящее время работа с сотрудниками и данными о них осуществляется с помощью различных информационных систем (ИС), некоторые из которых позволяют в полной мере осуществлять кадровый учет, а в другие эта функция лишь интегрирована. Использование информационной системы связано с риском утечки данных. По данным РБК [1] Россия возглавила рейтинг стран по количеству объявлений о продаже баз данных компаний в даркнете. На российские объявления пришлось примерно 10% от их общего количества. И этот показатель продолжает расти, относительно первого полугодия 2023 г., в первом полугодии 2024 г. количество строк персональных данных, которое было скомпрометировано, увеличилось на 33,8%, что говорит о негативных тенденциях. Из этого следует, что защита информации в настоящее время является одним из

важнейших и ключевых направлений развития информационных технологий в целом.

Кадровые информационные системы хранят в себе множество информации, от персональных данных сотрудников до уровня из заработной платы, все эти данные являются конфиденциальными. Поэтому для кадровых ИС, особенно актуально обеспечение высокого уровня защиты данных. Существующие решения защищают результат анализа или выходные данные, а сам процесс не обеспечивается таким уровнем защищенности.

Утечка данных из кадровых информационных систем может принести убытки, как организациям, так и государству в целом. Получив данные о планах по развитию кадрового потенциала или аналитику кадров, злоумышленники (например, конкуренты) могут спрогнозировать стратегию организации и заранее перестроить свой бизнес, чтобы снизить выигрыш конкурента в результате планируемых изменений в организации, допустившей утечку информации. В условиях информационной войны получив доступ к аналитике кадрового потенциала государственных служащих, можно нанести урон противнику. Отсюда возникает актуальная научная задача выявить основные задачи и способы обеспечения ИБ в бизнес-аналитике кадровых информационных систем.

В настоящее время не существует методов или моделей обеспечения информационной безопасности (ИБ), предназначенных для кадровых информационных систем, но существует ряд решений, подходящих для информационных систем в целом. Все методологии можно разделить на математические, которые рассматривают риски с точки зрения количественного и математического анализа, и смешанные, предполагающие управление рисками непрерывно, с опорой на различные модели и стандарты, при этом используя математические методологии [2]. В настоящее время наиболее актуальными для прогнозирования и управления являются методологии смешанного типа.

При разработке любых информационных систем используются различные методы и способы получения информации от заказчика (заинтересованной стороны). Наиболее актуальные методы описаны в руководстве к своду знаний по бизнес-анализу BABOK V3 [3]. Для кадровых информационных систем наиболее актуальной областью знаний является «Выявление и сотрудничество». На рисунке 1 представлена диаграмма входной и выходной информации для данной области знаний.

Выходная информация (результаты анализа), также как и входная информация обычно хорошо защищены, а вот этап, на котором решаются задачи выявления требований заинтересованных сторон и сотрудничества с ними в ходе бизнес-анализа, обычно упускается из вида.

Предлагается доработать данную диаграмму и внедрить в нее элементы обеспечения информационной безопасности. Задачи и внедряемые элементы, а также результаты внедрения представлены в таблице 1.



Рисунок 22 – Диаграмма входной и выходной информации области знаний бизнес-анализа «Выявление и сотрудничество»

Таблица 1 – Внедряемые элементы ИБ

Наименование задачи	Внедряемый элемент	Результат внедрения
Подготовка к выявлению	Политика ИБ проекта	Назначение ответственных за несанкционированный доступ, описание методов защиты информации
Проведение выявления	Шифрование данных	При выполнении задачи выявления происходит извлечение информации необходимой для анализа, при внедрении методов шифрования и криптографической защиты данные при переходе от заказчика к исполнителю будут защищены и не смогут быть украдены злоумышленниками или конкурентами
Подтверждение результатов выявления	Защищенный сервер на стороне заказчика	На этом этапе происходит проверка собранной информации, внедрение защищенного сервера для сотрудников, выполняющих анализ, позволит настроить роли сотрудников и разграничить их доступ к информации
Предоставление информации бизнес-анализа		На этом этапе бизнес-аналитики осуществляют анализ и предоставляют результаты стейкхолдерам, которые оценивают и принимают работы, внедрение защищенного сервера позволит разграничить доступ сотрудников и стейкхолдеров к разной информации, и обеспечение защиты данных

Представленные в таблице 1 элементы позволяют повысить защиту информации, которую обрабатывают кадровые службы при анализе кадрового состава и оценке кадрового потенциала организации.

Таким образом, доработка диаграммы входной и выходной информации области знаний бизнес-анализа «Выявление и сотрудничество», позволит повысить уровень защищенности процесса анализа (решаемых задач диаграммы входной и выходной информации) и обеспечить защиту данных при разработке и внедрении кадровых информационных систем. Для организаций данная доработка позволит повысить уровень защиты персональных данных сотрудников и коммерческой тайны. Для государственных учреждений защита персональных данных и кадрового потенциала государства позволит снизить уязвимость страны на поле информационной войны.

Дальнейшие разработки следует продолжать в направлении увеличения степени защищенности каналов взаимодействия стейкхолдеров, а также повышения уровня защиты аналитических данных и планов развития организации.

Список литературы

1 Россия стала лидером по количеству слитых данных [Электронный ресурс] // RBC.ru: URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/30/07/2024/66a894cc9a79470efe2b8e2d (дата обращения: 10.12.2024).

2 Методы управления рисками ИБ: чем отличаются, какие устарели и что используют в России [Электронный ресурс] // Securitymedia.org: URL: <https://securitymedia.org/info/metody-upravleniya-riskami-ib-chem-otlichayutsya-kakie-ustareli-i-cto-ispolzuyut-v-rossii.html> (дата обращения: 16.12.2024).

3 Business Analysis Body of Knowledge [Электронный ресурс] // URL: <https://cdn1.tenchat.ru/static/vbc-gostinder/2023-06-20/e28d6b5e-ad2d-4e13-baef-18e3c9f033d5.pdf> (дата обращения: 10.01.2025).

*С.А. Няненков, студ.; рук. О.Е. Аверченков, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)
рук. А.А. Шорохов
(ФГУП «СПО «Аналитприбор»)*

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ УСТРОЙСТВОМ И КОМПЬЮТЕРОМ НА ПРИМЕРЕ MODBUS ASCII

Передача данных между устройством и компьютером играет важную роль в современных системах автоматизации. Одним из наиболее важных шагов в проектировании таких систем является выбор протокола передачи данных, который должен определять надежность и безопасность взаимодействия [1]. В рамках данного исследования рассматривается использование протокола Modbus для передачи данных между микроконтроллером ATmega128A и персональным компьютером (ПК).

Принцип работы устройства: микроконтроллер измеряет аналоговое напряжение и преобразует его в цифровой формат с использованием аналого-цифрового преобразователя (рисунок 1). Данные передаются через преобразователь USB-UART (FT232RL) на компьютер с использованием протокола Modbus. Компьютер обрабатывает полученную информацию и отображает её в виде графика, обеспечивая визуализацию измеренных данных.

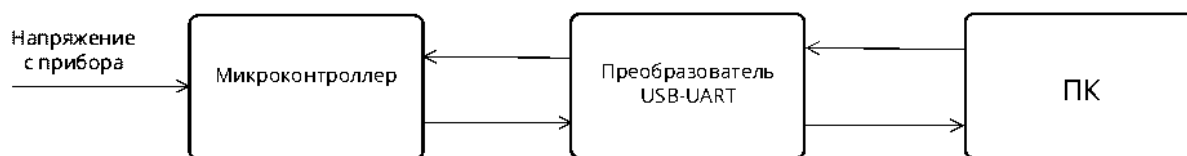


Рисунок 1 – Структурная схема блока управления

Modbus зарекомендовал себя как распространенный протокол последовательной связи в промышленной автоматизации благодаря своей универсальности и открытой архитектуре. Однако, стоит учитывать и недостатки Modbus, включая отсутствие встроенных механизмов безопасности, что делает его потенциально уязвимым. Протокол Modbus имеет две разновидности для работы с последовательными интерфейсами – это Modbus ASCII и Modbus RTU [1, 2].

Modbus ASCII – это одна из вариаций протокола Modbus, которая использует ASCII-символы для кодирования пакетов данных. Преимуществом данной разновидности является отсутствие привязки к временным интервалам за счёт использования преамбулы. Недостатком же является большая длина кадра, в отличие от Modbus RTU.

В контексте реализации системы «точка-точка», где вектор атак ограничивается физическим уровнем, применение Modbus может быть оправданным компромиссом между уровнем безопасности и удобством отладки и сопровождения. Для реализации данной системы предпочтительнее использовать Modbus ASCII так, как временные интервалы между запросами могут быть очень большими.

Протокол обмена определяет формат запроса и ответа между ведущим и ведомым устройством. Обмен данными состоит из транзакций, в процессе каждой из которых производится передача данных от ведущего ведомому или наоборот. Транзакция начинается с посылки ведущим устройством сообщения, содержащего запрос на приём данных от ведомого. Ведомое устройство, получив сообщение, адресованное ему, формирует ответное сообщение, содержащее набор запрашиваемых данных. Транзакция заканчивается после получения ведущим ответного сообщения или по достижении тайм-аута длительностью 100 мс., отсчитываемого с момента завершения передачи запроса ведущим символом (LF).

В режиме ASCII каждый байт данных кодируется двумя символами, представляющими его шестнадцатеричное значение. Например, байт A7h будет передаваться как 41h, 37h – ASCII-код символов «А» и «7». Пример конвертации байтов на языке C#:

```

byte InAscii(byte high, byte low)
{
    high = constChar(high);
    low = constChar(low);
    high = (byte)(high << 4);
}
  
```

```

    high = (byte)(high + low);
    return (high);
}
byte constChar(byte t)
{
    switch (t){
        case 0x30: return (0x00);
        case 0x31: return (0x01);
        case 0x32: return (0x02);
        ...
        case 0x46: return (0x0F);
        default: return (0);
    };
}

```

Синхронизация кадров в режиме ASCII достигается с помощью символа двоеточия «:», который указывает начало кадра, и символов возврата каретки (CR) и перевода строки (LF), обозначающих конец кадра.

Пример запроса ведущим параметров, начиная с адреса 1, приведён в таблице 1 (все значения приведены в шестнадцатеричном виде).

Таблица 1 – Пример команды запроса

:	Адрес	Функция	Номер первого регистра		Число регистров для чтения		Контрольная сумма	CR LF
3Ah	01h	04h	00h	01h	00h	01h	F7h	0Dh 0Ah
1 байт 3Ah	2 байта 30h,31h	2 байта 30h,34h	2 байта 30h,30h	2 байта 30h,31h	2 байта 30h,30h	2 байта 30h,31h	2 байта 46h,37h	2 байта 0Dh 0Ah

Пример ответа от ведомого, содержащего значения двух регистров со значениями 00h, приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Пример команды ответа

:	Адрес	Функция	Кол-во байт данных	Старший байт 1	Младший байт 1	Контрольная сумма	CR LF
3Ah	01h	04h	02h	00h	00h	F5h	0Dh 0Ah
1 байт 3Ah	2 байта 30h,31h	2 байта 30h,34h	2 байта 30h,32h	2 байта 30h,30h	2 байта 30h,30h	2 байта 46h,35h	2 байта 0Dh 0Ah

Для проверки целостности данных используется алгоритм расчёта и проверки контрольной суммы (LRC-8). Существует два подхода для данного алгоритма:

1. Приёмное устройство рассчитывает LRC и сравнивает с принятым значением LRC. При успешной транзакции значения будут совпадать.

2. Приёмное устройство складывает все байты данных, включая LRC. Сумма может превышать 8 бит, в расчёт принимаются только младшие 8 бит. При успешной транзакции итоговое значение будет равняться нулю [1].

Контрольная сумма рассчитывается путём преобразования всех шестнадцатеричных символов в двоичный формат, их сложения без учёта переноса и вычисления дополнительного кода. При расчёте LRC символы двоеточия, CR и LF не учитываются. Пример расчёта LRC приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Пример расчёта LRC

Адрес	0	1			0000	0001
Функция	0	3			0000	0011
Номер первого регистра (high)	0	0			0000	0000
Номер первого регистра (low)	0	0			0000	0000
Число регистров для чтения (high)	0	0			0000	0000
Число регистров для чтения (low)	0	2		+	0000	0010
					0000	0110
				Инверсия	1111	1001
				+1		0001
					1111	1010
Контрольная сумма	F	A			F	A

Чтобы убедиться в работоспособности протокола со стороны ведомого устройства, можно воспользоваться утилитой COM Port Toolkit (рисунок 2). Эта программа позволяет фиксировать данные, передаваемые через виртуальный СОМ-порт (т.к. реальная система использует USB), а также отправлять последовательности байт и отслеживать ответы подключённого устройства.

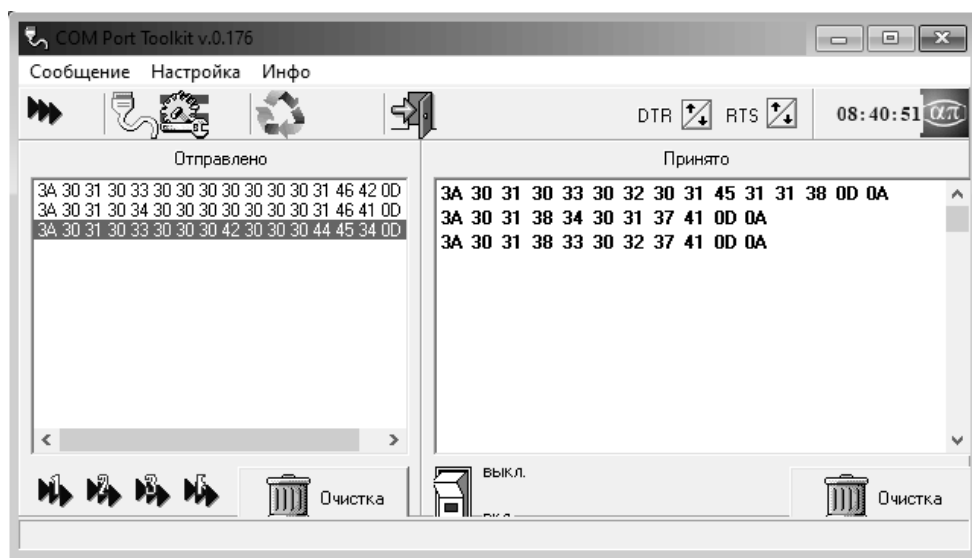


Рисунок 2 — Утилита COM Port Toolkit

Для разработки сервисного приложения нужно скачать драйвер и библиотеку FTD2XX_NET с сайта производителя USB-UART преобразователя [3].

FTD2XX_NET — это библиотека, которая позволяет взаимодействовать с устройствами, использующими интерфейс FTDI (Future Technology Devices International).

Для начала работы с FTDI устройством необходимо установить соединение с ним. Это делается с помощью метода OpenByIndex, который позволяет подключиться к устройству по его индексу. После установления соединения следует настроить параметры связи. Методы SetBaudRate, SetDataCharacteristics и SetFlowControl позволяют установить скорость передачи данных, характеристики данных (биты данных, стоп-биты, паритет) и управление потоком соответственно.

Метод Write используется для отправки данных на FTDI устройство. Он принимает массив байт для передачи и возвращает количество успешно записанных байт. Для получения данных с устройства используется метод Read, который считывает данные в буфер и возвращает число успешно прочитанных байт. По завершении работы с устройством соединение необходимо закрыть. Для этого используется метод Close

Описанный протокол был использован в составе программного обеспечения «Микропроцессорного блока управления для промышленных весов», испытания которого прошли в условиях ФГУП «СПО «Аналитприбор».

Таким образом, данная реализация протокола Modbus ASCII для обмена данными между микроконтроллером и ПК может быть эффективна в современных системах автоматизации.

Важно помнить об ограничениях Modbus, особенно в плане безопасности, и при необходимости выбирать альтернативные протоколы или усиливать защиту системы.

Список литературы

1. Н. Б. Лазарева, М. В. Еремеев Разработка автоматизированной системы управления на Modbus-протокол // ИВД. 2024. №9 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-avtomatizirovannoy-sistemy-upravleniya-na-modbus-protokol> (дата обращения: 25.02.2025).
2. Татарчевский Владимир Применение SWITCH-технологии при разработке прикладного программного обеспечения для микроконтроллеров. Часть 7 // Компоненты и Технологии. 2007. №72. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-switch-tehnologii-pri-razrabotke-prikladnogo-programmnogo-obespecheniya-dlya-mikrokontrollerov-chast-7> (дата обращения: 27.02.2025).
3. FT232RL - FTDI // FTDI Chip URL: <https://ftdichip.com/products/ft232rl/> (дата обращения: 28.02.2025).

*И.А. Оторвин, студ.; рук. А.С.Федулова, ст.преп.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В настоящее время открытое программное обеспечение (ПО) стало одним из важных элементов технологического прогресса в XXI веке. Открытое ПО прозрачно, гибко и доступно и способствует развитию знаний в различных сообществах разработчиков.

Рассмотрим роль открытого ПО в современном мире и наиболее популярные приложения с открытым исходным кодом, такие как Linux, Docker, Kubernetes. Важно отметить роль лицензии, которые регулируют использование

и распространение открытого ПО, включая GNU General Public License (GPL), Apache License, MIT License.

Одним из важных составляющих открытого ПО являются лицензии, определяющие права и обязанности пользователей и разработчиков. Лицензии, такие как GNU GPL, MIT, Apache, обеспечивают юридическую основу для свободного использования, модификации и распространения программного обеспечения.

Организация Free Software Foundation (FSF), основанная Ричардом Столлманом в 1985 году, сыграла ключевую роль в популяризации идей свободы программного обеспечения. FSF отстаивает четыре свободы: использование, изучение, модификацию и распространение открытого программного обеспечения. Эти принципы стали основой для развития проектов с открытым исходным кодом. Одним из важных для мира программирования достижений организации FSF является разработка проекта GNU, который предоставил множество инструментов для разработки свободного ПО. Инструменты GNU стали основой для Linux, которая в настоящее время является одной из самых популярных ОС в мире. FSF также разработала GNU General Public License (GPL), одну из самых популярных лицензий для свободного ПО. GPL гарантирует, что производные работы также останутся свободными, что способствует распространению идей открытого ПО [1].

Еще одной популярной сегодня является лицензия MIT License – одна из самых простых и разрешительных лицензий, которая позволяет использовать, модифицировать и распространять ПО практически без ограничений. MIT License популярна среди разработчиков, так как является гибкой и предъявляет минимальные требования. React – библиотека для разработки пользовательских интерфейсов использует MIT License.

Apache License 2.0 предоставляет широкие права на использование, модификацию и распространение ПО, а также включает защиту от патентных исков. Apache License 2.0 используется в таких проектах, как Apache Hadoop и Kubernetes, что делает их привлекательными для корпоративного использования [3].

BSD License – разрешительная лицензия, которая позволяет свободно использовать и модифицировать ПО с минимальными ограничениями. Она используется в таких проектах, как FreeBSD и PostgreSQL.

В таблице 1 представлены наиболее популярные сегодня ПО.

Таблица 1 – ПО с открытым исходным кодом

Система	Описание	Лицензия	Плюсы	Минусы	Особенности
Linux	Ядро операционной системы GNU/Linux.	GPL	- Высокая производительность. - Открытый исходный код. - Гибкость.	- Сложность настройки для новичков. - Ограниченная поддержка железа.	Основа для множества ОС и технологий, поддерживает серверы, суперкомпьютеры, мобильные устройства [4].
Docker	Платформа	Apache 2.0	- Изоляция при-	- Ограничен-	Контейнеризация

Система	Описание	Лицензия	Плюсы	Минусы	Особенности
	для контейнеризации приложений.		- Легкость развертывания. - Портативность.	- Сложность управления на больших масштабах.	приложений, упрощает разработку и развертывание.
Kubernetes	Система оркестрации контейнеров.	Apache 2.0	- Автоматизация масштабирования. - Высокая отказоустойчивость.	- Сложность настройки. - Высокие требования к ресурсам.	Управление контейнерами, стандарт для облачных сред.
Apache Hadoop	Фреймворк для обработки больших данных.	Apache 2.0	- Обработка больших объемов данных. - Высокая масштабируемость.	- Сложность настройки. - Высокие требования к ресурсам.	Обработка и анализ больших данных, используется в компаниях типа Yahoo и LinkedIn.
TensorFlow	Библиотека машинного обучения.	Apache 2.0	- Поддержка нейронных сетей. - Широкая экосистема. - Гибкость.	- Высокий порог входа. - Требуется мощное железо для обучения.	Создание и обучение нейронных сетей, используется в задачах ИИ и машинного обучения.
WordPress	Система управления контентом (CMS).	GPL	- Простота использования. - Большое количество плагинов и тем.	- Уязвимости безопасности. - Требуется регулярного обновления.	Управление контентом, популярна для создания блогов и сайтов.

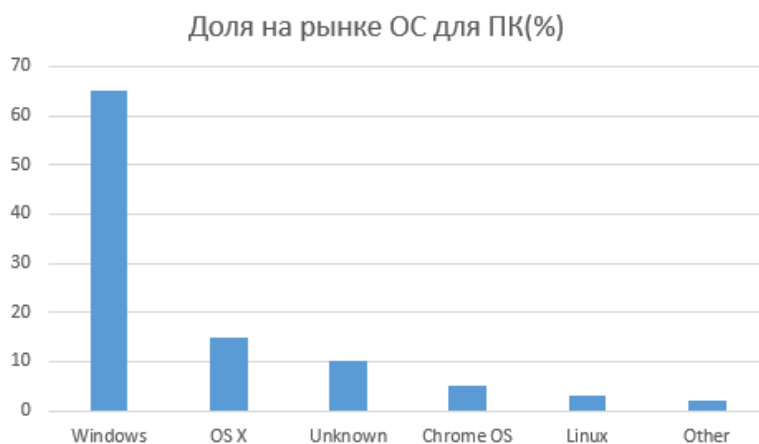


Рисунок 1 – Доля операционных систем на рынке ПК

Из рисунка 1 видно, что доля операционных систем с ядром Linux в годовом исчислении поднялась с 3,83% до 4,13%, использование открытого ПО позволяет создать индивидуальное ПО для программиста.

Использование открытого ПО позволяет компаниям сократить расходы на лицензирование и разработку. Готовые решения с открытым исходным кодом позволяют быстрее запускать продукты и услуги. Активные сообщества разра-

ботчиков обеспечивают постоянное обновление и улучшение открытых проектов.

Код открытого ПО принадлежит всему миру, и каждый программист может внести вклад в его усовершенствование, что делает открытое ПО глобальным движением прогресса в программировании. Объединяет людей ради общей цели – создания технологий, доступных каждому. В будущем открытое ПО может помогать развитию технологического прогресса, объединяя усилия разработчиков по всему миру и оставаясь важным элементом технологической экосистемы.

Открытое программное обеспечение (ПО) занимает ключевую позицию в современной технологической экосистеме, выступая катализатором инноваций и инструментом демократизации доступа к цифровым ресурсам. Проведенный анализ подтверждает, что проекты с открытым исходным кодом, такие как Linux, Kubernetes, Docker и TensorFlow, формируют основу для развития критически важных областей — от облачных вычислений и обработки больших данных до искусственного интеллекта. Их успех обусловлен не только техническими преимуществами (гибкостью, масштабируемостью, безопасностью), но и уникальной правовой моделью, закреплённой лицензиями GPL, MIT, Apache и BSD, которые обеспечивают баланс между свободой использования и защитой авторских прав.

Эмпирические данные, включая рост доли Linux на рынке операционных систем (с 3,83% до 4,13% за год), демонстрируют устойчивую тенденцию к внедрению открытых решений как в коммерческом, так и в академическом секторах. Это связано с их экономической эффективностью, прозрачностью и возможностью кастомизации, что особенно актуально в условиях растущих требований к цифровому суверенитету и снижению зависимости от проприетарных платформ.

Роль сообществ разработчиков, как показало исследование, является критической для эволюции открытого ПО. Коллективный вклад тысяч участников обеспечивает непрерывное совершенствование кода, оперативное устранение уязвимостей и адаптацию технологий к новым вызовам. Например, экосистема Kubernetes, поддерживаемая такими компаниями, как Google и Red Hat, стала стандартом для оркестрации контейнеров именно благодаря открытой модели разработки [2].

Важным выводом является также влияние лицензий на стратегии коммерциализации. Разрешительные лицензии (MIT, Apache) способствуют интеграции открытого ПО в корпоративные продукты, тогда как копилефт-лицензии (GPL) сохраняют принципы свободы, требуя открытости производных решений. Это создает основу для гибридных бизнес-моделей, где монетизация сочетается с принципами открытого исходного кода.

Перспективы открытого ПО связаны с его потенциалом для решения глобальных задач, таких как обеспечение цифровой инклюзивности и устойчивое развитие ИТ-инфраструктур.

Таким образом, открытое программное обеспечение не только трансформирует технологический ландшафт, но и формирует новую парадигму научно-технического прогресса, где коллаборация, прозрачность и доступность становятся основами инноваций.

Список литературы

1. Фонд свободного программного обеспечения – официальный сайт. – 2003. – URL: <https://www.fsf.org/ru/homepage> (дата обращения: 07.03.2025). – Текст: электронный.
2. Подорожный И.В. Введение в контейнеры, виртуальные машины и docker / А.Н. Светличный, А.В. Подлеснов – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2016. - №19. С. 49-53. – URL: <https://moluch.ru/archive/123/33873/> (дата обращения: 06.03.2025).
3. Орлов А. А. Самоучитель Linux / А.А. Орлов – СПб.: Изд-во БХВ-Петербург, 2007. – 432 с. – Текст непосредственный.

*П.А. Пузаненкова, студ.; рук. А.С. Федулова, ст.преп.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБЗОР ПЛАТФОРМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Современная строительная индустрия сталкивается с возрастающей сложностью проектов, необходимостью оптимизации затрат и сокращения сроков строительства. В этих условиях традиционные подходы к проектированию и управлению информацией о зданиях зачастую оказываются недостаточно эффективными [1]. На протяжении нескольких десятилетий системы автоматизированного проектирования (САД) являлись основным инструментом для создания проектной документации, обеспечивая возможность разработки двумерных и трехмерных чертежей зданий. Функциональность САД-систем ограничена преимущественно визуальным представлением геометрической информации об объектах. На смену им приходят новые технологии, такие как Building Information Modeling (BIM), которые предлагают принципиально иной подход к созданию и эксплуатации зданий.

В основе работы САД-систем [2] лежит создание, редактирование и организация геометрических объектов, таких как примитивы (линии, дуги, окружности), составные объекты (полигоны, сплайны) и поверхности. 2D-чертежи и 3D-модели создаются с использованием специализированных инструментов для построения, трансформации и анализа геометрических форм. Организация чертежей осуществляется посредством слоев, позволяющих разделять элементы по функциональным или типологическим признакам и управлять их видимостью для оптимизации. Чертежи оформляются в соответствии с принятыми стандартами, включая нанесение размеров, простановку выносок, добавление текстовых аннотаций и использование различных стилей линий и шрифтов. Поддерживаются различные форматы файлов, что обеспечивает совместимость и возможность обмена данными между различными программными продуктами. САД-системы широко используются в строительстве для разработки архитектурных чертежей и планов, создания конструкторской документации, проектирования инженерных сетей и визуализации проектов для заказчиков.

CAD-системы остаются важным инструментом для создания проектной документации, они не обеспечивают достаточного уровня интеграции и автоматизации процессов в строительстве, что является необходимым условием для современных проектов. Технология Building Information Modeling (BIM) призвана решить эти проблемы, предлагая новый подход к созданию, управлению и использованию информации о зданиях.

В основе BIM лежит создание информационной модели здания, представляющей собой цифровой прототип, содержащий как геометрическую, так и негеометрическую информацию об элементах. Информационное моделирование предполагает создание цифровой модели, включающей в себя трехмерную геометрию и данные о физических свойствах, материалах, стоимости, сроках эксплуатации. Важным аспектом является параметрическое моделирование, позволяющее автоматизировать внесение изменений в модель: при изменении одного параметра автоматически изменяются связанные с ним элементы, что обеспечивает согласованность модели и снижает риск ошибок.

Централизованная база данных обеспечивает хранение всей информации о здании в одном месте, что облегчает доступ к данным и обеспечивает согласованность информации между всеми участниками проекта. Взаимодействие и обмен данными обеспечиваются за счет использования открытых форматов данных, таких как IFC.

BIM способствует улучшению координации, снижению ошибок и оптимизации строительства благодаря более точному планированию. Обеспечивается улучшенное управление информацией и возможность анализа характеристик здания. **Однако, несмотря на эти преимущества, внедрение BIM требует привлечения** квалифицированных специалистов, инвестиций и изменения организационных процессов. Совместимость платформ и развитие стандартов остаются проблемами, влияющими на эффективность использования BIM [3].

BIM используется в строительстве для архитектурного проектирования и визуализации, конструкторского проектирования и расчетов, проектирования инженерных сетей, управления строительством и эксплуатацией здания, а также для анализа энергоэффективности и устойчивости. BIM может быть использован для создания цифровых двойников зданий, которые применяются для мониторинга состояния здания, прогнозирования необходимости ремонта и обслуживания, а также для управления энергопотреблением.

После рассмотрения основных принципов работы и возможностей BIM и CAD-системам выделим основные характеристики и ключевые различия в таблице 1.

Таблица 1 – Основные различия систем BIM и CAD

Характеристика	CAD	BIM
Подход к моделированию	2D/3D геометрия	Информационная модель (3D + данные)

Характеристика	<i>CAD</i>	<i>BIM</i>
Управление информацией	Ограниченное, отдельные файлы	Централизованная база данных
Совместная работа	Затруднена, требует координации	Улучшена, основана на обмене данными и совместном доступе
Анализ и моделирование	Ограничены, требуют дополнительных инструментов	Расширенные возможности анализа (энергоэффективность, прочность и т.д.)
Автоматизация	Ограничена, скрипты и макросы	Более широкие возможности, параметрическое моделирование
Жизненный цикл здания	Ориентирован на проектирование	Поддержка всех этапов жизненного цикла

Сравнение систем автоматизированного проектирования (CAD) и информационного моделирования зданий (BIM) демонстрирует, что BIM представляет собой более перспективную технологию для современной строительной индустрии. BIM выходит за рамки простого создания чертежей, предлагая значительно более широкий набор инструментов для управления информацией на протяжении всего жизненного цикла здания, от концептуального проектирования до эксплуатации и демонтажа. Эта расширенная функциональность позволяет автоматизировать многие процессы, связанные с проектированием, строительством и управлением объектами, что приводит к повышению эффективности и снижению затрат.

Однако, как CAD, так и BIM имеют свои уникальные преимущества и недостатки, и оптимальный выбор между ними определяется конкретными задачами, масштабом и сложностью проекта, а также уровнем зрелости организации.

В то же время, BIM становится незаменимым инструментом для сложных и крупных проектов, особенно тех, которые предполагают участие большого количества специалистов из разных дисциплин, таких как архитекторы, инженеры-конструкторы, инженеры по отоплению, вентиляции и кондиционированию (HVAC), сантехники и электрики. BIM обеспечивает улучшенную координацию между этими специалистами, позволяя им работать с единой информационной моделью здания, выявлять коллизии и несоответствия на ранних стадиях проектирования, и принимать более обоснованные решения. Кроме того, BIM предоставляет > CAD, вероятно, сохранит свои позиции в определенных нишах, например, для создания детализированных 2D-чертежей или для работы с проектами, где не требуется высокая степень BIM-зрелости. Однако, BIM, безусловно, станет доминирующим подходом к проектированию синергией этих двух технологий для достижения еще большей эффективности и инновационности.

Список литературы

4. Каган П. Б., Повышение эффективности проектирования и строительства / П. Б. Каган, А. О. Рыбакова // Наука и бизнес: пути развития. – М.: ТМБпринт. – 2019. - № 3(93). – С. 46–58
5. Колошкина, И. Е. Инженерная графика. САД : учебник и практикум для среднего профессионального образования / И. Е. Колошкина, В. А. Селезнев. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 220 с.
6. Талапов В. В., Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

*А.А. Пчелко, Я.А. Докторова, студ.; рук А.В. Полячков, к. т. н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ UX/UI ДИЗАЙНА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Сегодня мобильные приложения стали неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека. Они помогают оптимизировать многие процессы, экономя время и упрощая ежедневные задачи. В условиях высокой конкуренции просто сделать приложение — мало. Чтобы выделиться и заинтересовать пользователей, нужен качественный дизайн. Он становится главным ключом к успеху. Однако возникает проблема: многие приложения выглядят одинаково, теряя свою уникальность и, как следствие, конкурентоспособность на рынке.

Чтобы сделать по-настоящему достойное приложение, прежде всего, необходимо разобраться с основами UX и UI дизайна. UX (User Experience) дизайн заботится о том, чтобы пользователь легко и комфортно работал с интерфейсом. Это реализуется через понимание потребностей пользователей и проектирование интуитивно понятных интерфейсов. В свою очередь, UI (User Interface) дизайн отвечает за внешний вид интерфейса его эстетическую составляющую и визуальное восприятие. Он включает в себя работу с цветами, шрифтами, анимацией, кнопками, иконками и другими элементами, которые пользователь видит на экране.[2] При построении UX/UI дизайна следует руководствоваться следующими принципами:

1. Простота и интуитивность — интерфейс должен быть простым и понятным для пользователя. Чем меньше усилий требуется для выполнения задач, тем лучше пользовательский опыт.
2. Согласованность — все элементы интерфейса (текст, кнопки, шрифты, цвета) должны быть выдержаны в едином стиле, чтобы дизайн выглядел целостным и упорядоченным.
3. Визуальная иерархия — важные элементы следует выделять при помощи цвета, размера или расположения. Поскольку взгляд естественным образом притягивается к крупным, ярким и контрастным объектам, внимание пользователя можно направлять на ключевые элементы интерфейса, делая их более заметными.

4. Удобство навигации — навигация должна быть интуитивно понятной, чтобы пользователь мог быстро ориентироваться в интерфейсе, не тратя время на поиск необходимой информации.

5. Грамотная типографика — шрифты должны быть легко читаемыми, гармонично сочетаемыми и соответствовать стилю приложения. При построении дизайна важно учитывать размер, цвет и межстрочный интервал текста.

6. Гармоничная цветовая палитра — цвета должны сочетаться между собой, обеспечивать достаточный контраст и создавать нужное настроение и образ.[1]

Знание основных принципов UX/UI дизайна помогает создать качественный продукт. Но чтобы приложение выделялось и привлекало пользователей, важно следовать современным трендам. Наиболее актуальные направления и их отличительные особенности для удобства представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Особенности современных трендов UX/UI дизайна

Название	Отличительная особенность
Глассморфизм	Полупрозрачные, «стеклянные» элементы с размытием фона, создающие эффект глубины и лёгкости. Часто используются мягкие тени, минималистичная палитра. В мобильных приложениях создаёт современный и лёгкий вид, особенно подходит для карточек, модальных окон и всплывающих подсказок.
Неоморфизм	Элементы, будто выдавленные из фона или наоборот вдавленные в него. Минимум цветов, акцент на свет и тени, создающие объём и тактильность интерфейса. Придаёт элементам осязаемость, часто используется для кнопок, полей ввода и переключателей.
Минимализм	Простота форм, ограниченная цветовая палитра, отсутствие лишних деталей. Максимальная функциональность. Обеспечивает быструю навигацию и удобство использования за счёт отсутствия визуального шума.
Даркмод (Тёмная тема)	Тёмные фоны с яркими акцентами, снижающие нагрузку на глаза и экономящие заряд устройств. В мобильных приложениях улучшает читаемость и придаёт современный вид.
Брутализм	Намеренная грубость и простота, резкие шрифты, контрастные цвета. Акцент на функциональности, иногда в ущерб эстетике. Подходит для креативных проектов и смелых решений.
Градиенты	Плавные цветовые переходы, создающие динамику и акцент. Применяются для фонов, кнопок и выделения ключевых элементов интерфейса. Добавляют яркость и свежесть, помогают выделять кнопки призыва к действию.

Безусловно, у данных направлений есть свои сильные стороны. Но их частое использование привело к тому, что приложения стали похожи друг на друга и в настоящее время сложно найти что-то действительно свежее и необычное. Поэтому особенно важно искать новые, нестандартные подходы, которые

помогут создать не просто удобный, но и действительно запоминающийся интерфейс.

Один из таких креативных подходов — это коллажный стиль и техника вырезок из фотографий. Такой приём открывает огромные возможности для творчества, помогает создавать дизайн, который полностью погружает пользователя в особую атмосферу, задуманную автором. Основная идея коллажного стиля заключается в создании композиций из вырезок различных изображений. Для этого из любой картинки вырезается фон, либо определенные части изображения. Фрагменты совмещаются в одну новую картинку. При этом можно добавлять текст, текстуры и различные фильтры, использовать фигуры, линии и так далее. Изображения для создания коллажей можно искать на просторах интернета, а также генерировать с помощью специальных нейросетей. Например, для поиска вдохновения и материалов можно использовать платформу «Pinterest», где собрано множество интересных картинок, а уникальные изображения генерировать с помощью бесплатной нейросети «Leonardo AI». Важно, чтобы сохранялся определенный стиль и идея работы. Поэтому нужно тщательно выбирать изображения, чтобы все элементы соответствовали друг другу и создавали гармоничный целостный визуальный эффект.

В дизайне мобильных приложений коллажи могут заменить обычные иллюстрации и фото. Также с помощью некоторых фрагментов изображений можно интересно оформить карточки, фон, иконки. Необходимо подбирать ресурсы, соответствующие тематике и задумке приложения. Материалы должны также согласовываться с основной палитрой программного продукта. Коллажи и фрагменты изображений должны не перегружать дизайн, а лишь оживить, добавить уникальности в интерфейс.

Следовать современным трендам, несомненно, важно, но еще лучше — добавлять в дизайн свой творческий подход и создавать не просто интерфейсы, а уникальные визуальные решения. Дизайнерам рекомендуется постоянно улучшать свои навыки, тренировать насмотренность и находить вдохновение в окружающем мире. При этом, разрабатывая дизайн, важно учитывать потребности пользователей, чтобы им было удобно и приятно взаимодействовать с продуктом.

Таким образом, в данной работе были проанализированы современные тренды UX/UI дизайна, а также предложен креативный подход, который может стать альтернативой уже привычным решениям.

Список литературы

1. Айрапетян Г. М. Дизайн мобильного приложения // Молодой ученый. 2018. Т. 48. С. 12–15.
2. Что такое UX/UI-дизайн и как попасть в эту профессию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://skillbox.ru/media/design/ux_ui_dizayn_chno_eto_takoe/ (Дата обращения: 01.03.2025).

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИ- ЗАЙНА ВЕБ-САЙТОВ КОНКУРЕНТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛУЧШИХ ПРАКТИК

Современные веб-сайты, как инструмент презентации информации и взаимодействия с пользователями, требуют тщательного подхода к дизайну, функциональности и удобству использования. Эти элементы должны обеспечивать не только визуальную привлекательность, но и высокую производительность, особенно в условиях работы с большими объемами данных и необходимостью быстрой загрузки контента. В данной статье проводится сравнительный анализ ключевых аспектов веб-сайтов, с акцентом на их дизайн, навигацию, контент и функциональность. Цель анализа – выявить лучшие практики, которые могут быть полезны для создания эффективного и привлекательного сайта, отвечающего потребностям как владельцев, так и их аудитории

Для достижения поставленной цели был разработан набор ключевых критериев. Эти критерии охватывают основные аспекты, которые влияют на успешность веб-ресурса: от визуального восприятия до технической оптимизации:

1. Визуальная привлекательность:

Дизайн сайта формирует первое впечатление пользователя. Важными аспектами являются цветовая гамма, типографика, качество изображений и общая стилистика. Хороший дизайн должен быть не только эстетичным, но и соответствовать целям сайта.

2. Удобство навигации:

Навигация должна быть интуитивно понятной и обеспечивать быстрый доступ к ключевым разделам. Логичная структура меню, наличие поиска и четкие призывы к действию (СТА) улучшают пользовательский опыт [1].

3. Контент:

Качество контента включает его полноту, актуальность и полезность для пользователя. Важно, чтобы информация была структурированной, легко читаемой и отвечала на основные вопросы целевой аудитории.

4. Функциональность:

Функциональность охватывает такие элементы, как онлайн-формы, интеграция с внешними сервисами (например, социальными сетями) и адаптивность для мобильных устройств. Эти функции делают сайт более удобным и полезным для пользователей.

5. Уникальные особенности:

Уникальные элементы, такие как анимация, интерактивные компоненты или нестандартные решения, помогают выделить сайт среди конкурентов и создать запоминающееся впечатление [2].

На основе описанных критериев был проведен анализ нескольких веб-сайтов фотографов. Это позволило оценить, как различные подходы к дизайну,

навигации, контенту и функциональности влияют на общее впечатление от сайта и его эффективность в привлечении клиентов. Результаты анализа, которые помогут выделить лучшие практики и определить области для улучшения представлены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Анализ конкурентов

Конкурент	Плюсы	Минусы
Сайт 1	• Подробно расписано что входит в стоимость каждой услуги; • Большой перечень вопросов, которые могут интересовать клиентов, и ответ на них.	• Невозможность вернуться на главную страницу; • Маленький и тонкий, режущий глаза шрифт, а также некоторые элементы сайта; • Некоторые фотографии на главной странице сливаются с кнопкой; • Неудобные URL-ссылки; • Ненужная кнопка «Поделиться сайтом»; • Отсутствие уникальности в дизайне, так как сайт сделан в конструкторе (многие элементы повторяются на сайтах конкурентов).
Сайт 2	• Чересчур яркое и хаотичное всплывающее окно с просьбой перейти в социальные сети; • Неправильно рабочая кнопка «вниз»; • Бессмысленные вкладки в меню; • Слишком много пустого пространства на фотографии главной страницы; • Используется слишком много разных шрифтов.	• Интересные и уникальные идеи, связанные со шрифтами; • Вкладка «Последние работы», где можно больше узнать о фотографе; • Уникальный дизайн, сделанный не в конструкторе.
Сайт 3	• Наличие уникального контента в виде видео со съёмок; • На главной странице расположена вся минимально-необходимая информация (и есть возможность узнать больше); • Наличие акций и выгодных предложений; • Наглядная демонстрация ретуши фотографий (до/после); • Множество вариантов связи с фотографом; • Возможность посмотреть каждую фотографию и каждое видео в сервисе «Pinterest»; • Вкладка «Блог», где можно больше узнать о фотографе и её работах; • Уникальный и подробный раздел с	• Маленький и тонкий, режущий глаза шрифт, а также некоторые элементы сайта; • Отсутствие уникальности в дизайне, так как сайт сделан в конструкторе (многие элементы повторяются на других сайтах). • Ненужная кнопка «Поделиться сайтом».

Конкурент	Плюсы	Минусы
	рекомендациями по местам для фотосессии; • Наличие не только внутренних отзывов сайта, но и отзывов с сервиса «Яндекс карты»; • Наличие вкладки «Обо мне», где можно узнать некоторые дополнительные детали о фотографe и фотосессиях; • Плавные анимации при изучении сайта.	

Исходя из анализа конкурентов, можно сделать вывод, что успешный сайт фотографа должен сочетать в себе несколько ключевых элементов, которые не только привлекают внимание, но и обеспечивают удобство для пользователей. Во-первых, дизайн сайта должен быть уникальным и тщательно проработанным, желательно вручную, а не через шаблонные конструкторы. Это позволяет избежать шаблонности и создать запоминающийся образ, который выделит фотографа среди конкурентов. Уникальный дизайн также помогает передать индивидуальный стиль и атмосферу, что особенно важно для творческих профессий.

Во-вторых, сайт должен быть информативным и удобным в использовании. Наличие таких разделов, как блог или FAQ, не только помогает клиентам лучше понять, что они получают за свои деньги, но и раскрывает личность фотографа, его подход к работе и профессиональные ценности. Это создает доверие и эмоциональную связь с потенциальными клиентами. Например, блог может включать истории о съемках, советы по подготовке к фотосессии или рассказы о вдохновении фотографа, что делает сайт более живым и интересным.

Кроме того, важно уделить внимание удобству навигации. Как показывает анализ, сайты с плохой навигацией (например, отсутствие возможности вернуться на главную страницу или сложная структура меню) могут отпугнуть пользователей. Простое и интуитивно понятное меню, как у конкурента 4, помогает клиентам быстро находить нужную информацию, что значительно улучшает пользовательский опыт.

Таким образом, успешный сайт фотографа – это баланс между уникальным дизайном, удобством использования и качественным контентом, который помогает клиентам лучше понять фотографа и его работу. Учитывая эти рекомендации, можно создать сайт, который не только привлекает внимание, но и эффективно работает на привлечение клиентов. Примечательно, что данный анализ и рекомендации применимы не только к сайтам фотографов, но и к любым другим веб-ресурсам, где важно сочетание визуальной привлекательности, удобства и функциональности.

Список литературы

1. PRO design – Теория построения лендинга // Yudaev.School [Электронный ресурс]. URL: <https://yudaevschool1.getcourse.ru/pl/teach/control/lesson/view?id=327747056&editMode=0>. (дата обращения: 17.03.2025).

2. Анализ сайта: какие виды бывают, как проводить и зачем это нужно? // uplab [Электронный ресурс]. URL: <https://www.uplab.ru/blog/analiz-sajtov/> (дата обращения: 17.03.2025).
3. Как провести анализ сайта конкурентов — на что смотреть и какие сервисы использовать // MOLINOS [Электронный ресурс]. URL: <https://molinos.ru/about/blog/kak-provesti-analiz-sayta-konkurentov-na-cto-smotret-i-kakie-servisy-ispolzovat-15> (дата обращения: 17.03.2025).

*П.А. Сливина, студ.; рук. Я.А. Федотов, к.т.н., доцент
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИГР: GODOT ENGINE, UNITY, UNREAL ENGINE

При создании любого игрового проекта как начинающие, так и опытные разработчики сталкиваются с проблемой выбора наиболее подходящей платформы для разработки игр. Платформа разработки компьютерных игр представляет из себя программное обеспечение, помогающее разработчикам реализовывать проекты быстрее, предоставляя необходимые инструменты и функции в одном интерфейсе на определенном языке программирования. Разнообразие представленных в игровой индустрии средств и платформ, использующих различные языки программирования, представляющих различный функционал и возможности в создании игр задают высокий порог вхождения, препятствующий скорейшей разработке новых проектов [1].

Целью данной работы являлось предоставление сравнительного анализа платформ, их ключевых характеристик, требований и возможностей для разрешения указанной проблемы выбора наиболее удобной платформы создания компьютерных игр.

В работе рассматривались наиболее распространенные в настоящее время платформы разработки: Godot Engine, Unity и Unreal Engine. Далее будет представлен их сравнительный обзор и анализ.

Платформа разработки Godot Engine была выпущена в 2014 году и является самой новой из представленного на рассмотрение набора. Она достаточно проста в освоении для начинающих программистов, поскольку использует в своей основе простой в изучении скриптовый язык программирования GDScript, напоминающий по своей структуре Python. Также Godot Engine поддерживает использование языка C#, к которому привыкли большее количество уже опытных разработчиков. Одним из ключевых отличий Godot Engine от других платформ является его открытый исходный код и бесплатность в использовании, даже в коммерческих проектах, что делает его более привлекательным и доступным для начинающих команд разработчиков игр. Основная идея архитектуры Godot Engine состоит в использовании узлов (Nodes) и сцен (Scenes), которые образуют иерархическую структуру проекта, где узлы являются базовыми блоками, из которых в дальнейшем формируются игровые сцены [2].

По сравнению с Godot Engine платформа для разработки в реальном времени Unity, выпущенная в 2005 году, является более проработанным программным продуктом с большим количеством готовых решений и устоявшимся сообществом разработчиков. По оценкам некоторых игровых изданий наибольшее число компьютерных игр, представленных на наиболее популяр-

ных игровых платформах Steam, Battle.Net и Epic Games, написаны на платформе Unity. В своей основе платформа использует широко распространенный в программировании язык C#. Unity также поддерживает визуальное программирование через инструмент «Bolt», что облегчает разработку для тех, кто не хочет углубляться в написание кода [3].

Одним из ключевых преимуществ Unity является его кроссплатформенность и поддержка большого числа операционных систем, включая: Windows, MacOS, Linux, Android, iOS; игровые консоли PlayStation, Xbox, Nintendo Switch; разработку игровых веб приложений. Архитектура игрового проекта на Unity схожа с подходом платформы Godot Engine. В качестве базовых строительных блоков используются игровые объекты (GameObjects), наполненные компонентами (Components), определяющими его поведение и функциональность. Например, компонент «Transform» отвечает за положение, вращение и масштаб объекта.

Самая ранняя из представленных на обзор платформ разработки игр Unreal Engine была выпущена в 1998 году. Платформа Unreal Engine – один из самых мощных и профессиональных программных продуктов для создания игр в мире на настоящее время, применяющаяся как в разработке малых проектов и инди-игр, так и в создании масштабных проектов с высоким бюджетом. Несмотря на большое число реализованных функциональных возможностей и библиотек, как и рассмотренная ранее платформа Unity, Unreal Engine имеет в своем составе среду визуального программирования «Blueprints», позволяющую создавать логику игры без написания кода, что является существенным преимуществом для начинающих и неопытных разработчиков игр [4]. В основе платформы лежит высокоуровневый высокопроизводительный язык программирования C++, который позволяет создавать сложные, оптимизированные проекты, что является хорошим выбором для разработки высокобюджетных проектов и игр большими командами профессиональных разработчиков. В случае работы над большими программными продуктами визуальная среда «Blueprints» также предлагает широкий функционал и удобные возможности для дизайнеров игровых сцен.

Одним из главных преимуществ Unreal Engine перед другими рассмотренными платформами разработки игр является ее широкий набор средств и инструментов графической обработки визуальных объектов и сцен. Программа поддерживает передовые технологии, такие как «Ray Tracing», «Nanite» и «Lumen», что делает ее наиболее подходящим выбором для создания 3D-игр с фотореалистичной графикой.

Для сравнительного анализа рассмотренных платформ разработки игр: Godot Engine, Unity и Unreal Engine были выбраны следующие параметры: «Стоимость», «Минимальные требования», «Язык программирования», «Графика», «Производительность», «Порог входа в платформу» и «Готовые ресурсы для создания игр».

Ниже приведена таблица 1 для трех представленных платформ разработки игр, представляющая их сравнительный анализ по выбранным параметрам.

Таблица 1 – Сравнительный анализ платформ для разработки игр

Параметр	Godot	Unity	Unreal Engine
Стоимость	Бесплатный	Бесплатный для небольших проектов, платный для крупных (есть планы подписки)	Бесплатный, но если доход от проекта составляет более 1 млн. долларов, то платится 5% от суммы
Минимальные требования для установки и работы программного обеспечения (Windows)	ОС: Windows 7. Процессор: двухъядерный процессор с частотой 2 ГГц. Оперативная память: 4 ГБ. Видеокарта: аппаратное обеспечение, совместимое с OpenGL 3.3 / OpenGL ES 3.0. Место на диске: 1 ГБ.	ОС: Windows 10 версии 1909 (64-битный). Процессор: Архитектура X64 с поддержкой инструкций SSE2 Оперативная память: 4 ГБ. Видеокарта: процессоры с поддержкой DX10, DX11 и DX12. Место на диске: 10 ГБ.	ОС: 64-разрядная версия Windows 10 1909. Процессор: Четырехъядерный процессор Intel или AMD с частотой 2,5 ГГц или выше. Оперативная память: 8 ГБ. Видеокарта: совместимая с DX 11 или 12. Место на диске: 32 ГБ.
Язык программирования	GDScript, C#, VisualScript, C++ (через модули)	C# и Bolt (визуальное программирование)	C++ и Blueprint (визуальное программирование)
Графика	Хорошая для 2D, средняя для 3D (используется OpenGL/Vulkan)	Хорошая для 2D и 3D (используется DirectX, OpenGL, Vulkan)	Лучшая для 3D (используется DirectX, Vulkan, Ray Tracing)
Производительность	Подходит для небольших проектов	Оптимизирован для средних и крупных проектов	Оптимизирован для крупных проектов, но требует качественного оборудования
Порог входа в платформу	Низкий порог, подходит для начинающих разработчиков	Средний порог, удобен в освоении, наиболее распространен, много обучающих ресурсов	Высокий порог входа, достаточно сложен для начинающих разработчиков.
Готовые ресурсы для создания игр (3D модели, музыка, визуальные эффекты и т.д.)	Самое наименьшее количество ресурсов	Широкий выбор, существует магазин функций (Unity Asset Store)	Широкий выбор, имеет свой магазин ресурсов (Unreal Marketplace)

Анализируя представленную в таблице 1 информацию, можно сделать выбор о том, что для начинающих разработчиков, ограниченных мощностью используемой аппаратуры, лучше всего подойдет платформа Godot Engine, имеющую также наименьший порог вхождения. В остальных случаях, когда про-

блема начального изучения возможностей платформы не стоит настолько остро, стоит выбирать между Unity или Unreal Engine. Платформа разработки игр Unity лучше подходит для любого 2D проекта, а также 3D игры, не требующей фотореалистичной графики. Unity является компромиссным выбором между платформами разработки Godot и Unreal Engine. В свою очередь использование Unreal Engine хорошо подходит для создания масштабных высокобюджетных проектов, требующих большой команды разработчиков и графических дизайнеров.

Список литературы

1. Дэвис Э. Разработка 3D-игр в Unity: руководство / Э. Дэвис, Т. Батист, Р. Крейг, Р. Станкел; перевод с английского П. М. Бомбаковой – Москва: ДМК Пресс, 2023. – 298 с. – ISBN 978-5-93700-254-9.
2. Официальная документация Godot Engine // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.godotengine.org> (дата обращения: 18.03.2025).
3. Официальная документация Unity // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com> (дата обращения: 18.03.2025).
4. Официальная документация Unreal Engine // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com> (дата обращения: 18.03.2025).

*Е.С. Скугарева, студ.; рук. М.А. Андреев, ст. преп.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

На сегодняшний день образовательный процесс претерпевает глубокие изменения, связанные с интеграцией информационных технологий. Это обусловлено тем, что информационные технологии проникают сейчас во все сферы жизни человека, и логичным продолжением является их внедрение в процесс обучения. Важную роль в этом процессе играют информационно-коммуникационные технологии, которые помогают учащимся и преподавателям получить упрощенный доступ к учебной информации и автоматизировать рутинные процессы.

Объектом данного исследования являются информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). В ходе исследования необходимо выявить их актуальные направления и техническую базу, предоставляемые возможности для удовлетворения учебных потребностей, а также определить основные преимущества и недостатки ИКТ в образовательной деятельности.

Информационно-коммуникационные технологии можно определить как информационные процессы и методы работы с информацией, осуществляемые с применением средств вычислительной техники и средств телекоммуникации.[1] В контексте образовательного процесса эти технологии способны оказать поддержку учащимся и преподавателей в ходе обучения. В частности, они способны упростить усвоение учебной информации и облегчить к ней доступ, помочь в автоматизации рутинных процессов, улучшить взаимодействие как между самими учащимися, так и между учащимися и преподавателями и т.д. [2]

Одним из вариантов достижения этих целей может быть интерактивная среда обучения, реализованная, например, в виде программного обеспечения. Такая среда удобна тем, что ее можно наполнить различными формами учебных материалов (аудио- и видео-материалы, симуляции, игры и т.д.). Кроме того, в основу интерактивной среды обучения можно заложить современные образовательные подходы.

Одним из таких подходов является геймификации. Он основывается на использовании игровых элементов и механик в процессе обучения. Например, это может быть механика получения баллов за выполнение заданий, повышения уровней и получения достижений. [3] Технически этот подход может быть реализован через систему управления обучением, которая отслеживает прогресс студентов и предоставляет обратную связь. В рамках данного подхода можно дополнительно стимулировать мотивацию учащихся за счет внедрения соревновательных элементов и досок лидеров, где они могут увидеть свои достижения и сравнить их с достижениями других участников. Помимо этого, существует также возможность внедрения в учебный процесс игровых сценариев, которые могут быть представлены в виде симуляций и ролевых игр. Симуляции устроены таким образом, что учащиеся сталкиваются с необходимостью принимать решения, после чего они могут анализировать последствия своих действий. Поэтому можно сказать, что этот подход не только способствует формированию практического опыта, но и развивает критическое мышление. Наиболее подходящими технологиями для реализации симуляций являются технологии виртуальной и дополненной реальности, поскольку они создают погружающую образовательную среду, способствующую активному обучению. Ролевые игры могут быть разработаны на основе нарративного подхода, который включает введение сложных сюжетных линий и персонажей с уникальными характеристиками. Технически они могут быть реализованы с использованием интерактивных сценариев и диалоговых систем, позволяющих учащимся взаимодействовать с виртуальными персонажами и принимать решения, которые влияют на развитие сюжета. Такой подход не только способен повысить вовлеченность учащихся в учебный процесс, но и развить их коммуникативные навыки, так как они учатся работать в команде, обсуждать стратегии и принимать совместные решения. Исследования также показывают, что использование такого образовательного подхода как геймификация может повысить мотивацию учащихся и способствовать получению удовольствия от обучения. [4]

Другим подходом к организации интерактивной среды может служить подход адаптивного обучения, который основан на настраивании учебного процесса под индивидуальные нужды и уровень подготовки учащегося. Технически он может заключаться в использовании инструментов сбора и анализа данных, динамической настройки содержания, как, например, изменение уровня сложности заданий, создания индивидуальной отчетности о прогрессе учащегося, а также системы рекомендаций дополнительных ресурсов

и упражнений на основе умных алгоритмов и искусственного интеллекта. Кроме того, адаптивное обучение можно совмещать с геймификацией. Систематическое применение данных подходов создает условия для персонализации образовательного процесса, что позволяет адаптировать обучение к индивидуальным потребностям и особенностям каждого учащегося. Это, в свою очередь, способствует визуализации учебного материала, облегчая его усвоение и запоминание. [3]

Организация упрощенного доступа к информации может быть реализована через разнообразные подходы, адаптированные к текущим потребностям учащихся и преподавателей. В контексте поиска образовательной информации целесообразно использовать цифровые ресурсы, специально разработанные для этой цели. К таким ресурсам относятся электронные библиотеки, специализированные поисковые системы и агрегаторы. В случае необходимости сохранения информации, можно обратиться к программному обеспечению, которое предоставляет возможности для хранения данных как локально, так и на удаленных серверах, а также для их структурирования. Это могут быть как базовые текстовые редакторы, так и специализированные приложения, использующие ментальные карты для визуализации информации. Системы управления знаниями и базы данных также играют важную роль в упорядочивании и быстром поиске информации, позволяя пользователям эффективно организовывать свои заметки и ресурсы. Не менее важным аспектом является использование облачных сервисов для хранения данных, которые обеспечивают доступ к информации из любой точки и на различных устройствах.

Зачастую, такие ИКТ часто предлагают дополнительные функциональные возможности, способствующие управлению учебным временем. Они позволяют планировать занятия, контролировать выполнение задач и проектов, а также напоминать о предстоящих сроках сдачи заданий. Данный функционал может быть эффективно интегрирован в контекст группового обучения, где автоматизация распределения заданий и отслеживание прогресса учащихся могут значительно снизить нагрузку на преподавателей и повысить общую эффективность образовательного процесса.

В контексте группового обучения существует также ряд ИКТ, которые способны упростить коммуникацию между всеми участниками образовательного процесса. Например, это могут быть специализированные форумы и социальные сети, в которых можно обмениваться идеями, задать вопрос и обсудить учебный материал. Также это может быть различное программное обеспечение, предоставляющее возможность проводить виртуальные классы и видеоконференции. Такие инструменты особенно актуальны, когда имеется потребность в дистанционном обучении, например, в сезон простуды и гриппа или при более серьезной эпидемиологической ситуации.

Функциональные возможности ИКТ базируются на ряде современных технологий. Во-первых, это кроссплатформенные и облачные технологии,

которые позволяют пользователям не только синхронизировать свои данные на любых платформах (веб, Android, iOS), но и не заполнять память устройств. Во-вторых, это искусственный интеллект и машинное обучение, предоставляющие возможность персонализации обучения и автоматизации различных процессов. В-третьих, это инструменты для визуализации данных и предоставления различных мультимедийных возможностей. В программном продукте могут быть использованы графические библиотеки и редакторы для визуального представления информации и ее редактирования, а также могут реализовываться механизмы перетаскивания содержимого на экране (например, перетаскивание файлов, изображений, текстовых блоков и т.д.) для более простого и понятного взаимодействия с интерфейсом программы. В-четвертых, это технологии интеграции с другими сервисами такие как интерфейсы прикладного программирования, различные плагины и расширения. Данные технологии помогают интегрировать в программный продукт привычные для пользователя инструменты (например, электронная почта и календарь), настроить функционал и даже интерфейс под собственные нужды. [3]

Использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовании, несмотря на свои преимущества, имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, одним из основных недостатков является недостаточное владение преподавателями современными компьютерными технологиями и методиками их применения в обучении. Это приводит к тому, что традиционные методы преподавания переносятся на новые средства ИКТ, что сводит на нет их методические и технологические преимущества. Во-вторых, процесс обучения может быть затруднен нарушением обратной связи между обучаемыми и преподавателями, вызванным техническими неполадками или работой с большими группами. В-третьих, наличие ИКТ в образовательном процессе приводит к массовому заимствованию работ из интернета, что снижает эффективность обучения и формирует зависимость студентов от готовых материалов. В-четвертых, большое количество литературы, содержащей непроверенную или противоречивую информацию, а также некачественные учебники, может создавать у студентов неполные и фрагментарные представления о дисциплине, что негативно сказывается на их обучении и понимании предмета.[5]

На основании проведенного исследования можно выделить несколько ключевых выводов о роли ИКТ в образовательной среде. Современный образовательный процесс характеризуется многообразием программных решений, основанных на передовых информационных технологиях, которые способны эффективно удовлетворять разнообразные потребности как обучающихся, так и преподавателей. Эти технологии обеспечивают доступ к образовательным ресурсам в любое время и способствуют созданию более гибкой и адаптивной образовательной среды.

Одним из значительных преимуществ ИКТ является их способность к персонализации образовательного процесса. Это позволяет адаптировать содержание и методы обучения под индивидуальные особенности и

потребности студентов, что, в свою очередь, способствует повышению их мотивации и вовлеченности. Кроме того, ИКТ улучшают коммуникацию между участниками образовательного процесса, создавая условия для более активного взаимодействия между студентами и преподавателями, что является важным аспектом современного обучения.

Тем не менее, использование ИКТ в образовательной практике не лишено недостатков. К числу таких недостатков можно отнести риск перегрузки пользователей изобилием доступных технологий, что может затруднить выбор наиболее подходящих инструментов для достижения образовательных целей. Также многие пользователи могут столкнуться с трудностями при адаптации к новым цифровым инструментам, особенно те, кто не имеет достаточного опыта работы с ними. Более того, существует опасность формирования зависимости от технологий, что может негативно сказаться на учебной активности и личной эффективности студентов.

Таким образом, для успешной интеграции ИКТ в образовательный процесс необходим комплексный и взвешенный подход, который учитывает как положительные, так и отрицательные аспекты их применения. Важно разрабатывать и внедрять стратегии, направленные на минимизацию потенциальных рисков и максимизацию положительных эффектов. Это является ключевым условием для достижения высоких результатов в обучении и формирования качественной образовательной среды, способствующей развитию студентов.

Список литературы

1. . ГОСТ Р 52653-2006 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения». <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52653-2006>
2. Газенаур, Е. Г. Компьютерные технологии в науке и образовании: информационные и коммуникационные технологии : учебное пособие / Е. Г. Газенаур, Л. В. Кузьмина, Н. В. Газенаур. — Кемерово : КемГУ, 2022. — ISBN 978-5-8353-2964-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/332318> (дата обращения: 15.03.2025).
3. «Баланов, А. Н. Цифровизация в образовательной сфере : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 400 с. — ISBN 978-5-507-49323-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/417767> (дата обращения: 17.03.2025)»
4. Namari J., Koivisto J., Sarsa H. Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification //2014 47th Hawaii international conference on system sciences. – Ieee, 2014. – С. 3025-3034.
5. Дыбовская Е. И. и др. Информационно-коммуникационные технологии в образовании: преимущества, недостатки. – //Инновационные технологии в индустрии спорта, туризма и гостеприимства: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 31 марта 2022 г./М-во спорта и туризма Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: ВН Ананьева (гл. ред.)[и др.].-Минск, 2022.-С. 47-50.-Библиогр.: 7 назв., 2022.

УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКОЙ

Техническая библиотека является важнейшим информационным ресурсом для научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и промышленных предприятий. В условиях стремительного роста объемов технической документации и научной литературы особую актуальность приобретает вопрос выбора оптимальной системы управления библиотечным фондом [1]. В настоящее время на практике применяются три принципиально разных подхода: традиционный бумажный, полностью автоматизированный и комбинированный гибридный. Каждый из этих методов имеет свою сферу эффективного применения, собственные технологические особенности и экономические характеристики, которые требуют детального рассмотрения.

Традиционный метод организации работы технической библиотеки базируется на полностью аналоговых принципах ведения учета. Все издания - книги, журналы, нормативная документация, патенты и технические отчеты - хранятся в виде физических носителей. Учет ведется исключительно вручную посредством заполнения инвентарных книг, алфавитных и систематических каталогов, журналов выдачи и возврата литературы.

Главным достоинством такого подхода является его полная автономность от любых технических средств. Для работы библиотеки не требуется ни компьютерного оборудования, ни специализированного программного обеспечения, ни даже стабильного электропитания. Это делает традиционную систему идеальным решением для небольших ведомственных библиотек, передвижных пунктов выдачи литературы или организаций с ограниченным бюджетом. Кроме того, бумажные носители обеспечивают максимальную сохранность информации независимо от возможных сбоев электронных систем.

Однако при увеличении объема фонда свыше нескольких тысяч единиц хранения начинают проявляться существенные недостатки традиционного метода. Ручная обработка запросов требует значительных временных затрат - поиск нужного издания в карточном каталоге может занимать десятки минут. Физический доступ к материалам возможен только в пределах библиотечного помещения в установленные часы работы. Особые сложности возникают при необходимости работы с редкими или ветхими изданиями, которые зачастую вообще исключаются из общего доступа. Серьезной проблемой становится и ведение статистики - все отчеты составляются вручную, что неизбежно приводит к ошибкам и неточностям.

Современные автоматизированные библиотечные системы (АБИС) представляют собой комплекс специализированного программного обеспечения, предназначенного для полной цифровизации всех библиотечных процессов. На рынке представлено несколько десятков профессиональных решений - от российских разработок (ИРБИС, МАРК-SQL) до международных платформ (КОНА, Evergreen) [2]. Эти системы обеспечивают электронный учет всего

библиотечного фонда, автоматизированную обработку запросов, онлайн-бронирование и продление литературы, формирование аналитических отчетов.

Ключевым преимуществом автоматизированного подхода является кардинальное повышение эффективности работы библиотеки. Поиск нужного издания в электронном каталоге занимает буквально секунды независимо от объема фонда. Пользователи получают возможность дистанционного доступа к каталогу, электронному абонементу, персональному кабинету. Система автоматически формирует статистику посещаемости, анализирует читательский спрос, прогнозирует потребность в новых поступлениях. Цифровой формат хранения данных позволяет легко масштабировать систему, интегрировать ее с другими корпоративными ресурсами, обеспечивать многопользовательский доступ к одним и тем же материалам.

Однако внедрение полноценной автоматизированной системы требует серьезных первоначальных инвестиций. Помимо затрат на приобретение лицензионного ПО, необходимо закупить серверное оборудование, рабочие станции, системы резервного копирования. Особое внимание приходится уделять вопросам информационной безопасности - защите персональных данных пользователей, предотвращению несанкционированного доступа. Персонал библиотеки нуждается в специальном обучении для работы с новой системой. В случае технических сбоев или перебоев с электропитанием работа библиотеки может быть полностью парализована.

Гибридная модель управления библиотечным фондом представляет собой разумный компромисс между традиционными и цифровыми технологиями. В такой системе основная часть фонда переводится в электронный формат, тогда как особо ценные, редкие или ветхие издания сохраняются в оригинальном бумажном виде. Часто практикуется постепенная оцифровка фонда с параллельным ведением двух форм учета - электронной и традиционной карточной.

Основное преимущество гибридного подхода - плавность перехода к цифровым технологиям. Библиотека получает все преимущества автоматизации основных процессов, сохраняя при этом доступ к оригинальным бумажным носителям. Такой метод особенно актуален для библиотек с уникальными историческими фондами, где важно сохранить подлинники изданий. Дублирование информации в разных форматах существенно повышает надежность системы хранения данных.

Однако поддержание двух параллельных систем учета неизбежно приводит к увеличению операционных расходов. Сотрудникам приходится осваивать как традиционные, так и цифровые методы работы. Особые сложности возникают при синхронизации данных между бумажными и электронными каталогами - любые изменения в фонде требуют внесения корректировок в обе системы. Это существенно замедляет процессы комплектования и инвентаризации.

При выборе оптимальной системы управления технической библиотекой необходимо учитывать целый комплекс факторов, каждый из которых по-разному влияет на эффективность работы в конкретных условиях.

По критерию скорости обработки запросов автоматизированные системы демонстрируют абсолютное преимущество. Современные поисковые алгоритмы позволяют находить нужные издания за доли секунды даже в фондах, насчитывающих миллионы единиц хранения. Гибридные системы в этом отношении несколько уступают, так как часть запросов все же требует обращения к бумажным каталогам. Традиционный метод оказывается самым медленным - поиск по карточным каталогам занимает в десятки раз больше времени.

С точки зрения первоначальных инвестиций ситуация прямо противоположная. Традиционная библиотека не требует практически никаких капитальных вложений - достаточно помещений, стеллажей и минимального канцелярского набора. Гибридная система уже предполагает определенные затраты на закупку оборудования и ПО, но в значительно меньших объемах, чем полная автоматизация. Внедрение современной АБИС — это всегда масштабный проект, требующий серьезных финансовых вложений и временных ресурсов [3].

Вопрос масштабируемости особенно важен для растущих организаций. Бумажные системы крайне плохо адаптируются к увеличению объемов фонда - ручной учет становится все более трудоемким и подверженным ошибкам. Автоматизированные решения, напротив, легко масштабируются за счет облачных технологий и распределенных баз данных. Гибридные системы занимают промежуточное положение - они позволяют наращивать цифровую часть фонда, но бумажный компонент сохраняет все ограничения традиционного подхода.

Надежность систем хранения данных также существенно различается. Бумажные носители уязвимы к физическому разрушению, но не зависят от технических сбоев. Цифровые системы обеспечивают идеальную сохранность данных при наличии качественной системы резервного копирования, но полностью зависят от исправности оборудования. Гибридный подход в этом отношении наиболее устойчив - дублирование информации в разных форматах минимизирует риски ее потери.

Особого внимания заслуживает вопрос доступности для пользователей. Автоматизированные системы обеспечивают круглосуточный удаленный доступ к электронным ресурсам, что особенно важно для распределенных организаций и удаленных сотрудников. Традиционные библиотеки ограничены своим физическим местоположением и графиком работы. Гибридные решения обычно предоставляют онлайн-доступ только к части фонда, сохраняя традиционные ограничения для бумажных изданий.

Проведенный анализ показывает, что выбор оптимальной системы управления технической библиотекой должен основываться на тщательной оценке конкретных условий и потребностей организации.

Для небольших ведомственных библиотек с ограниченным и стабильным фондом (до 5-10 тысяч единиц хранения) традиционный бумажный метод может оставаться вполне эффективным решением. Его главные преимущества - минимальные эксплуатационные расходы и полная независимость от технической инфраструктуры, но также недостатки в виде низкой скорости обработки запросов.

Крупные научно-технические библиотеки с фондами от 50-100 тысяч единиц хранения и интенсивным читательским трафиком однозначно нуждаются в полноценной автоматизации. Несмотря на высокие первоначальные затраты, современные АБИС обеспечивают принципиально иной уровень сервиса, недоступный при традиционных методах работы. Особенно важна автоматизация для организаций с распределенной структурой, где сотрудникам необходим удаленный доступ к ресурсам.

Гибридные системы находят свое применение в нескольких ключевых случаях. Во-первых, при постепенном переходе от традиционной к автоматизированной модели - поэтапная оцифровка позволяет распределить затраты во времени. Во-вторых, для библиотек с уникальными фондами редких изданий, где важно сохранить оригиналы. В-третьих, в качестве временного решения для организаций, испытывающих трудности с полномасштабной цифровизацией.

Перспективы развития библиотечных технологий однозначно связаны с дальнейшей автоматизацией и внедрением искусственного интеллекта для обработки запросов. Однако даже в отдаленной перспективе полностью цифровые библиотеки вряд ли смогут полностью отказаться от хранения некоторых категорий документов в оригинальном виде. Поэтому гибридные модели, скорее всего, сохранят свою актуальность как минимум для специальных и архивных фондов.

Список литературы

1. Жукова, Т. Д. Управление современной библиотекой: учебное пособие / Т. Д. Жукова. - Москва: Литера, 2020. - 256 с.
2. Гриханов, Ю. А. Гибридные библиотеки: теория и практика: научное издание / Ю. А. Гриханов. - Москва: ФАИР-ПРЕСС, 2020. - 192 с.
3. Петрова, В. И. Цифровизация библиотечных процессов: учебно-методическое пособие / В. И. Петрова. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2021. - 176 с.

*И.Н. Степочкин, студ.; рук. М.А. Свириденкова, к.н.т., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Искусственный интеллект (ИИ) — это один из самых значимых технологических прорывов современности, который активно изменяет разные аспекты жизни. Изначально ориентированный на выполнения узкопрофильные задач, в настоящее время ИИ бурно развивается в сторону создания систем, имеющие способность к самостоятельному принятию решений. Сфера применения ИИ охватывает бизнес, медицину, финансы, а также государственное управление, где его достоинства — способность быстро обрабатывать и анализировать высокообъемные данные.

Тем не менее, наряду с этим, продолжает быть открытым и актуальным вопрос о том, сможет ли компьютер полностью заменить человека в принятии решений. Эта проблема порождает споры и интерес, как среди специалистов, так и философов в силу того, что алгоритмы машинного обучения и нейронные

сети со временем приближаются к уровням человеческой обработки информации.

Инвестиции в искусственный интеллект (ИИ) показывают бурный рост за последнее время. По последним данным из отчета AI Index 2024 [1], в 2024 году объем частных и корпоративных инвестиций в ИИ достиг рекордных \$100 миллиардов, на 20% больше по отношению с прошлым годом. Прогнозируется, что в 2025 году объем инвестиций в этот сектор превысит \$110 миллиардов. Эти данные основаны на оценке вложений венчурных фондов, крупных корпораций и государственных источников в области ИИ. Такой рост обусловлен значительным возрастанием внимания со стороны корпораций, а также быстрым внедрением ИИ в любые отрасли экономики, включая финансы, здравоохранение и розничную торговлю. Такая динамика подтверждает тенденцию в сфере высоких технологий, где ИИ является основным фактором роста бизнеса и инноваций по данным AI Index 2024[1] (рисунок 1).

Интересно, что ИИ применяется для решения таких задач, как обработка больших данных, повышение пользовательского опыта и автоматизация бизнес-операций, содействующие росту вложений в исследования данной области. Прогнозы на ближайшие годы подтверждают, что этот тренд продолжит усиливаться, и искусственный интеллект сыграет основную роль в экономическом росте, а также в технологических достижениях.

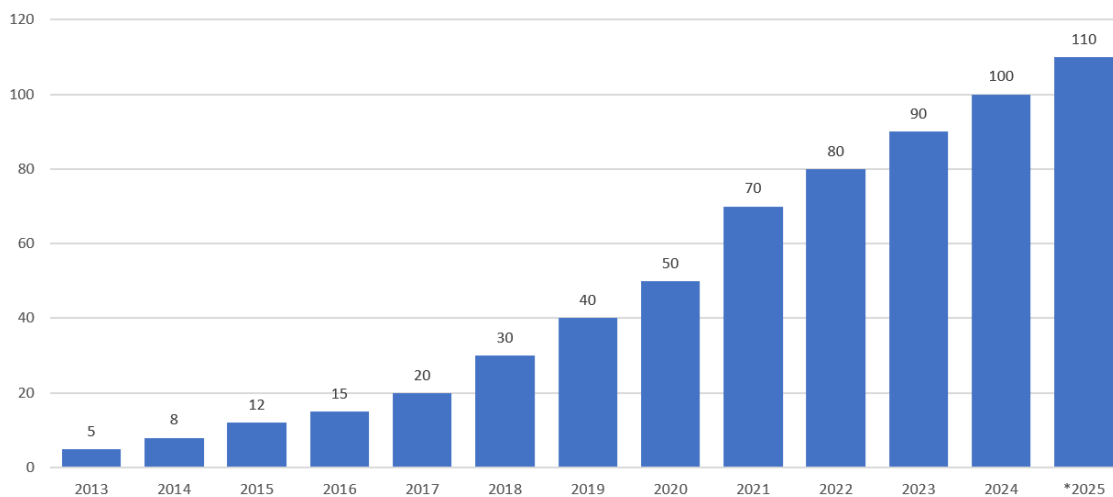


Рисунок 1 – Динамика объема инвестиций в искусственный интеллект с 2013 по 2025 годы (в млрд долл. США, с прогнозом на 2025 год)

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в процесс принятия решений приобретает всё большее значение, поскольку технологии продолжают развиваться и находить применение в различных сферах. Одним из важных преимуществ ИИ является его возможность анализировать очень большие объемы данных за считанные секунды, что делает его необходимым инструментом в таких областях, как финансы, здравоохранение и бизнес-аналитика.

Кроме этого, ИИ обладает значимой характеристикой — отсутствием эмоционального фактора. В отличие от человека, который может испытывать

стресс, усталость или субъективные предубеждения, алгоритмы работают исключительно на основе анализа данных, что минимизирует риск ошибок, спровоцированных человеческим влиянием. Это весьма актуально в финансовом секторе, где требуется высокая точность при прогнозировании рыночных трендов и оценке рисков.

Еще одним из значимых аспектов является способность ИИ оптимизировать сложные процессы. В здравоохранении алгоритмы помогают врачам ставить диагнозы на основе рентгеновских снимков и МРТ, в бизнесе — прогнозировать спрос и контролировать логистику, а в промышленности — предсказывать поломки оборудования, предотвращая дорогостоящие простои.

Помимо этого, ИИ значительно упрощает выполнение регулярных задач, среди которых обработка документов, управление запасами и автоматизированное обслуживание клиентов. Это позволяет сотрудникам концентрироваться на решении более требующих усилий задач, повышая производительность деятельности организаций.

По данным отчета McKinsey AI Report 2023 [2], внедрение ИИ в бизнес-процессы способствует компаниям уменьшить издержки на 20–30% благодаря автоматизации, а скорость объема обработки данных растет в среднем в 10 раз в сравнении с классическими методами анализа (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные преимущества ИИ в процессе принятия решений

В то время как искусственный интеллект (ИИ) приносит значительные преимущества в процессы принятия решений, его внедрение также сопровождается определенными ограничениями и рисками, которые могут повлиять на эффективность и безопасность его применения.

Ключевым ограничением ИИ является его неспособность к интуитивному мышлению и креативности. В отличие от человека, который может принимать нестандартные решения, основываясь на интуиции и жизненном опыте, ИИ полностью зависит от анализа существующих данных и алгоритмов. Это подразумевает, что ИИ не в состоянии выходить за пределы заранее заданных рамок и принимать решения в условиях неопределенности. Например, в творческих отраслях или при решении нестандартных задач ИИ может быть менее эффективным, чем человек, обладающий креативностью и гибкостью.

Другим значимым риском является наличие этических проблем и скрытых предвзятостей в данных. Поскольку алгоритмы ИИ обучаются на основе существующих данных, они способны унаследовать и усиливать предубежденность, содержащиеся в этих данных. Это особенно критично в таких областях, как HR-системы, где ИИ может принимать решения на основе необъективных факторов, таких как возраст, пол или этническая принадлежность кандидатов. Такие предвзятости могут вызвать несправедливые и дискриминационные результаты, что ставит под угрозу этическую сторону применения ИИ.

Многие современные системы ИИ, особенно глубокие нейросети, работают как «черные ящики», что усложняет понимание процесса принятия решений. В отличие от человека, ИИ не всегда объясняет свои решения, имеет особое значение в подобных сферах, как медицина и правосудие, где требуется доверие к результатам. Недостаток объяснимости может вызвать проблемы с проверкой решений, особенно в случае ошибок.

Наконец, ИИ сталкивается с трудностями при адаптации к нестандартным или непредсказуемым ситуациям. В отличие от людей, которые могут эффективно реагировать на новые, неизвестные обстоятельства, ИИ работает только на основе тех данных, которые ему предоставлены, и не способен выйти за пределы алгоритмов, заданных заранее. Это ограничивает его эффективность в ситуациях, где необходимо принимать решения в условиях неопределенности или в новых, ранее не встречавшихся обстоятельствах (таблица 1).

Вопреки выдающимся достижениям искусственного интеллекта (ИИ) в разнообразных отраслях, в настоящее время невозможно полностью заменить человека в принятии решений. ИИ значительно усиливает возможности человека, однако имеется несколько аспектов, которые ограничивают его способность полностью вытеснить человека в процессе принятия решений [3].

Алгоритмы ИИ эффективно работают с объемами данных и могут формировать заключения на их основе, они не могут осознавать и анализировать чувства и эмоции человека. Умение распознавать эмоции оказывает существенное влияние на принятие решений. Особенно в ситуациях, где необходима эмпатия, например, в медицине, психологии или в межличностных отношениях.

Вдобавок, ИИ не отвечает за принятые решения. Человек, принимающий решение, всегда отвечает за принятые решения, как в юридическом, так и в моральном плане. В то время как ИИ действует согласно запрограммированным алгоритмам, ответственность за результаты его решений остается за людьми, которые создают и настраивают эти алгоритмы. Это крайне важно в таких критических сферах, где ошибки чреваты серьезными последствиями.

Таблица 1 – Ограничения и риски использования искусственного интеллекта в принятии решений.

Ограничение / Риск	Описание	Пример
Отсутствие интуиции и креативности	ИИ не способен принимать нестандартные решения, полагаясь на интуицию и креативность, как человек.	ИИ не может принимать творческие решения, например, в области искусства или дизайна.

Этические проблемы и предвзятость данных	Алгоритмы могут унаследовать скрытые предвзятости в обучающих данных, что может привести к несправедливым решениям.	В HR-системах ИИ может дискриминировать по возрасту, полу или этнической принадлежности при отборе кандидатов.
Недостаток объяснимости решений	ИИ, особенно глубокие нейросети, может действовать как «черный ящик», что затрудняет понимание процесса принятия решения.	В медицине ИИ может поставить диагноз, но врачу будет сложно понять, почему был выбран именно этот диагноз, особенно в случае ошибки.
Трудности с адаптацией к нестандартным ситуациям	ИИ работает только на основе исторических данных и не способен эффективно реагировать на новые, неизвестные обстоятельства.	В автопилоте автомобилей ИИ не всегда может справиться с неожиданными дорожными ситуациями, например, при возникновении аварийных ситуаций.

Еще одним ограничением ИИ является его способность применять решения в необычных условиях. ИИ действует, основываясь на данных и алгоритмах, тогда как человек использует интуицию и опыт в условиях неопределенности. ИИ ограничен доступом к данным и может ошибаться, если ситуация отличается от заранее предусмотренных алгоритмами (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение аспектов принятия решений между человеком и ИИ.

Аспект принятия решений	Человек	ИИ
Эмоциональный интеллект	Высокая	Низкая
Ответственность за решение	Высокая	Низкая
Принятие решений в условиях неопределенности	Высокая	Средняя
Социальное взаимодействие	Высокая	Низкая

Хотя ИИ может значительно улучшить процесс принятия решений, особенно в аналитических и рутинных задачах, он не способен полностью заменить человека в ситуациях, где необходимо учитывать эмоциональные, моральные и социальные факторы. Принятие решений, которое требует человеческой интуиции и понимания сложных социальных и этических контекстов, остается в пределах возможностей человека.

Список литературы

1. AI Index 2024. Доклад по состоянию искусственного интеллекта в 2024 году. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://aiindex.stanford.edu/>
2. McKinsey & Company. The State of AI in 2023: Generative AI's Breakout Year. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>
3. TAdviser. ИИ в принятии решений: компьютер как интеллектуальный партнер человека. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ИИ_в_принятии_решений:_компьютер_как_интеллектуальный_партнер_человека?ysclid=m81s51gjfd260825751

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЛАЧНЫХ МЕНЕДЖЕРОВ ПАРОЛЕЙ

Современный цифровой мир характеризуется стремительным увеличением числа онлайн-сервисов, требующих от пользователей создания и управления учетными данными. Использование простых или повторяющихся паролей представляет угрозу безопасности, в то время как сложные и уникальные пароли трудно запомнить и организовать. Облачные менеджеры паролей стали популярным решением этой проблемы, предоставляя пользователям зашифрованное хранилище, доступное с различных устройств через интернет. Однако разнообразие доступных решений требует тщательного анализа их характеристик, чтобы определить, какое из них лучше всего отвечает потребностям пользователей в плане безопасности, функциональности и удобства.

На сегодняшний день рынок предлагает множество облачных менеджеров паролей, таких как 1Password, LastPass, Dashlane и Bitwarden, каждое из которых обладает своими преимуществами и недостатками. В то же время существует потребность в новых решениях, которые могли бы устранить существующие ограничения и предложить инновационные подходы к управлению паролями. В рамках данного исследования разработан менеджер паролей "DurtmanPass", который сочетает традиционные функции с уникальной схемой бэкенда, направленной на повышение безопасности и устойчивости системы.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа облачных менеджеров паролей для выявления их сильных и слабых сторон, функциональности и устойчивости. Исследование направлено на определение оптимального подхода к управлению паролями, который обеспечит баланс между удобством использования и надежной защитой данных.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести обзор существующих облачных менеджеров паролей (1Password, LastPass, Dashlane, Bitwarden) и оценить их по ключевым критериям: безопасность, функциональность, удобство использования и устойчивость.

2. Определить рекомендации по выбору облачного менеджера паролей в зависимости от потребностей пользователей.

Критерии оценки:

1. Безопасность: методы шифрования, политика нулевого знания, устойчивость к атакам.

2. Функциональность: генерация паролей, автозаполнение, синхронизация, дополнительные возможности.

3. Удобство использования: интерфейс, кроссплатформенность, доступность.

4. Устойчивость: резервное копирование, восстановление данных после сбоев.

Данные собраны из официальных источников и обзоров пользователей [1-4]. Анализ ориентирован на потребности индивидуальных пользователей и организаций (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение характеристик облачных менеджеров паролей

Менеджер паролей	Безопасность	Функциональность	Удобство	Устойчивость
1Password	AES-256, нулевое знание, секретный ключ, без утечек	Генерация паролей, автозаполнение, синхронизация, режим "Путешествия"	Интуитивный интерфейс, все платформы	Резервное копирование, ручное восстановление
LastPass	AES-256, нулевое знание, утечка в 2022	Генерация паролей, автозаполнение, мониторинг утечек, экстренный доступ	Удобный интерфейс, все платформы	Резервное копирование, ручное восстановление
Dashlane	AES-256, нулевое знание, без утечек	Генерация паролей, автозаполнение, мониторинг даркнета, VPN	Современный интерфейс, все платформы	Резервное копирование, ручное восстановление
Bitwarden	AES-256, нулевое знание, открытый код, без утечек	Генерация паролей, автозаполнение, синхронизация, хостинг на сервере	Менее интуитивный интерфейс, все платформы	Резервное копирование, ручное восстановление

Безопасность:

- Все рассмотренные менеджеры используют шифрование AES-256 и политику нулевого знания, что является стандартом в отрасли. Однако LastPass выделяется негативно из-за утечки данных в 2022 году несмотря на то, что зашифрованные данные не были скомпрометированы [5].

- 1Password, Dashlane и Bitwarden демонстрируют высокий уровень безопасности, не имея зафиксированных утечек. Bitwarden дополнительно выигрывает за счет открытого исходного кода, что позволяет сообществу проверять его надежность.

Функциональность:

- Dashlane и LastPass предлагают расширенные функции, такие как мониторинг даркнета и VPN (Dashlane) или экстренный доступ (LastPass), что делает их привлекательными для пользователей, ищущих универсальные решения.

- 1Password и Bitwarden сосредоточены на базовых функциях, добавляя уникальные возможности, такие как режим "Путешествия" (1Password) или самостоятельный хостинг (Bitwarden).

Удобство использования:

- 1Password и Dashlane выделяются благодаря интуитивным и современным интерфейсам, которые подходят как новичкам, так и опытным пользователям. LastPass занимает среднюю позицию, предлагая удобный, но менее изысканный дизайн.

- Bitwarden, несмотря на поддержку всех платформ, имеет менее интуитивный интерфейс, что может затруднить работу для пользователей без технических навыков.

Устойчивость:

- У всех конкурентов (1Password, LastPass, Dashlane, Bitwarden) резервное копирование доступно через облако, но восстановление данных после сбоев требует ручной настройки, что может быть неудобно для пользователей.

Сравнительный анализ показал, что выбор облачного менеджера паролей зависит от приоритетов пользователя:

- Для максимальной безопасности: 1Password или Bitwarden. Эти решения демонстрируют высокий уровень защиты данных без зафиксированных утечек, а Bitwarden дополнительно предлагает открытый исходный код.

- Для максимальной функциональности: Dashlane или LastPass. Эти менеджеры подходят пользователям, которым нужны дополнительные функции, такие как мониторинг даркнета, VPN или экстренный доступ.

- Для экономии: Bitwarden. Это решение предлагает бесплатную версию с базовыми функциями и возможностью самостоятельного хостинга, что делает его доступным для широкой аудитории.

- Для простоты использования: 1Password или Dashlane. Оба менеджера отличаются интуитивным и современным интерфейсом, что делает их удобными для пользователей любого уровня подготовки.

Каждое из рассмотренных решений — 1Password, LastPass, Dashlane и Bitwarden — имеет свои сильные стороны и подходит для разных сценариев использования. Пользователям рекомендуется выбирать менеджер паролей, исходя из их индивидуальных потребностей в безопасности, функциональности, удобстве и бюджете.

При разработке собственного облачного менеджера паролей в рамках данного исследования стоит в первую очередь учитывать следующие сравнительные факторы:

- Безопасность как приоритет: Анализ показал, что пользователи высоко ценят надежность защиты данных, особенно в свете инцидентов, подобных утечке LastPass в 2022 году. Поэтому необходимо использовать шифрование AES-256 и политику нулевого знания как базовые стандарты, а также внедрить дополнительные меры, такие как двухфакторная аутентификация (TOTP) и защита от brute-force атак (Rate Limiting), чтобы повысить уровень безопасности и доверие пользователей [6].

- Устойчивость к сбоям: Сравнение выявило слабое место конкурентов — отсутствие автоматического восстановления данных после сбоев. Стоит реализовать регулярное резервное копирование с возможностью выгрузки пользователем и автоматическое восстановление, чтобы минимизировать риск потери данных и повысить конкурентоспособность.

- Удобство использования: Успех 1Password и Dashlane подчеркивает важность интуитивного интерфейса. Необходимо уделить внимание простоте и

минималистичности дизайна, чтобы обеспечить удобство для пользователей с разным уровнем технической подготовки.

- **Функциональность:** Хотя дополнительные функции, такие как VPN или мониторинг даркнета, делают Dashlane и LastPass привлекательными, базовые функции (генерация паролей, автозаполнение, синхронизация) остаются основой любого менеджера паролей. Рекомендуется добавить уникальную функциональность, например, интеллектуальный анализ слабых паролей, который будет выявлять повторно используемые или уязвимые пароли и предлагать рекомендации по их улучшению. Это повысит безопасность пользователей и выделит решение среди конкурентов.

- **Доступность:** Bitwarden демонстрирует, что бесплатная версия с базовыми функциями привлекает широкую аудиторию. При разработке собственного облачного менеджера паролей стоит рассмотреть модель полного open source, где исходный код будет доступен сообществу для проверки и улучшения, что повысит доверие пользователей и обеспечит прозрачность системы. Для монетизации проекта можно использовать краудфандинг, привлекая финансирование от сообщества и заинтересованных пользователей на платформах, таких как Kickstarter или Patreon. Это позволит поддерживать разработку, внедрять новые функции и обеспечивать долгосрочную устойчивость проекта без необходимости введения платных подписок, сохраняя при этом доступность для всех пользователей.

Таким образом, при создании собственного облачного менеджера паролей необходимо учитывать высокие стандарты безопасности, устойчивость к сбоям и удобство использования, чтобы конкурировать с лидерами рынка. Эти рекомендации основаны на выявленных сильных сторонах конкурентов и потребностях современных пользователей, что делает разработанное решение, по крайней мере, конкурентноспособным в области облачных менеджеров паролей.

Список литературы

1. Официальный сайт менеджера паролей 1Password: [сайт]. — URL: <https://1password.com/> (дата обращения: 08.04.2025).
2. Официальный сайт менеджера паролей LastPass: [сайт]. — URL: <https://www.lastpass.com/> (дата обращения: 08.04.2025).
3. Официальный сайт менеджера паролей Dashlane: [сайт]. — URL: <https://www.dashlane.com/> (дата обращения: 08.04.2025).
4. Официальный сайт менеджера паролей Bitwarden: [сайт]. — URL: <https://bitwarden.com/> (дата обращения: 08.04.2025).
5. Иванова А. П. УТЕЧКА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ: БОЛЬШАЯ ПРОБЛЕМА В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 4, Государство и право: Реферативный журнал. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utechka-personalnyh-dannyh-bolshaya-problema-v-tsifrovuyu-epohu> (дата обращения: 08.04.2025).
6. Акбарова Муаттар Рахматуллаевна БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ДАННЫХ В ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ // Universum: технические науки. 2022. №10-1 (103). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-i-zaschita-dannyh-v-oblachnyh-tehnologiyah> (дата обращения: 08.04.2025).

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ВУЗАХ: ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ

В период цифровой трансформации для высшего образования возрастает роль автоматизации процессов, связанных с его научной и инновационной деятельностью. При этом высшие учебные заведения (ВУЗы), являющиеся основными центрами разработки и внедрения инноваций, при сборе, тиражировании и рассмотрении инновационных идей сталкиваются с определенными организационными и технологическими проблемами [1], а существующие на данный момент методы подачи и экспертизы инновационных предложений, влекут за собой большие временные и трудовые затраты. В то же время отсутствие единой информационной системы может также приводить к фрагментации данных, усложнению взаимодействия между автором, экспертами и администрацией и снижению прозрачности оценки инновационных идей. В связи с этим актуальной задачей является разработка автоматизированных цифровых платформ, направленных на упрощение процессов обработки полученных инновационных предложений, подачи заявок, а также увеличение вовлеченности как научных сотрудников, так и студентов за счет сокращения сроков проведения экспертизы и повышения ее объективности. Создание информационной автоматизированной системы сбора и оценки позволит обеспечить прозрачность процессов генерации, оценки и внедрения инновационных предложений. Подобная система необходима для развития образовательных учреждений в условиях цифровой трансформации.

В качестве основных причин разработки указанной системы можно выделить:

- упрощение подачи предложений для авторов, что позволит снизить административные барьеры для сотрудников и студентов, а также простимулирует участие в инновационной деятельности;
- сокращение времени рассмотрения и экспертизы инновационных предложений, что способствует более оперативному внедрению перспективных проектов;
- учет и аналитика научной деятельности сотрудников на основе организации централизованного сбора данных, что обеспечит возможность проведения глубокого анализа, а также выявления ключевых направлений развития и принятия эффективных управленческих решений.

Настоящая работа посвящена разработке информационной системы автоматизации процесса сбора, рассмотрения и тиражирования инновационных предложений в ВУЗах. Данная система должна не только упростить административные процессы, но и стать инструментом стимулирования научной активности, формируя единую цифровую среду для обмена идеями и внедрения новых решений.

Процесс разработки собственной автоматизированной системы управления инновационной деятельностью ВУЗа предполагает создание решения, которое будет максимально адаптировано к специфическим особенностям деятельности образовательного учреждения. На рынке представлено большое количество альтернативных вариантов готового программного обеспечения, позволяющего управлять инновациями, но в своем большинстве оно сопровождается избыточным функционалом и не учитывает уникальные процессы и структуру организации, что может привести к необходимости их значительной доработки и адаптации. Среди альтернативных решений можно выделить использование коммерческих платформ для управления проектами или адаптацию существующих open-source решений. Однако их применение может быть осложнено недостаточной гибкостью, сложностью настройки под специфические требования, а также возможными проблемами с интеграцией. Таким образом к основным преимуществам собственной разработки можно отнести следующие аспекты:

- индивидуальная настройка, которая позволит учесть все нюансы внутренней структуры и процессов;
- гибкость и масштабируемость за счет обеспечения возможности самостоятельного внесения изменений и расширения функциональности системы по мере роста и изменения потребностей, которые не будут зависеть от внешних разработчиков.

Один из наиболее важных вопросов, которые необходимо рассмотреть в процессе разработки информационной системы – выбор соответствующих технологий. В результате проведенного анализа были рассмотрены различные фреймворки и инструменты, наиболее часто применяемые на практике для решения подобных задач (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Фреймворки и инструменты для разработки информационной системы сбора и оценки инновационных предложений

№	Название	Описание
1	Django	Высокоуровневый веб-фреймворк. Django использует язык Python, он известен своей надежностью и обширным функционалом, обеспечивая быструю разработку и чистый, прагматичный дизайн
2	Flask	Микрофреймворк для Python, предоставляющий ограниченный набор инструментов, позволяющий разрабатывать веб-приложения. Flask не привязан к единой структуре проекта, разработчики могут самостоятельно выделять необходимые компоненты, что делает его идеальным для небольших проектов и прототипов.
3	Ruby on Rails	Фреймворк, предназначенный для создания веб-приложений на Ruby, известный простотой и возможностью быстрой разработки. Он использует принцип "конвенция важнее конфигурации", предлагая большое количество встроенных решений для шаблонных задач.
4	Laravel	Фреймворк, предназначенный для разработки веб-приложений на PHP, предлагающий ряд встроенных инструментов и библиотек. Например: ORM Eloquent или система маршрутизации и шаблонизатор Blade. Преимущество Laravel заключается в его элегантности и простоте использования

Анализ представленных фреймворков и технологий разработки в таблице 1

показал, что наиболее эффективным инструментом для создания информационной системы сбора и оценки инновационных предложений в ВУЗах является высокоуровневый веб-фреймворк Django. Это обусловлено следующими причинами:

- полнота функционала (Django предоставляет все необходимые компоненты для создания полноценных веб-приложений любой сложности и масштаба);
- безопасность (фреймворк обеспечивает достаточно высокий уровень безопасности, что особенно важно при работе с конфиденциальными данными);
- активное сообщество (сообщество Django имеет множество активных разработчиков, что обеспечивает доступ к обширной документации и поддержке).

Процесс разработки информационной автоматизированной системы управления инновационной деятельностью ВУЗа представляет собой многоэтапный подход. Он включает в себя анализ требований, проектирование архитектуры, а также реализацию функциональности и тестирования. На начальном этапе был проведен детальный анализ предметной области, в результате чего были выявлены основные функциональные требования и ограничения системы, на основе которых была разработана диаграмма вариантов использования в нотации UML (Unified Modeling Language) (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, функционал рассматриваемой информационной системы распределен между следующими основными ролями: автор, ответственный сотрудник, эксперт и администратор. Автор подает заявку и взаимодействует с экспертами, ответственный сотрудник контролирует движение заявок и делопроизводство, эксперт проводит экспертизу и оценивает инновации, а администратор управляет настройками системы и пользователями. Реализация представленных на диаграмме функций и их разграничения по разным правам доступа обеспечивает гибкое управление процессом рассмотрения инновационных предложений, а также минимизирует административные задержки и повышает прозрачность взаимодействия между всеми участниками. Распределение функций между ролями позволяет оптимизировать рабочий процесс и обеспечивает комфортную работу пользователей в рамках своей компетенции.



Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования информационной системы

Кроме этого, при разработке информационной системы была спроектирована ее модульная архитектура, учитывающая требования к автоматизации процессов сбора, экспертизы и управления инновационными предложениями. Архитектура системы построена на базе связки Wagtail (для реализации пользовательского интерфейса и контент-менеджмента) и Django (для обработки бизнес-логики и администрирования), что обеспечивает гибкость, масштабируемость и легкость интеграции с внешними сервисами (рисунок 2).

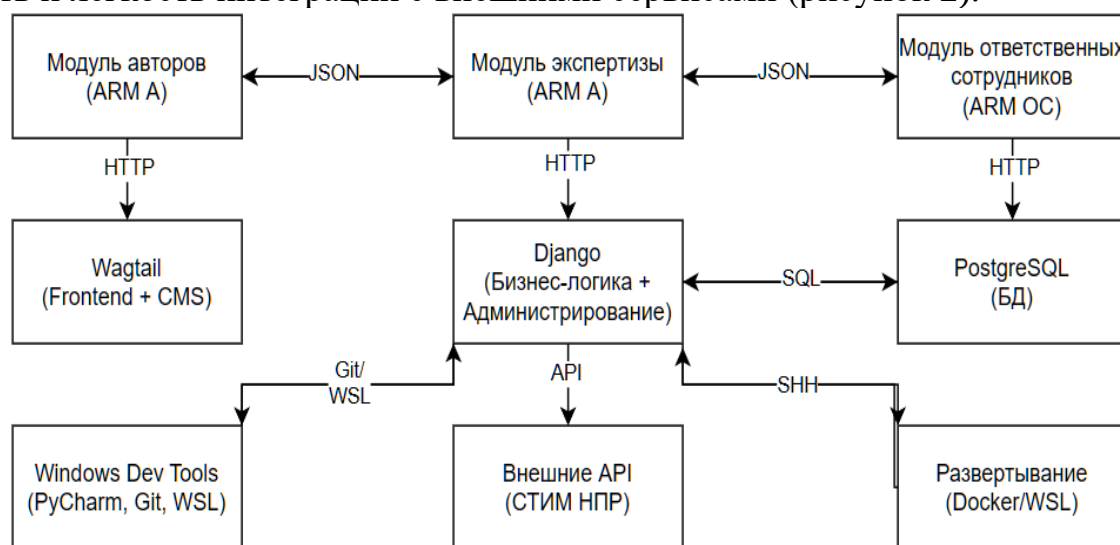


Рисунок 2 – Архитектура информационной системы сбора и оценки инновационных предложений в ВУЗах

В процессе разработки системы для обеспечения ее надежности и стабильности осуществлялось модульное тестирование каждого отдельного компонента с использованием таких инструментов как pytest и встроенных утилит Django. Примеры рабочих окон, разработанной системы представлены на рисунке 3.

Рисунок 3 – Примеры рабочих окон, разработанной системы: а) - форма подачи информации об инновационном предложении автором; б) форма оценки инновационного предложения экспертом

Таким образом, разработка и внедрение автоматизированной системы управления инновационной деятельностью ВУЗа являются стратегически важными шагами на пути к совершенствованию процессов образовательной, научной и административной деятельности.

Разработанная информационная система реализует основные функции, связанные с процессами сбора, рассмотрения и экспертизы инновационных предложений в ВУЗе. В будущем данная система может получить дальнейшее развитие, например, посредством ее интеграции с внешними платформами учета научных достижений, что облегчит процесс коммерциализации инноваций. Добавление интеллектуального анализа заявок на основе машинного обучения позволит автоматически выявлять наиболее перспективные проекты и давать рекомендации по их доработке. Также перспективным направлением является применение методов искусственного интеллекта для анализа предложений и выявления наиболее значимых инициатив, что может ускорить процесс экспертизы и повысить его объективность.

Список литературы

1 Ефремова, П. В. Особенности организации инновационной деятельности в вузах РФ / П. В. Ефремова, И. М. Романова // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. — 2016. — № 3. — С. 61–75.

*В.А. Тисленко., студ.; рук. А.И. Гаврилов., ст. пр.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРИЛОЖЕНИЯ ОРГАНАЙЗЕРЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОМАШНЕГО БЫТА

В жизни современного человека ценность времени, как ресурса, невозможно отрицать. Уборка, готовка, покупка продуктов, поиск необходимых вещей в своем доме – рутинные дела каждого взрослого человека. Облегчить их выполнение и сократить затрачиваемое на это время помогают приложения органайзеры.

В настоящий момент времени существует большое разнообразие приложений органайзеров для дома для пользователей телефона на базе Android. Но как выбрать подходящее приложение из множества вариантов? Какие из них действительно способны облегчить жизнь, а какие окажутся бесполезными?

Целью данной статьи является поиск наиболее емкого приложения, которое будет включать в себя следующие пункты:

- помощь с уборкой;
- ведение списка покупки продуктов;
- помощь с готовкой;
- организация смарт-приборов в домашнем пространстве;
- инвентаризация предметов внутри дома;
- поддержание многопользовательского режима;
- возможность входа в личный аккаунт на разных устройствах;
- бесплатное обслуживание.

В настоящий момент времени существует большое разнообразие приложений органайзеров для дома для пользователей телефона на базе Android. В этой статье проведен анализ имеющиеся популярные приложения для организации домашнего быта на торговой площадке Google Play Market, их функционал, преимущества и недостатки. К сожалению, мною не было обнаружено приложение, которое будет удовлетворять всем запросам к функционалу одновременно, однако, найдены программные продукты частично закрывающие потребности.

Одним из таких приложений для организации домашнего быта является House Chores Cleaning Schedule [1] имеющее более 500 тысяч скачиваний и среднюю оценку в 5,0. Его основной задачей является планирование и график уборки дома. Интерфейс главного экрана содержит задачи на выполнение, историю уборки, разделение жилого помещения на секции, интегрированный календарь и личный кабинет. House Chores Cleaning Schedule поддерживает синхронизацию на разных устройствах через личный аккаунт Google. Существенным минусом данного приложения является наличие платной подписки, которая снимает ограничение на количество задач, включает многопользователь-

ский режим, показывает статистику, дает возможность добавить еще один дом и воспользоваться режимом отпуска.

Другое популярное приложение, скаченное более 1 миллиарда раз и со средней оценкой 4,7, это SmartThings [2] от технологического гиганта Samsung. Приложение создано для быстрого подключения и управления смарт-устройствами совместимыми с SmartThings.

Список устройств, которые поддерживаются SmartThings, очень обширен:

- телевизоры Smart TV;
- стиральные машины;
- холодильники, кондиционеры и другая крупная бытовая техника;
- охранные системы, а также камеры видеонаблюдения;
- роботы-пылесосы;
- осветительные приборы для дома;
- домашние кинотеатры и многое другое.

Интерфейс приложения интуитивно понятен: на главном экране располагается кнопка с добавлением нового устройства и список подключенных девайсов. С помощью SmartThings можно менять настройки устройств и устанавливать таймер рабочего времени. Также имеется функция создания настраиваемых комплексных сценариев работы устройств. Главным преимуществом SmartThings является полностью бесплатное использование всех заявленных функций приложения.

Еще одним известным помощником в организации домашнего быта является приложение Bring! [3]. Количество скачиваний которого достигает более 10 миллионов и имеющий средний рейтинг 4,4. Очень простое в использовании и понимании приложение для создания списков продуктовых покупок. На главном экране размещены списки покупок, кнопка с созданием нового списка и рекомендации для добавления. Продукты можно ранжировать по срочности, наличию на них акций и удобства приобретения. В Bring! добавлены рецепты с ингредиентами, которые также можно добавить в списки покупок. Удобной функцией приложения является возможность делиться списками для организации совместного приобретения товаров. В Bring! не предусмотрено платной подписки, что делает его еще более привлекательным для пользователей.

Последним приложением для рассмотрения является My Precious [4]. В функционал входит быстрая и легкая организация инвентаризации дома:

- добавление предметов и их чеков;
- быстрое нахождение их местоположения;
- генерация, сканирование и печать QR-кодов для быстрой навигации в приложении и жизни;
- локальный импорт и экспорт резервных копий с шифрованием;
- создание отчёта или электронной таблицы для страховой компании.

На главном экране приложения есть кнопка создания инвентаря, при запуске которой появляется настраиваемое окно параметров, включающее в себя: название, фото, описание, серийный номер, расчетную цену. My Precious поддерживает использование как в автономном режиме без входа в систему, так и

синхронизацию устройств через облако. Имеется функция общего доступа. Приложение не предусматривает платных подписок.

Рутинные дела всё еще остаются неотъемлемой частью жизни, но современные технологии становятся незаменимыми помощниками в этом. Большое количество приложений создается и разрабатываются регулярно. Таким образом, анализ рынка приложений на Android в данном сегменте показал, что приложение, совмещающее в себе сразу все характеристики, не существует. Функционал имеющихся технических продуктов узконаправлен. Торговая площадка Google Play Market не содержит приложения, которое объединило бы в себе все желаемые функции по планированию и управлению домашним бытом. Таким образом создание такого приложения является актуальной темой и не будет иметь аналогов.

Список литературы

1. Уборка дома : план и график -URL:<https://play.google.com/store/apps/details?id=io.hometasker.android> (дата обращения: 12.03.2025)
2. SmartThings -URL:<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.samsung.android.oneconnect> (дата обращения: 12.03.2025)
3. Bring! -URL:<https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.publisheria.bring> (дата обращения: 12.03.2025)
4. My Precious -URL:https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mi3van.my_precious (дата обращения: 12.03.2025)

*А.Е. Тимофеев, студ.; рук. С.А. Федулова, ст. преп.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ТРУДОУСТРОЙСТВА: АДАПТАЦИЯ ПОД ПОТРЕБНОСТИ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

В современном цифровом мире информационные технологии оказывают значительное влияние на рынок труда, предоставляя всё новые изменения в процессы поиска работы и подбора персонала. Тем не менее, большинство существующих на данный момент популярных информационных систем (ИС) ориентированы на широкую аудиторию работников с практическими навыками и не учитывают специфические особенности студентов и выпускников, не имеющих значительного профессионального опыта.

Даже в эпоху активной цифровизации при трудоустройстве студенты и молодые специалисты сталкиваются с рядом проблем. Основная из них – отсутствие подтверждённых навыков и достижений. Наличие официального подтверждения квалификаций и индивидуальных достижений в той или иной сфере соискателя значительно влияют на отношение работодателя. Также стоит отметить, что работодатели предпочитают кандидатов с практическими навыками, что ставит молодых специалистов в невыгодное положение. Работодатели не заинтересованы в найме студентов, которые уделяют приоритетное внимание образовательному процессу вместо профессиональной деятельности, а ежегодный выпуск большого количества специалистов из образовательных учреждений приводит к усилению конкуренции на рынке труда. К числу проблем, с которыми сталкиваются молодые специалисты, также включают недостаток профессиональных связей и низкую активность в профессиональных со-

обществах. Значительная часть молодых специалистов не принимает участие в мероприятиях данной направленности и не занимается расширением деловых контактов, что существенно снижает их шансы на рынке труда с высокой конкуренцией [1].

Дополнительно стоит отметить проблему эффективных инструментов сбора статистики трудоустройства студентов для образовательных учреждений из-за отсутствия на рынке четкой системы взаимодействия образовательных учреждений и систем трудоустройства. Кроме того, в некоторых организациях существуют квоты на трудоустройство студентов, выполнение которых также может быть затруднено.

Решение обозначенных проблем требует усилий как со стороны студентов, так и со стороны образовательных учреждений (ОУ) и платформ для трудоустройства. В данной работе предлагается рассмотреть существующие популярные системы для трудоустройства, проанализировать их функционал и возможности для удовлетворения потребностей студентов и молодых специалистов, а также предложить концепцию, новой информационной системы, которая должна решать ряд ранее обозначенных проблем.

Для понимания текущей ситуации на рынке цифровых платформ для трудоустройства и найма необходимо рассмотреть наиболее популярные сервисы, такие как:

1. «HeadHunter» (hh.ru) – одна из крупнейших платформ для поиска работ в России, функционирующая с 2000 года.

2. «SuperJob» (superjob.ru) – популярная платформа, основанная в 2000 году, предоставляющая широкий спектр вакансий и возможностей оформления резюме.

3. «Работа.ру» (rabota.ru) – сервис подбора персонала и поиска работы, основанный в 1999 году и являющийся третьим по величине в России.

4. «Grintern» (grintern.ru) – узкоспециализированная платформа для трудоустройства студентов, выпускников колледжей, институтов и иных образовательных учреждений, основанная в 2012 году.

Для анализа и сравнения представленных систем можно использовать следующие критерии:

1. Охват аудитории (студенты, выпускники, опытные специалисты).

2. Наличие специализированных разделов (стажировки, начальные позиции).

3. Функционал для подтверждения компетенций (возможность добавления рекомендаций, сертификатов, характеристик).

4. Интеграция с образовательными учреждениями (возможность получения обратной связи от работников образовательных учреждений, сбор статистики для образовательных учреждений).

5. Поддержка карьерного старта (программы для молодых специалистов, ярмарки вакансий, статьи).

6. Социальные функции и профессиональные сообщества (возможность создания профессиональных связей).

Наличие данных критериев может решить ряд ранее обозначенных проблем. Более узкий охват аудитории и наличие специализированных разделов помогут работодателям выделить те вакансии, на которые возможен набор кандидатов без профессионального опыта. В свою очередь, например, студентам такая организация системы позволит значительно упростить поиск подходящих вакансий.

Функционал для подтверждения компетенций позволит работодателям выделить наиболее подходящих кандидатов в условиях конкуренции и большого числа резюме.

Интеграция с образовательными учреждениями позволяет как подтвердить личность кандидата, так и его достижения, полученные в течение образовательного процесса, что также позволит выделить наиболее подходящих соискателей. Также стоит отметить значительное упрощение сбора статистики трудоустройства образовательными учреждениями.

Наличие поддержки карьерного старта предоставляет молодым специалистам возможность изучить ситуацию на рынке труда и помогает им успешно начать профессиональную деятельность.

Социальные функции и профессиональные сообщества на платформе для трудоустройства и найма решают проблему поиска деловых контактов для будущих специалистов.

Для сопоставления платформ трудоустройства и найма использовался подход к сравнительно-аналитическому исследованию [2]. В ходе рассмотрения объекта исследования были получены данные о наличии или отсутствии тех или иных характеристик (таблица 1).

Таблица 1 показывает, что все приведенные информационные системы имеют инструменты поиска работы молодым специалистам, однако интеграция с образовательными учреждениями не предусмотрена ни в одной из них. Таким образом, рассмотренные платформы не полностью удовлетворяют потребности молодых специалистов и решают не все проблемы, с которыми сталкиваются соискатели, работодатели и образовательные учреждения.

Для решения проблем, связанных со сбором статистики по трудоустройству студентов и выпускников, а также отсутствие механизмов подтверждения личных достижений и рекомендаций, предлагается концепция информационной системы, которая должна включать в себя интеграцию с образовательными учреждениями. Такая система должна предусматривать возможность подтверждения личных данных, достижений молодого специалиста и возможность получения личной характеристики кандидата. Кроме того, платформа должна иметь инструменты сбора статистики трудоустройства для образовательных учреждений.

В общем случае, процесс регистрации и входа может ничем не отличаться от действующих на рынке решений, однако сам процесс интеграции имеет некоторые особенности. В такой системе должно быть, как минимум 4 роли: соискатель, работодатель, работник образовательного учреждения и администратор.

Соискатель – молодой специалист, регистрирующийся в системе с указанием личных данных, среди которых образовательное учреждение, уровень получаемого образования и статус обучения. Соискатель подаёт запрос в образовательное учреждение и обсуждает с сотрудником, какие данные можно прикрепить к личному кабинету студента.

Таблица 1 – Сравнительный анализ информационных систем

Критерий	Информационная система			
	«HeadHunter»	«SuperJob»	«Работа.Ру»	«Grintern»
Охват аудитории	Широкий (студенты, выпускники, опытные специалисты)			Узкий (студенты и выпускники)
Наличие специализированных разделов	Имеется раздел стажировок и работы для молодых специалистов		Имеется категория вакансий для студентов	Основной акцент платформы на стажировках и вакансиях для студентов
Функционал для подтверждения компетенций	Возможность добавления достижений, портфолио и рекомендаций	Возможность добавления достижений и портфолио		
Интеграция с образовательными учреждениями	Отсутствует			
Поддержка карьерного старта	Есть статьи и советы по поиску работы, наличие стажировок и вакансий для молодых специалистов	Наличие стажировок и вакансий для молодых специалистов, нет статей и советов.		Есть статьи и советы по поиску работы, наличие стажировок и вакансий для молодых специалистов.
Социальные функции и профессиональные сообщества	Есть возможность создания профессиональных связей через резюме, но нет профессиональных сообществ.			

Работник образовательного учреждения также может регистрироваться на платформе, однако для подтверждения личности должен предоставить администрации платформы подтверждающие документы или приказ, на основе которых осуществляется активация учетной записи. Работник образовательного учреждения в последствии может подтверждать учетные записи студентов в системе и прикреплять к их резюме личные характеристики и подтверждающие документы.

Взаимодействие работодателей и соискателей осуществляется также, как и на действующих системах по трудоустройству и найму. Сюда включается прикрепление соискателя к компании в случае его успешного трудоустройства, что позволяет реализовать в системе сбор статистики для образовательных учреждений.

В дополнение стоит отметить обязательное наличие в системе возможностей публикации работодателями вакансий на стажировку и предложений на прохождение производственной практики.

Предложенная концепция может не только включать в себя интеграцию с образовательными учреждениями, но и иной функционал, рассмотренный ранее у других платформ для трудоустройства и найма.

В общем виде, диаграмма вариантов использования у предложенной концепции информационной системы может иметь вид, представленный на рисунке 1.

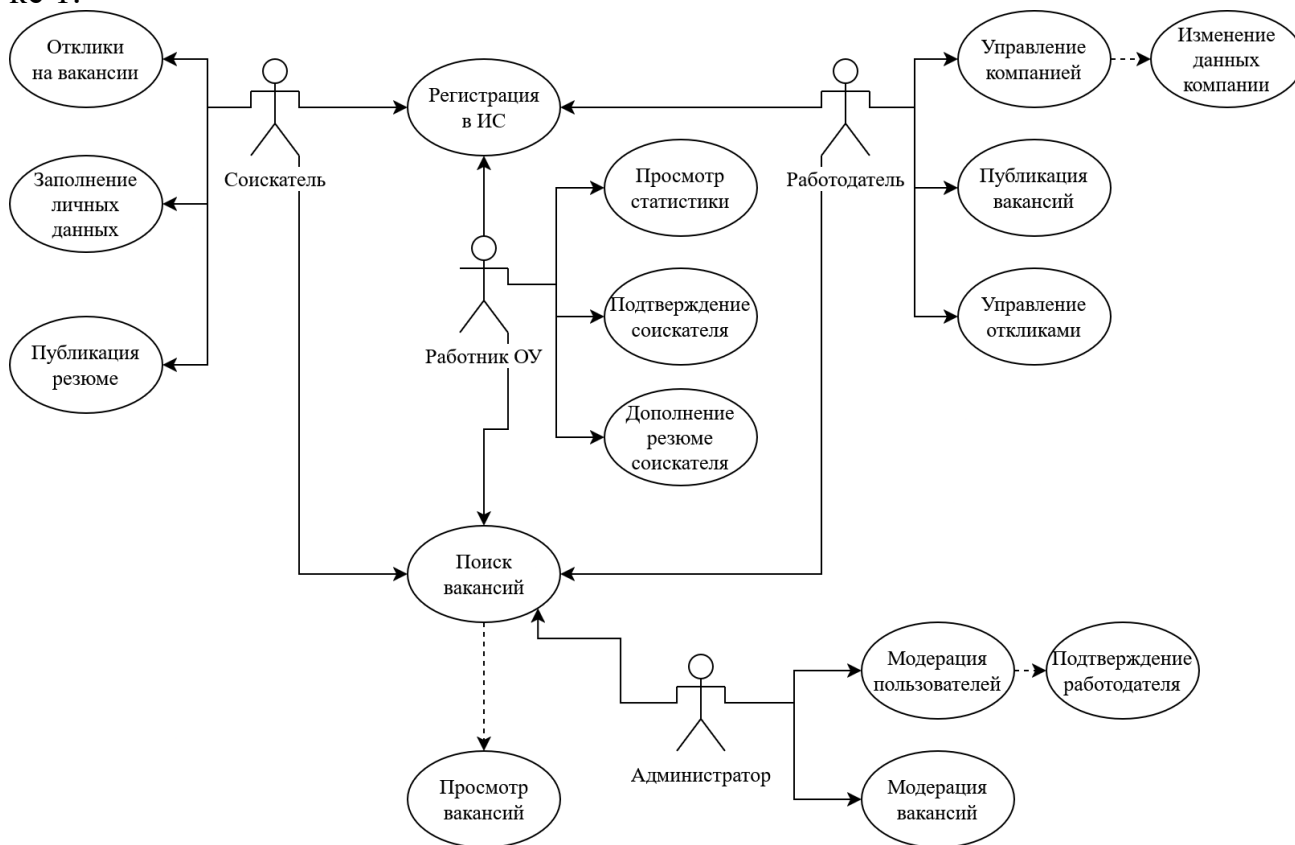


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования ИС

Таким образом, предложенная концепция системы решает проблемы, связанные со сбором статистики по трудоустройству студентов и выпускников и включает в себя механизмы подтверждения личных достижений и рекомендаций для молодых специалистов.

Литература

1. Выпускник вуза не может найти работу. Почему? — Вот причины. [Электронный ресурс] URL: <https://времякарьеры.рф/advice/vypusknik-nemozhet-nayti-rabotu/> (дата обращения 13.03.2025)
2. В.В. Крючкова. Основы научно-исследовательской деятельности. Курс лекций. Учебное пособие для бакалавров направлений подготовки 19.03.01 – Биотехнология, 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения, 19.03.04 – Технология продукции и организация общественного питания, 38.03.07 – Товароведение / сост.: В.В. Крючкова. – п. Персиановский. – Донской ГАУ. – 2018. – 212.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХ- МЕРНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕС- ПЕЧЕНИЯ

Современное инженерное программное обеспечение, такое как системы автоматизированного проектирования (САПР) и системы моделирования, требует эффективных методов визуализации трехмерной графики. Эти методы должны обеспечивать высокую производительность, точность и удобство использования, особенно в условиях работы с большими объемами данных и сложными моделями. В данной статье проводится сравнительный анализ методов визуализации трехмерной графики, используемых в инженерном программном обеспечении, с акцентом на их применимость, производительность и качество визуализации.

В современной компьютерной графике используется множество методов визуализации трехмерных объектов. Рассмотрим основные из них:

1. Растеризация – метод, при котором трехмерные объекты преобразуются в двумерные изображения путем разбиения на пиксели. Это один из самых быстрых методов, широко используемый в программах для отображения виртуальных сцен в реальном времени, например, в САПР, интерактивных приложениях и играх [1]. Суть метода заключается в поиске элементов сцены, попадающих в область видимости пользователя, затем, на видимые элементы, накладывается сетка, размерность которой определяется разработчиком. Если некоторая площадь квадрата данной сетки занята объектом сцены, он принимает цвет данного объекта. Пример данного преобразования представлен на рисунке 1.

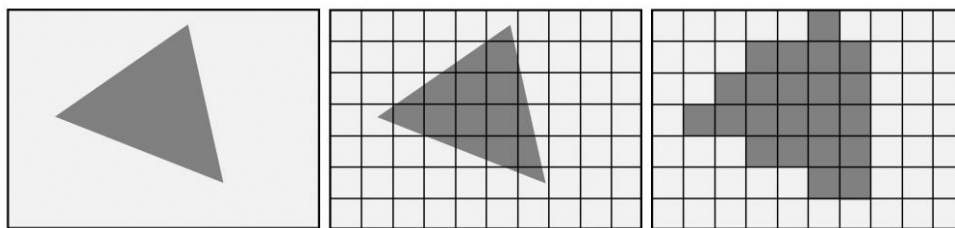


Рисунок 1 – Растеризация фигуры на экране

- Преимущества: высокая производительность, низкие требования к аппаратному обеспечению;
- Недостатки: ограниченная реалистичность, сложность в отображении сложных графических эффектов.

2. Трассировка лучей (Ray Tracing) – метод, основанный на моделировании пути света от камеры пользователя до источника света. Каждый луч, при достижении объекта, отражается от него в некотором направлении, зависящем от физических свойств поверхности объекта, искажая свой цвет. Дальше, если луч достигает источника света, он передает ему свой цвет. Данный алгоритм позволяет достичь высокой реалистичности изображения, но требует большого коли-

чества одновременных вычислений [1]. Пример работы луча представлен на рисунке 2.

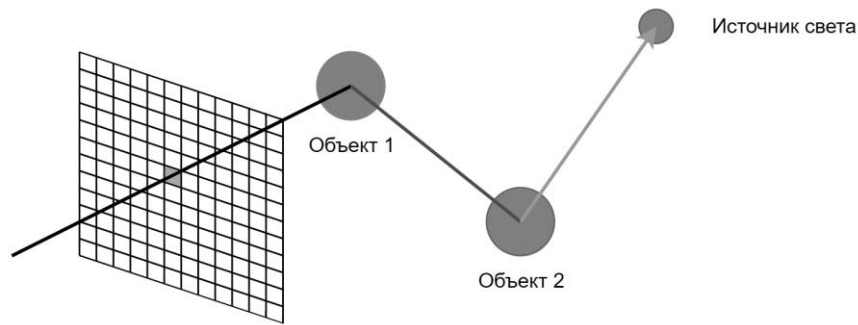


Рисунок 2 – Определение цвета пикселя методом Ray Tracing

- Преимущества: высокая реалистичность, поддержка сложных эффектов (отражения, преломления, тени);

- Недостатки: высокая вычислительная сложность, низкая производительность в реальном времени.

3. Трассировка пути (Path Tracing) – усовершенствованный метод трассировки лучей, который учитывает множество путей света для более точного моделирования освещения. Используется в фотореалистичной графике [2].

- Преимущества: высокая реалистичность, поддержка глобального освещения;

- Недостатки: крайне высокая вычислительная сложность, непригодность для реального времени.

4. Метод «бросания лучей» (Ray Casting) – упрощенный метод трассировки лучей, при котором луч проходит через сцену без учета отражений и преломлений от объектов. Луч света также вылетает из пикселя камеры пользователя и, при пересечении с объектом, искажается, в зависимости от свойств объекта, и передает свой цвет пикселю. Можно улучшать метод, усложняя обработку лучей и, как результат, увеличивая реалистичность метода, но не значительно увеличивая вычислительную сложность. Используется для быстрой визуализации сцен [3]. Пример работы луча представлен на рисунке 3.

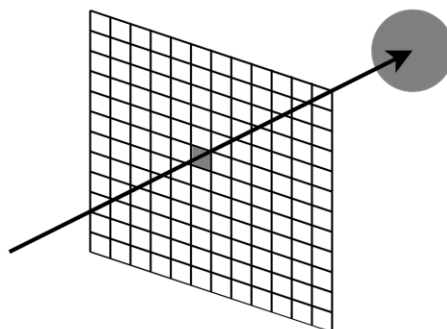


Рисунок 3 – Определение цвета пикселя методом Ray Casting

- Преимущества: высокая производительность, простота реализации;

- Недостатки: низкая реалистичность, ограниченная применимость для сложных сцен.

5. Ray Marching – метод, при котором сцена исследуется путем "шагов" вдоль луча до пересечения с объектом. Часто используется для визуализации объемных данных и procedural-текстур, не занимающих память видеоадаптера устройства, а рассчитывающихся в реальном времени [1].

- Преимущества: гибкость, возможность работы с объемными данными;
- Недостатки: высокая вычислительная сложность, ограниченная производительность.

6. Воксельная графика (Voxel Graphics) – метод, при котором трехмерные объекты представляются в виде объемных пикселей (вокселей). Каждый объект сцены представлен в виде набора вокселей, хранящихся в памяти видеоадаптера, без искажений формы и цвета, что требует значительного объема видеопамати и производительности устройства. Часто применяется для визуализации графики в точных медицинских устройствах и программном обеспечении [2].

- Преимущества: точное представление объемных данных, поддержка сложных текстур;
- Недостатки: высокие требования к памяти, сложность в обработке больших сцен.

Для сравнения методов визуализации были выделены следующие характеристики: производительность (количество вычислений на один кадр), реалистичность (качество визуализации графических эффектов), сложность реализации (трудоемкость программирования и интеграции в готовые системы), применимость (возможность использования в инженерном программном обеспечении). Результаты анализа и выводы по применимости метода представлены в таблице 1.

Таблица 1 – сравнительные характеристики методов визуализации графики и результат определения применимости

Метод	Производительность	Реалистичность	Сложность реализации	Применимость
Растеризация	Минимальное количество вычислений	Низкая	Низкая	Высокая
Трассировка лучей	Высокое количество вычислений	Высокая	Высокая	Умеренная
Трассировка пути	Очень высокое количество вычислений	Очень высокая	Очень высокая	Низкая
Ray Casting	Умеренное количество вычислений	Умеренная	Низкая	Высокая
Ray Marching	Высокое количество вычислений	Высокая	Высокая	Низкая
Воксельная графика	Высокое количество вычислений	Умеренная	Умеренная	Умеренная

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что для инженерного программного обеспечения, такого как САПР и системы моделирования, наиболее подходящими методами являются растеризация и Ray Casting. Эти методы визуализации трехмерной графики обеспечивают высокую производи-

тельность, менее сложную реализацию в программном коде, по сравнению с другими методами, что критически важно для работы с большими объемами данных и сложными моделями, а также, достаточный уровень качества графики для удобного использования программного обеспечения.

Методы трассировки лучей и Ray Marching, несмотря на высокую реалистичность, имеют ограниченную применимость из-за высокой вычислительной сложности и требованиям к производительности устройства пользователя. Однако, они могут быть использованы для визуализации трехмерной модели после ее моделирования, для финальной оценки и анализа, где качество изображения имеет приоритет над производительностью.

В перспективе, можно рассмотреть следующие направления для развития исследования:

1. Разработать гибридные методы визуализации трехмерной графики, сочетающие лучшие качества существующих методов;
2. Разработать специализированные стандарты оценки качества визуализации трехмерной графики для инженерного ПО.

Список литературы

6. Акенин-Мёллер, Т., Хейнс, Э., Хоффман, Н. Реал-тайм рендеринг: от теории к практике / Т. Акенин-Мёллер, Э. Хейнс, Н. Хоффман. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 1040 с.
7. Фарр, М., Якоб, В., Хамфрис, Г. Рендеринг на основе физических принципов: от теории к реализации / М. Фарр, В. Якоб, Г. Хамфрис. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 1168 с.
8. Фоли, Дж. Д., ван Дам, А., Фейнер, С. К., Хьюз, Дж. Ф. Компьютерная графика: принципы и практика / Дж. Д. Фоли, А. ван Дам, С. К. Фейнер, Дж. Ф. Хьюз. – М.: Мир, 1990. – 512 с.

*Н.И. Федосов, студ.; рук. И.А. Денисова, доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРОКАТА ВЕЛОТЕХНИКИ

В условиях стремительного развития цифровых технологий и роста интереса к экологически чистым видам транспорта, системы проката велотехники становятся важным элементом современной городской инфраструктуры. Развитие таких систем позволяет пользователям оперативно арендовать велосипеды для перемещения по городу, что способствует снижению автомобильных пробок, уменьшению загрязнения окружающей среды и повышению уровня физической активности.

Цель данной работы – провести сравнительный анализ существующих решений для систем проката велотехники с целью выявления их сильных и слабых сторон, что позволит обосновать выбор оптимальных решений при разработке собственной системы. Предметом исследования являются существующие системы проката велотехники, а объектом – их функциональные возможности, дизайн интерфейса, производительность и удобство использования.

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в современных и надежных решениях для организации проката велотехники, способных удовлетворить потребности городского населения в условиях стре-

мительной урбанизации и развития концепций «умного города». Результаты проведенного анализа могут стать теоретической и практической основой для разработки инновационной системы проката велотехники, отвечающей требованиям как конечных пользователей, так и операторов транспортной инфраструктуры.

Для анализа были выбраны две системы проката велотехники, демонстрирующие различные подходы к организации сервиса, моделям монетизации и взаимодействию с пользователями. В качестве критериев оценки использовались следующие аспекты:

- **Функциональность:** регистрация, бронирование, оплата, отслеживание местоположения велосипедов в режиме реального времени.
- **Удобство использования:** интуитивно понятный интерфейс мобильного приложения и веб-платформы, простота аренды и возврата, оперативная поддержка пользователей.
- **Дизайн и визуальное оформление:** современный и лаконичный дизайн, удобная навигация, информативное отображение данных о доступных велосипедах и станциях.
- **Производительность:** надежность работы системы, быстрота обработки запросов, минимальные задержки при разблокировке велосипедов.
- **Дополнительные возможности:** интеграция с другими городскими сервисами, программы лояльности, аналитика использования сервиса, возможность гибкого расширения функционала.

Пример 1: Nextbike

Nextbike – международная система проката велосипедов, активно работающая в таких крупных российских городах, как Москва и Санкт-Петербург. Сервис предлагает удобное мобильное приложение и веб-платформу, позволяющие пользователям быстро зарегистрироваться, найти ближайшую станцию и арендовать велосипед с помощью QR-кода. Среди основных преимуществ – широкая сеть станций, оперативная разблокировка велосипедов и интеграция с городскими транспортными сервисами. Однако в периоды пиковых нагрузок возможны ситуации с дефицитом доступных велосипедов, а качество технического обслуживания может варьироваться в зависимости от региона.

Пример 2: Yandex.Go Bike

Yandex.Go Bike – сервис проката велосипедов, входящий в экосистему Yandex.Go, который предоставляет услугу аренды в ряде крупных российских городов. Приложение отличается интуитивно понятным интерфейсом, позволяющим оперативно находить ближайшие станции, бронировать и оплачивать аренду. Ключевые преимущества включают интеграцию с другими сервисами Yandex (например, навигация и карты), удобные способы оплаты и бонусные программы для постоянных пользователей. Недостатками могут быть сравнительно ограниченная зона покрытия в некоторых регионах и зависимость от стабильности работы мобильного приложения.

Таким образом, анализ существующих решений демонстрирует, что каждая система имеет свои сильные и слабые стороны. Выявленные практики и не-

достатки позволяют сделать выводы о том, какие элементы стоит перенять и оптимизировать при разработке собственной системы проката велотехники, способной удовлетворить современные требования пользователей и эффективно конкурировать на рынке.

Проведем анализ рассмотренных систем проката велотехники по ключевым критериям, что позволит выявить их сильные и слабые стороны и определить направления для оптимизации при разработке собственной системы.

Таблица 1 – Сравнительный анализ решений для систем проката велотехники

Критерий	Nextbike	Yandex.Go Bike
Функциональность	Широкий функционал: регистрация, бронирование, оплата через мобильное приложение, отслеживание местоположения велосипедов в реальном времени, интеграция с городскими сервисами.	Обширный функционал: бронирование и оплата через приложение, интеграция с экосистемой Yandex, программа лояльности и возможность предзаказа.
Удобство использования	Интуитивно понятный интерфейс, быстрая разблокировка через QR-код, оперативное отображение информации о доступности велосипедов и станций.	Простой и удобный интерфейс, единая платформа с другими сервисами Yandex, что обеспечивает легкость в использовании и ускоряет процесс аренды.
Дизайн	Современный дизайн мобильного приложения с информативным отображением данных о станциях и велосипедах, удобная навигация.	Элегантный, минималистичный дизайн, соответствующий фирменному стилю Yandex, с качественным визуальным представлением информации.
Производительность	Высокая скорость обработки запросов, стабильная работа в условиях пиковых нагрузок, быстрая разблокировка велосипедов.	Быстрая работа приложения, минимальные задержки в обновлении данных о местоположении, интеграция с оптимизированными сервисами Yandex.
Дополнительные возможности	Интеграция с общественным транспортом, возможность планирования маршрутов, бонусные программы и аналитика использования.	Интеграция с сервисами Yandex (карты, навигация), система скидок и бонусов, возможности расширения функционала за счет экосистемы.

Таким образом, сравнительный анализ показал, что каждая система имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные специфическими особенностями и требованиями целевой аудитории. При разработке собственной системы проката велотехники целесообразно объединить лучшие практики, присутствующие в данных решениях, с учетом локальных условий и потребностей пользователей, чтобы создать функциональный, удобный и конкурентоспособный продукт.

На основании проведенного сравнительного анализа существующих решений для систем проката велотехники можно выделить ряд ключевых требова-

ний и функциональных особенностей, которые необходимо учесть при разработке собственной системы. Оптимальный выбор подхода должен основываться на объединении лучших практик уже существующих сервисов с учетом специфики целевой аудитории и локальных условий.

Основные направления оптимизации:

- Функциональность и масштабируемость:

Система должна обеспечивать возможность оперативной аренды велосипедов с использованием мобильного приложения или веб-платформы, включать функции бронирования, оплаты, разблокировки через QR-коды и отслеживания местоположения в реальном времени. Важно предусмотреть масштабируемость решения, чтобы обеспечить стабильную работу при увеличении числа пользователей и расширении географии сервиса.

- Удобство использования и адаптивный дизайн:

Интерфейс должен быть интуитивно понятным и адаптированным для работы на различных устройствах — от десктопов до смартфонов и планшетов. Особое внимание стоит уделить удобству навигации, быстрому поиску ближайших станций и легкости процедуры аренды, что повысит вовлеченность и удовлетворенность пользователей.

- Производительность и безопасность:

В условиях высокого трафика необходимо оптимизировать серверную инфраструктуру, обеспечить минимальные задержки при разблокировке велосипедов и быструю обработку запросов. Также крайне важно внедрить надежные механизмы защиты данных пользователей, предотвратить мошеннические операции и обеспечить безопасность платежей.

- Интеграция дополнительных возможностей:

Для повышения конкурентоспособности рекомендуется предусмотреть интеграцию с городскими сервисами (например, общественным транспортом и навигационными системами), программами лояльности и скидками, а также аналитическими инструментами для мониторинга использования сервиса. Эти возможности позволят не только улучшить качество сервиса, но и создать дополнительные стимулы для активного использования системы.

Проведенный анализ показал, что существующие системы проката велотехники, такие как Nextbike и Yandex.Go Bike, обладают своими сильными и слабыми сторонами. Одни демонстрируют высокую масштабируемость и широкую сеть станций, другие — удобство интеграции с городскими сервисами и привлекательный дизайн, но могут испытывать трудности с равномерным распределением ресурсов в пиковые часы.

Разрабатываемая система проката велотехники будет сочетать лучшие практики мировых и отечественных решений, предлагая пользователям удобный интерфейс, высокую производительность и современные инструменты для взаимодействия. Такой подход позволит создать востребованный продукт, ориентированный на улучшение пользовательского опыта и удовлетворение потребностей как конечных пользователей, так и операторов городской инфраструктуры.

*И.И. Фесенко, студ.; рук. Д.Ю. Волкова, к. э. н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖСЕТЕВОГО ЭКРАНА КАК СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В настоящее время компьютерные сети зачастую являются основной инфраструктурой для передачи, обработки и хранения различного рода данных, и важность обеспечения информационной безопасности в 2025 г. наряду с растущим числом киберугроз становится всё более и более заметной. Пользователи компьютерных сетей, в том числе и сотрудники различных предприятий, обмениваются огромными объёмами информации, а значит, постоянно совершенствуются и разрабатываются новые методы межсетевых атак, что приводит к частым росту сложности выявления угроз и повышению требований к сетевой безопасности. По этим причинам организации и частные лица сталкиваются с проблемами утечки информации, которые влекут за собой финансовые и репутационные потери, приводят к негативным юридическим последствиям и иным возможным рискам. Одним из ключевых инструментов защиты данных является межсетевой экран (брандмауэр).

Применение современного брандмауэра как средства повышения информационной безопасности сети позволяет перейти на более высокий уровень защиты персональных и корпоративных данных, а также увеличить противодействие внешним угрозам путём повышения устойчивости к кибератакам и минимизации риска утечек.

Установка межсетевого экрана подразумевает внедрение специального программно-аппаратного решения (или комплекса подобных решений), по сути, являющегося «барьером», «стеной» между общедоступной и внутренней сетями, обеспечивающего контроль прохождения трафика по различным условиям (рисунок 1).

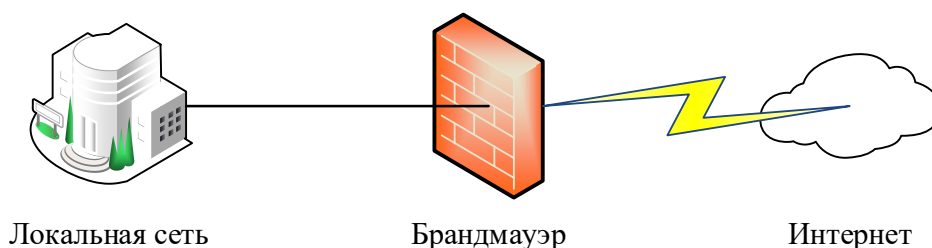


Рисунок 23 – Модель защиты локальной сети межсетевым экраном

Внедрение брандмауэров в работу локальной вычислительной сети позволяет обеспечить реализацию многочисленных функций (рисунок 2), и, интегрировав межсетевой экран в уже имеющуюся многоуровневую систему безопасности, увеличивается эффективность защиты наряду с различными антивирус-

ными решениями, системами обнаружения вторжений и шифрованием корпоративной информации, что обеспечивает комплексную защиту от многофакторных угроз и снижает шанс рисков неправомерного доступа.

Сетевые экраны являются главными звеньями системы контроля трафика, блокирующими доступ в случае обнаружения вторжения в локальную сеть. Они перехватывают и эффективно фильтруют потенциально опасные элементы, которые, исходя из определённых предпосылок, могут нарушать стабильность системы.

При конфигурировании межсетевого экрана важно обеспечить баланс между ограничениями безопасности (фильтрацией протоколов, блокировкой небезопасных портов, ограничением адресов и контролем приложений) и сохранением бесперебойности функционирования корпоративных процессов. Требуется грамотная настройка некоторых исключений для предотвращения как угроз вторжения, так и непреднамеренной блокировки легитимных рабочих операций.

Ещё одной, не менее важной, особенностью брандмауэра является то, что он должен предотвращать внешнее вмешательство, разрушительные воздействия из внешнего мира (сети Интернет) и несанкционированные подключения к устройствам, одновременно контролируя хранимые данные для предотвращения их утечки.

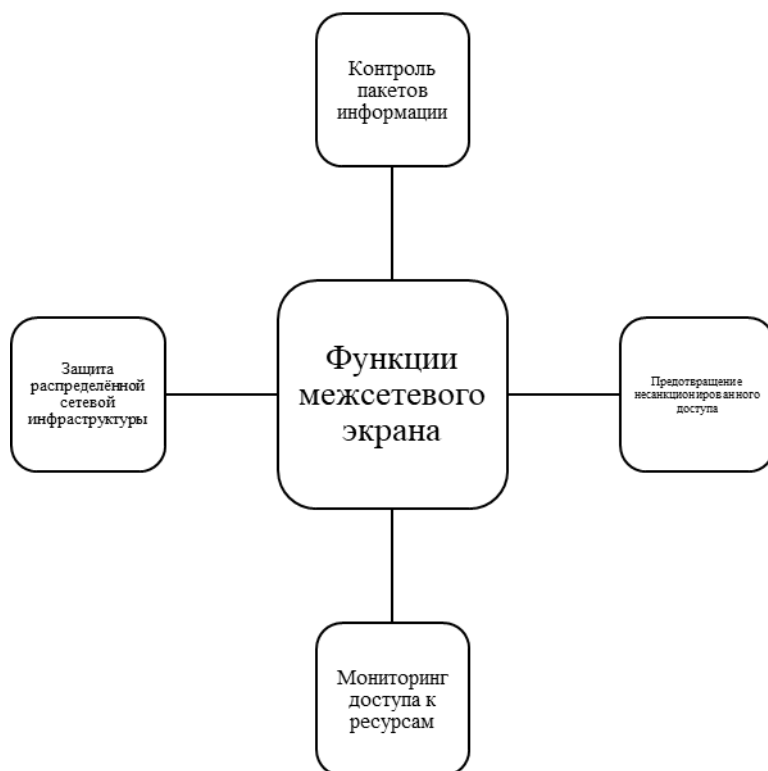


Рисунок 24 – Основные функции межсетевого экрана

С подобными задачами справляется множество современных российских решений, одним из которых является «Континент 4». Данный комплекс обеспечивает контроль доступа посредством применения виртуальной частной сети с шифрованием согласно государственным стандартам. Также имеется защита каналов связи и удалённого доступа с поддержкой методов аутентификации, в

том числе многофакторной, что делает его подходящим для крупных корпоративных сетей и государственных структур [1].

Ещё одними популярными на данный момент времени являются UserGate и защитные программные продукты компании ViPNet. Они идеально подходят для организаций с высоким уровнем требований к информационной безопасности, включая государственный сектор и объекты критической инфраструктуры [2]. Кроме того, комплекс концепции Zero Trust и технологий искусственного интеллекта постепенно находят применение в России, однако, тем не менее, всё ещё требуют дальнейшего совершенствования.

Для обеспечения информационной безопасности компьютерной сети возможна установка программ многоуровневой фильтрации для всестороннего мониторинга нарушений, совершаемых пользователями, и автоматического выявления поддельных веб-адресов, скрытых на прикладном уровне компьютерной сети.

Использование локальных вычислительных сетей, как правило, сопровождается различными возможными рисками инцидентов, связанных с угрозами вторжения злоумышленников и завладения ими конфиденциальной информацией, хранящейся на устройствах. В связи с этим, исходя из предпосылок обеспечения безопасной и стабильной работы, все отрасли промышленности и сферы деятельности должны придавать особое значение применению межсетевых экранов для обеспечения как можно большей степени информационной безопасности.

Список литературы

1. Континент 4: многофункциональный межсетевой экран (NGFW/UTM) с поддержкой алгоритмов ГОСТ [Электронный ресурс] / ООО «Код Безопасности» // Код Безопасности. URL : https://www.securitycode.ru/upload/iblock/0c4/cplrjim86u10bb0mtv4wo31c5lh3ityv/Listovka_Continent_4.1.9_2024_web.pdf (дата обращения: 15.04.2025).
2. Российские межсетевые экраны следующего поколения. Сравниваем NGFW для малого и среднего бизнеса [Электронный ресурс] / ООО «Ай-Ти-Про» // Ай-Ти-Про. ИТ-решения для бизнеса. 2024. 2 сент. URL : https://it4pro.ru/comparing_the_russian_ngfw/ (дата обращения: 13.03.2025).

*К.В. Хлусович, студ.; рук. О.В. Булыгина, к.э.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Наукоемкое производство играет ключевую роль в экономике России. Данная отрасль не только способствует технологическому прогрессу, но и обеспечивает стратегическую независимость страны, создавая продукцию, конкурентоспособную на мировом рынке. Высокой технологичностью отличаются предприятия, специализирующиеся на разработке и производстве сложных измерительных систем, включая [1]:

- системы управления виброиспытаниями, анализа и сбора данных;
- комплексы для поверки и калибровки измерительных приборов;
- автономные регистраторы и виброметры;

- анализаторы спектра и усилители мощности.

Высокие требования к точности и надежности делают критически важным управление качеством продукции. В свою очередь, качество определяется множеством факторов, зачастую противоречивых, и требует применения эффективных методов многокритериальной оптимизации (МКО), поскольку [2]:

- 1) ошибки ведут к затратам и репутационным рискам;
- 2) требования к точности, надежности, энергоэффективности противоречат друг другу;
- 3) высокое качество является важным конкурентным преимуществом;
- 4) оптимизация снижает число брака в сложном производстве.

Проведение оптимизации на всех этапах жизненного цикла продукции – от проектирования до производства и эксплуатации – является залогом устойчивого развития и достижения лидерства в отрасли. Существует множество подходов к решению таких задач, позволяющих учитывать несколько противоречивых критериев, таких как производительность, надежность, стоимость, экологичность и другие параметры (рисунок 1). Выбор конкретного метода зависит от специфики задачи, типа критериев и доступных данных [3].

Классические методы МКО обладают широким спектром возможностей, но их недостаточная адаптивность ограничивает их применение в сложных и динамичных производственных средах. Гибридизация МКО представляет собой стратегию, направленную на преодоление недостатков отдельных методов за счет их комбинирования. Ключевым преимуществом гибридных методов является баланс между глобальными и локальными аспектами оптимизации. Объединение различных стратегий позволяет учитывать как макро-, так и микроуровневые характеристики системы, улучшая согласованность решений. Кроме того, гибридизация повышает адаптивность производственных процессов, позволяя оперативно реагировать на изменения внешних условий.



Рисунок 1 – Ключевые методы МКО управления качеством

Одним из наиболее перспективных подходов в области многокритериальной оптимизации является гибридизация метода взвешенных сумм и алгоритма

роя частиц (PSO). Данный подход сочетает в себе преимущества обоих методов, что делает его особенно актуальным для управления качеством наукоемкой продукции.

Метод взвешенных сумм преобразует многокритериальную задачу в однокритериальную, присваивая каждому критерию вес в зависимости от его важности. Итоговая оценка для каждой альтернативы определяется как сумма произведений значений критериев на их веса [4].

Пусть:

- 1) x – альтернативное решение, которое оценивается;
- 2) $f_i(x)$ – значение i -го критерия для решения x (например, надежность);
- 3) w_i – вес i -го критерия, отражающий его значимость в общей оценке (например, $\sum w_i = 1$).

Тогда итоговая оценка $S(x)$ для решения x определяется формулой (1):

$$S(x) = \sum_{i=1}^n w_i * f_i(x), \quad (1)$$

где n – общее число критериев; w_i – весовой коэффициент критерия i , где обычно $w_i > 0$ и $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Метод предполагает, что чем выше итоговая оценка $S(x)$, тем лучше решение x . Однако данный метод чувствителен к выбору весовых коэффициентов и не всегда эффективно находит решения в сложных многомерных пространствах.

Алгоритм роя частиц (PSO) – мощный метаэвристический подход, основанный на поведении множества искусственных агентов [5]. Частицы обновляют свою скорость и положение по формулам (2) и (3) соответственно:

$$v_i(t+1) = w * v_i(t) + c_1 * r_1 * (p_i - x_i(t)) + c_2 * r_2 * (g - x_i(t)), \quad (2)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1), \quad (3)$$

где w – коэффициент инерции, контролирующий влияние предыдущей скорости; c_1, c_2 – веса когнитивной и социальной составляющих; $r_1, r_2 \sim U(0,1)$ – случайные числа.

Для сходимости алгоритма должны выполняться следующие условия:

$$w < 1, c_1 + c_2 > 4, 2 - c_1 - c_2 > 0.$$

Каждая частица i характеризуется $x_i \in R^d$, скоростью v_i , личным лучшим решением p_i (pbest) и глобальным лучшим решением g (gbest).

Гибридизация вышеуказанных методов позволяет компенсировать их индивидуальные недостатки. PSO обеспечивает эффективный глобальный поиск, а метод взвешенных сумм дает возможность точной настройки весов критериев, позволяя учитывать приоритеты системы. Объединение методов демонстрирует высокую вычислительную эффективность, что особенно важно в условиях сложных производственных процессов [6, 7].

Алгоритм решения многокритериальной оптимизации с использованием метода взвешенных критериев-сумм и алгоритма роя частиц представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм решения МКО с использованием метода WSW и PSO

Его основными этапами являются:

1) Инициализация:

- генерируются случайные начальные позиции частиц в пространстве допустимых решений;
- каждой частице присваивается начальная скорость;
- вычисляются значения всех критериев $f_i(x)$ для каждой частицы;
- рассчитывается сводная функция качества по формуле (1);
- определяются личные лучшие решения частиц и глобально лучшее решение среди всех частиц.

2) Итерационный процесс обновления частиц:

- для каждой частицы вычисляется новая скорость по формуле (2);
- обновляется положение частицы по формуле (3);
- вычисляются новые значения критериев и обновляется итоговая функция качества.

3) Алгоритм завершается, если достигнуто максимальное количество итераций.

Преимущества описанного метода можно назвать:

- простота реализации и интерпретации;
- возможность нахождения приближённого компромиссного решения;
- хорошая сходимость PSO благодаря механизму коллективного поиска.

Однако, неправильный выбор параметров алгоритма может привести к недостижимости некоторых компромиссных решений. Также из ограничений можно обозначить возможность вывода не всех точек Парето-оптимального множества. Дальнейшее развитие МКО с использованием метода взвешенных критериев-сумм и алгоритма роя частиц может включать адаптивное изменение весов критериев в ходе оптимизации, что позволит учитывать динамические изменения требований к продукции.

Рассмотренный подход к многокритериальной оптимизации применим в приборостроении, где критически важно учитывать точность, долговечность и стабильность работы измерительных систем. Например, в производстве виброизмерительных приборов он позволит одновременно минимизировать погрешности измерений, снижать энергопотребление и повышать стойкость к внешним воздействиям, что особенно актуально для метрологического контроля и испытательных лабораторий.

Список литературы

1. Ершова И.В., Гамберг А.Е., Кузнецова Н.А. Управление разработкой наукоемкого продукта : учебное пособие / И. В. Ершова, А. Е. Гамберг, Н. А. Кузнецова [и др.] ; науч. ред. И. В. Ершов ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. 123 с. : схем., табл., ил. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=696272>.
2. Пипия Г.Т., Черненко Л.В. Двухуровневая оптимизация оценки качества продукции приборостроения // SAEC. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dvuhurovnevaya-optimizatsiya-otsenki-kachestva-produktsii-priborostroeniya>.
3. Мелькумова Е.М. О некоторых подходах к решению многокритериальных задач // Вестник ВГТУ. 2011. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-podhodah-k-resheniyu-mnogokriterialnyh-zadach> (дата обращения: 14.12.2024).
4. Богданова П.А., Сахаров Д.М., Васильева Т.В. Обзор методов многокритериальной оптимизации в задачах принятия решений // Инновационные аспекты развития науки и техники. 2021. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-mnogokriterialnoy-optimizatsii-v-zadachah-prinyatiya-resheniy>.

5. Казакова Е.М. Краткий обзор методов оптимизации на основе роя частиц // Вест. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkiy-obzor-metodov-optimizatsii-na-osnove-roya-chastits>.

6. Bulygina O.V., Kulyasov N.S., Yartsev D.D. Directions for modifying the artificial bee colony algorithm to optimize control parameters for complex systems // Journal of Applied Informatics. 2024. Т. 19. № 1 (109). С. 28-37.

7. Булыгина О.В., Ярцев Д.Д., Прокимнов Н.Н., Верейкина Е.К. Направления гибридизации алгоритмов роевого интеллекта и нечеткой логики для решения оптимизационных задач в социально-экономических системах // Прикладная информатика. 2024. Т.19. №5. С. 45-67.

*С.А. Холодили́н, студ.; рук. В.А. Тихоно́в, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

В современном мире точность и надежность измерений играют ключевую роль в различных отраслях – от научных исследований до промышленного производства. Автоматизация управления измерительными и испытательными приборами значительно увеличивает эффективность и снижает вероятность ошибок. Она имеет ряд значительных преимуществ:

1. Увеличение точности: автоматизированные системы управления приборами могут выполнять измерения с высокой точностью и повторяемостью, что минимизирует влияние человеческого фактора.

2. Скорость и эффективность: автоматизация управления позволяет значительно сократить время, необходимое для выполнения измерений и испытаний, что особенно важно в условиях массового производства.

3. Сбор и анализ данных: современные системы автоматизации могут автоматически собирать и анализировать данные, что упрощает процесс принятия решений и улучшает контроль качества.

4. Удаленный доступ: современные технологии позволяют управлять приборами с удаленного доступа, что делает возможным мониторинг и управление в реальном времени.

Большую роль в автоматизации управления измерительными и испытательными приборами сыграло появление приборов с возможностью программирования, а также развитие таких технологий как SCPI, VISA или COM [1,2,3].

SCPI – это стандарт команд для программируемых приборов, выпущенный в 1990 году, который обеспечивает унифицированный интерфейс для управления различными измерительными устройствами. Он определяет набор команд, которые могут быть использованы для управления приборами, и обеспечивает совместимость между различными производителями [1].

Пример команды SCPI: «[SOURce [1 | 2] :] FREQuency {<Value> [MHz | kHz | Hz | mHz] | MINimum | MAXimum}».

Основные правила формирования команд SCPI [1]:

1. Содержимое в квадратных скобках необязательно и его можно пропустить. В фигурных скобках через «|» перечисляются обязательные части.

2. Команды имеют краткую форму. В документациях к программированию с помощью SCPI обычно пишут обязательную часть команды заглавными буквами, а необязательную часть прописными. Пример: «FREQ 3.5». При этом писать можно только либо краткую форму (выделенную заглавными буквами), либо полную.

3. Команды SCPI не чувствительны к регистру.

4. Команды запроса заканчиваются вопросительным знаком. Пример «MEAS : VOLT?».

Для разработки программ на любом языке программирования с использованием команд SCPI был разработан стандарт Virtual Instrument Software Architecture – программная архитектура виртуальных приборов или VISA [2].

VISA – это высокоуровневый кроссплатформенный программный интерфейс (API), реализующий передачу SCPI-команд через различные интерфейсы (USB, RS-485, GPIB) [2].

Список основных функций VISA:

«VISA_Open_Default_RM» – открывает диспетчер ресурсов, который обнаруживает все приборы.

«VISA_Open» – устанавливает соединение с прибором.

«VISA_Close» – разрывает соединение с прибором.

«VISA_Write» – записывает строку SCPI команды и отправляют на прибор.

«VISA_Read» – считывает ответную строку, присланную с прибора [2].

SCPI-команда передается аргументом в виде строки в функцию «VISA_Write» (в конце строки должен быть знак переноса «\n»), а ответ приходит при вызове «VISA_Read» в виде возвращенного значения. Пример фрагмента программы на C++:

```
// Отправляем SCPI команду
const char* command = "MEAS:VOLT:DC?\n";
viWrite (instrument, command, strlen(command), VI_NULL);
// Читаем ответ
char response[256];
ViUInt32 retCount;
viRead (instrument, response, sizeof(response) - 1, &retCount);
response[retCount] = '\0'; // Завершаем строку
```

Альтернативой технологии VISA можно назвать технологию COM [3].

Component Object Model (модель составных объектов) – разработка компании Microsoft, созданная для взаимодействия программных модулей, которые были разработаны с помощью различных языков программирования [3].

В отличие от VISA, в COM команды SCPI реализованы в виде объектов классов и подклассов, свойств и функций. Пример фрагмента программы:

```
IRVNAPtr      pNWA;                // Pointer to COM object
// Preset network analyzer
pNWA-> SCPI-> SYSTem-> PRESet();
// Set frequency start to 1 GHz
```

```
pNWA-> SCPI-> SENSE[1]-> FREQuency-> START = 1e9;
// Set frequency stop to 1.2 GHz
pNWA-> SCPI-> SENSE[1]-> FREQuency-> STOP = 1.2e9;
// Set number of measurement points to 51
pNWA-> SCPI-> SENSE[1]-> SWEep-> POINTs = 51;
// Set trigger source to GPIB / LAN bus or COM interface
pNWA-> SCPI-> TRIGger-> SEQUence-> SOURce = "bus";
// Trigger measurement and wait
pNWA-> SCPI-> TRIGger-> SEQUence-> SINGLE();
```

VISA и COM — это два разных подхода к взаимодействию с устройствами и программным обеспечением, и они имеют свои уникальные особенности.

Необходимо определить основные отличия технологий VISA и COM:

Платформенная зависимость: VISA работает на разных операционных системах, а COM в основном ограничен Windows. Это значит, что если разработчику необходимо создать кроссплатформенную программу, то выбирать нужно VISA.

Уровень абстракции: VISA предлагает высокоуровневые функции для работы с приборами, тогда как COM более низкоуровневый и требует больше усилий разработчика для настройки взаимодействия модулей.

При этом стоит отметить, что на выбор технологии влияют сами изготовители приборов, так как некоторые могут и не поддерживать ту или иную технологию.

Таким образом, развитие таких технологий как SCPI, VISA и COM расширило возможности автоматизации управления измерительными и испытательными приборами, что востребовано в условиях быстрого роста производительности.

Список литературы

1. Введение в команды SCPI / Rohde & Schwarz / URL: https://www.rohde-schwarz.com/cac/driver-pages/remote-control/2-remote-programming-environments_231250.html (дата обращения: 15 марта 2025 года).
2. VISA и программы VISA / Rohde & Schwarz / URL: https://www.rohde-schwarz.com/cac/driver-pages/remote-control/3-visa-and-tools_231388.html (дата обращения: 15 марта 2025 года).
3. Измерители комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор – 304», «Обзор – 304/1» Руководство программиста / Planar / URL: https://radian.com.ru/data/files/files/201_file.pdf (дата обращения: 16 марта 2025 года)

*А.А. Цветков, студ.; рук. В.А. Тихонов, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА С ФРЕЙМВОРКОМ QT

Последовательный интерфейс заслужил популярность благодаря своей простоте и надежности. Он широко применяется при подключении специфических устройств и промышленных приборов, используется для работы в терминальном режиме для настройки оборудования. Последовательный порт может применяться во встраиваемых системах и для программирования микроконтроллеров с помощью программатора. Умение работать с последователь-

ным интерфейсом актуально для разработчиков современного программного обеспечения.

Qt – это современный кроссплатформенный фреймворк, предоставляющий широкий набор инструментов для разработки приложений [1]. Среди преимуществ использования Qt можно выделить следующие. Кроссплатформенность фреймворка позволяет запускать однажды написанное приложение без значимых изменений как на Windows, так и на Linux. Лежащий в основе фреймворка язык программирования C++ обеспечивает наивысшее быстродействие. Удобный инструментарий и редактор форм позволяет легко и быстро создавать окна графических приложений. Умелое использование этих особенностей и применение модуля QtSerialPort заметно упрощают разработку приложений, направленных на работу с последовательным интерфейсом.

Модуль QtSerialPort предоставляет единый интерфейс для последовательных портов. Модуль содержит два класса. Первый, QSerialPortInfo, предоставляет информацию о списке всех последовательных портов в системе и позволяет хранить базовую информацию о них в своих экземплярах [2]. Вторым классом, QSerialPort, реализует основные функции взаимодействия разработчика с последовательным интерфейсом [3].

Использование последовательного интерфейса для соединения нескольких устройств предполагает обмен пакетами по определенному протоколу. Этот протокол описывает основные настройки интерфейса, например, скорость передачи данных, измеряемую в битах в секунду. Для успешного обмена данными порты устройств, подключенных к одному интерфейсу, должны быть одинаково настроены. Помимо настроек интерфейса, протокол также содержит описание пакетов данных, доступных для получения и отправки устройством.

Если у обоих устройств отсутствует протокол обмена данными, то его составление ложится на плечи разработчика. Такой протокол должен разрабатываться с учетом требований решаемой задачи.

Пакеты с данными от разных устройств могут сильно отличаться друг от друга в зависимости от объема передаваемых в них данных, частоты передачи и других факторов. Однако можно выделить общие особенности, характерные для большинства пакетов. Для примера рассмотрим структуру типового пакета, включающую наиболее часто встречающиеся поля (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура типового пакета

Типовой пакет состоит из трех основных полей: заголовок, поле данных и контрольная сумма. Заголовок типового пакета может содержать преамбулу, характерную для пакетов именно этого вида устройств. Адрес в заголовке необходим в том случае, если подразумевается подключение к порту нескольких одинаковых устройств. Поле длины данных описывает размер полезной нагрузки пакета. Поле «Тип пакета» может использоваться в качестве необходимой меры для распознавания пакетов с одинаковой длиной, но разным содержимым. Ведь в зависимости от наполнения пакета меняется способ его обработки.

Поле данных содержит информацию, которое одно устройство хочет передать другому. Полезные данные в основном занимают наибольшую часть пакета и могут достигать сотни байт, в то время как заголовок и контрольная сумма ограничиваются 4 байтами в большинстве случаев. Исключения могут составлять пакеты управления, в которых полезная нагрузка – команда, может быть длинной всего несколько байт.

Поле контрольной суммы служит для проверки целостности переданного пакета. Контрольная сумма может рассчитываться как по простому алгоритму сложения по модулю 2 всех байтов пакета, так и использовать более сложный алгоритм, например, CRC.

Структура пакета может сильно разниться от устройства к устройству. Структура описанного выше типового пакета достаточно проста и периодически встречается у различных устройств с минимальными видоизменениями полей в заголовке или их порядка. Описанные далее функции обработки входящих и отправки исходящих данных будут основаны на взаимодействии именно с этим пакетом. Также на структуру этого пакета можно ориентироваться при разработке собственного протокола передачи данных, дополняя или упраздняя поля в соответствии с решаемой задачей.

Теперь перейдем непосредственно к программной части. Обмен данными по последовательному порту предполагает получение и отправку данных устройствами. Поэтому, прежде чем писать функции приёма и получения пакетов, необходимо создать и настроить объект класса `QSerialPort`, после чего успешно его открыть. Ниже приведен фрагмент программы, демонстрирующий создание объекта порта и его последующую настройку (рисунок 2).

```
QSerialPort serialPort; // объект класса QSerialPort
QString sname = "COM1"; // имя последовательного порта
serialPort.setPortName(sname); // задание имени последовательного порта
serialPort.setBaudRate(QSerialPort::Baud115200); // скорость передачи данных, бит/с
serialPort.setDataBits(QSerialPort::Data8); // число битов данных на символ
serialPort.setFlowControl(QSerialPort::NoFlowControl); // управление потоком
serialPort.setStopBits(QSerialPort::OneStop); // стоповые биты
serialPort.setParity(QSerialPort::NoParity); // четность
```

Рисунок 2 – Фрагмент создания и настройки порта

За быстродействие последовательного интерфейса отвечает параметр скорости передачи данных, и чем он выше, тем больше информации можно передать за промежуток времени. Остальные параметры порта являются специ-

фическими и требуют настройки только в том случае, если это указано в протоколе.

После настройки порта для приема и передачи данных его требуется открыть в соответствующем режиме: только для чтения, чтение/запись, только запись. Чтение принятых данных можно выполнить в бесконечном цикле. Однако фреймворк Qt предоставляет механизм сигналов и слотов, используемый для коммуникации между объектами. Когда придут новые данные, наш порт выработает определенный сигнал `readyRead()`. Этот сигнал можно подключить к функции-слоту, которая будет вызываться в ответ на этот сигнал. Ниже приведен фрагмент программы, демонстрирующий привязку слота к сигналу и процесс открытия порта (рисунок 3).

```
connect(&serialPort,SIGNAL(readyRead()),this,SLOT(spReadyRead())); // соединение слота с сигналом
if(!_serialPort.open(QIODevice::ReadWrite)) { // попытка октрыть порт на чтение и запись
    errorStr = "Невозможно открыть порт" + _serialPort.portName + // запись строки с ошибкой
        " ошибка: " + _serialPort.errorString(); // в случае неудачного открытия
} // (метод open() вернул не 0)
```

Рисунок 3 – Фрагмент привязки слота к сигналу и открытие порта

Теперь, при получении новых данных, порт будет вырабатывать сигнал `readyRead()`, вызывающий функцию-слот `spReadyRead()`, описание которой приведено ниже.

Содержимое функции-слота получения пакета будет напрямую зависеть от его содержимого. Однако перед тем, как приступить к обработке данных, придется разобрать заголовок пакета. Ведь в большинстве случаев именно с его помощью программа будет выбирать алгоритм, по которому будут обрабатываться полученные данные. Если в пакете предусмотрен контроль целостности, и присутствует поле контрольной суммы, то, перед работой с данными, необходимо сверить значение этого поля со значением, рассчитанным на основе полученного пакета. При несовпадении контрольных сумм обрабатывать данные пакета не рекомендуется, так как он пришел поврежденным. Общая схема получения пакета представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Общая схема получения пакета

Один из вариантов программной реализации функции-слота приема данных приведен ниже в виде функции программы (рисунок 5).

```

void MySerial::spReadyRead()
{
    QByteArray currentData = _serialPort.readAll(); // чтение всех новых данных в контейнер
    QByteArray allData = prevData + currentData; // добавление предыдущих необработанных
    int dlen = allData.count(), pos = 0; // dlen - длина данных в контейнере pos - на 0й байт
    while(dlen - pos >= PACKET_SIZE) { // пока размер пакета меньше оставшихся данных
        if(allData.at(pos) == PACKET_PREAMBLE && // сравниваем первый байт пакета с преамбулой
            allData.at(pos+1) == PACKET_ADDRESS && // сравниваем второй байт с адресом
            allData.at(pos+2) == PACKET_TYPE && // сравниваем третий байт с типом пакета
            allData.at(pos+3) == PACKET_SIZE) { // сравниваем четвертый байт с длиной
            // если заголовок совпал, значит это наш пакет
            QByteArray packet = allData.mid(pos, PACKET_SIZE); // пакет в отдельный контейнер
            /// Обработка данных пакета (+ проверка контрольной суммы)
            /// ...
            /// Конец обработки данных
            pos += PACKET_SIZE; // позиция в контейнере + размер пакета
        } else { // иначе заголовок не совпал
            pos++; // переходим к следующему байту
        }
    }
    // если байтов меньше размера пакета, то сохраним в контейнере
    prevData = allData.right(dlen - pos); // чтобы добавить к новым
}

```

Рисунок 5 – Функция-слот приёма данных

Отправка пакета производится в обратном порядке. К сформированному пакету данных будет добавляться заголовок и контрольная сумма, если требуется, после чего пакет будет отправлен в порт. Ниже приведена схема отправки пакета по последовательному интерфейсу (рисунок 6).



Рисунок 6 – Общая схема отправки пакета

Предполагается, что алгоритмы формирования данных сильно разнятся в зависимости от устройства назначения, поэтому приведенная ниже функция только добавляет заголовок к уже сформированному полю данных и отправляет пакет в последовательный порт (рисунок 7).

```

void MySerial::spSendData(QByteArray data)
{
    QByteArray packet; // контейнер для пакета
    QByteArray header; // контейнер для заголовка
    header.append(PACKET_PREAMBLE); // добавление преамбулы
    header.append(PACKET_ADDRESS); // добавление адреса
    header.append(PACKET_TYPE); // добавление типа пакета
    header.append(data.count()); // добавление размера данных
    packet.append(header); // добавление заголовка в пакет
    packet.append(data); // добавление данных в пакет
    serialPort.write(packet); // отправка данных в порт
}

```

Рисунок 7 – Функция отправки данных

Если предполагается использование контрольной суммы, то можно использовать сложение всех байтов заголовка и данных по модулю 2, после чего дописывать полученный байт в конец пакета. Ниже приведен пример функции расчета контрольной суммы сложением всех байтов заголовка и данных по модулю 2 (рисунок 8).

```
uint8_t MySerial::spChecksum(QByteArray csdata)
{
    uint8_t checksum = 0; // переменная для контрольной суммы
    foreach (char bbyte, csdata) { // цикл перебора всех байт
        checksum ^= (uint8_t)bbyte; // сложение по модулю 2
    } // всех байтов данных
    return checksum; // возвращение рассчитанной контрольной суммы
}
```

Рисунок 8 – Функция расчета контрольной суммы

Приведенные в статье фрагменты кода и заготовки были созданы на основе исходного кода приложения для сбора информации с инерциальных датчиков, разрабатываемого в рамках выпускной квалификационной работы. Модуль QtSerialPort сильно упрощает разработку программного кода для обмена данными между устройствами с помощью последовательного интерфейса. Помимо этого, применение фреймворка Qt в процессе создания приложения позволяет добавить ему графический интерфейс, а также делает его кроссплатформенным. Представленные фрагменты кода и функции можно использовать в качестве шаблонов и основ при разработке собственного приложения, функционал которого предполагает взаимодействие с последовательным интерфейсом.

Список литературы

1. Шлее М. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++. – СПб.:БХВ-Петербург, 2018. – 1072 с.
2. QSerialPort Class. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doc.qt.io/qt-5/qserialport.html>
3. QSerialPortInfo Class. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doc.qt.io/qt-5/qserialportinfo.html>

*Н.Р. Цуриков студ.; рук. Л.В. Фомченкова, д.э.н., проф.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СИСТЕМА МЕТРИК ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ

В условиях интенсивной конкуренции и цифровой трансформации, ИТ-организации сталкиваются с необходимостью обеспечения информационной безопасности. Решение данной задачи связано с автоматизацией процесса управления инцидентами, что позволяет оперативно устранять проблемы, сокращать время выполнения запроса, а также минимизировать влияние человеческого фактора. Важность обеспечения качества данного процесса отражена в Международном стандарте ISO 27001:2005, поскольку от него напрямую зависит качество продуктов и услуг, а, следовательно, удовлетворенность клиентов.

Теоретические основы управления качеством, заложенные в трудах таких ученых, как Э. Деминг, Дж. Джуран, А. Фейгенбаум, К. Ишикава, Г. Тагучи, Ф. Кросби и других, нуждаются в адаптации к новым условиям бизнеса, обусловленной цифровой трансформацией [1]. В настоящее время разработаны практические решения, позволяющие эффективно управлять ИТ-процессами. Лучшие из них собраны в библиотеке ITIL, некоторые закреплены в международных стандартах серии ISO 20000. Однако большинство этих решений сложно для внедрения, поскольку требует значительных затрат ресурсов, что затрудняет их использование организациями малого и среднего бизнеса. Поэтому данные практики являются скорее ориентирами, а не готовым руководством к действию.

Обеспечение качества процессов связано с непрерывными улучшениями, что требует измерения, анализа и оценки их результатов. В библиотеке ITIL представлены ключевые показатели эффективности (КПЭ), являющиеся, по сути, стратегическими целями, достижение которых контролирует руководство организации. Однако для оперативного мониторинга процесса управления инцидентами требуются метрики для проведения текущего контроля, позволяющие осуществлять непрерывные улучшения. Такие показатели могут быть качественными или количественными, они позволяют измерять результативность существующих процессов, выявлять области, требующие оптимизации, отслеживать динамику обработки инцидентов, оценивать точность принятия решений, время отклика и качество автоматизированных решений. В связи с вышеизложенным возникает актуальная научная задача разработки системы метрик для оценки качества процесса управления инцидентами при его автоматизации.

В зависимости от целей анализа метрики управления инцидентами предлагается разделить на операционные, качественные и финансовые. Операционные метрики предназначены для оценки скорости реагирования и обработки инцидентов. Они позволяют анализировать, насколько быстро система фиксирует поступающие запросы, как оперативно происходит их обработка, и какое количество инцидентов решается без перенаправления к сотруднику оперативной поддержки. Такие метрики широко применяются для контроля загрузки службы поддержки и оценки эффективности автоматизированных решений [2]. Например, First Response Time (FRT) измеряет время до первого ответа на инцидент, а Mean Time to Resolve (MTTR) показывает среднее время, затрачиваемое на его устранение. Также важным показателем является First Call Resolution (FCR) - процент инцидентов, решённых при первом обращении, с помощью которого оценивается эффективность первичного взаимодействия с системой поддержки.

Качественные метрики ориентированы на измерение удовлетворенности пользователей и точности работы автоматизированных решений. Они помогают определить, насколько корректно система классифицирует и распределяет инциденты, а также выявить потенциальные проблемы, связанные с ошибочной обработкой заявок [2]. Одними из таких показателей являются Customer Satisfaction Score (CSAT), который измеряет удовлетворённость клиентов после

решения инцидента, и Accuracy Rate, измеряющая процент правильно классифицированных инцидентов системой автоматизации.

Финансовые метрики позволяют анализировать экономическую эффективность автоматизации процесса управления инцидентами. Они помогают оценить затраты на обслуживание инцидентов, снижение нагрузки на персонал и потенциальную экономию, связанную с внедрением автоматизированных решений. Примерами таких метрик, рассмотренных в [2], являются Cost per Ticket (CPT), отражающая среднюю стоимость обработки одного инцидента, показатели ROI (Return on Investment) для оценки окупаемости автоматизированных решений и TCO (Total Cost of Ownership), который учитывает совокупные затраты на их эксплуатацию.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика традиционных метрик

Метрика	Описание	Преимущества	Недостатки
FRT (First Response Time)	Время до первого ответа на инцидент	Позволяет оценить скорость реагирования	Не отражает скорость решения и сложность инцидента
FCR (First Call Resolution)	Доля инцидентов, решенных при первом обращении	Демонстрирует эффективность первичной поддержки	Не учитывает повторные обращения
MTTR (Mean Time to Resolve)	Среднее время решения инцидента	Помогает оценить общую эффективность процесса	Варьируется в зависимости от сложности запросов
CSAT (Customer Satisfaction Score)	Удовлетворенность клиентов после решения инцидента	Учитывает мнение пользователей и их восприятие качества обслуживания	Субъективная оценка, зависит от ожиданий клиента
Accuracy Rate	Точность автоматизированных решений	Оценивает правильность и адекватность решений	Не учитывает время, затраченное на решение инцидента и скорость его выполнения
TCO (Total Cost of Ownership)	Общая стоимость владения системой автоматизации	Оценивает долгосрочные затраты на систему	Сложно точно определить все затраты на внедрение и поддержку
ROI автоматизации	Оценка окупаемости автоматизированных решений	Важен для экономической эффективности внедрения автоматизации	Сложно измерить в краткосрочной перспективе
Cost per Ticket	Средняя стоимость обработки инцидента	Помогает контролировать расходы на обработку инцидентов	Не оценивает качество и скорость обработки запросов

Сравнительный анализ традиционных метрик (таблица 1), показал, что их использование в автоматизированных системах управления инцидентами имеет ряд недостатков. Операционные метрики, такие как First Response Time (FRT) и Mean Time to Resolve (MTTR), ориентированы на скорость обработки инцидентов, но не учитывают их сложность и качество решений. Качественные метрики

ориентированы на мнение пользователей и точность работы системы, однако они могут быть субъективными и зависеть от ожидания клиентов. Финансовые метрики, такие как ROI автоматизации и Cost per Ticke, не учитывают влияние автоматизированных решений на качество и надежность процессов. Каждая метрика фокусируется на определенных аспектах управления инцидентами, но ни одна из них не предоставляет комплексной оценки качества автоматизированных процессов.

Для устранения выявленных недостатков традиционных метрик, предлагается дополнить их комплексным показателем, который позволит учитывать такие аспекты, как точность автоматизированных решений, оперативность, которая определяет скорость реакции системы и время, необходимое для обработки инцидентов. Не менее значимым является фактор адаптивности, который демонстрирует способность системы адаптироваться к изменениям в процессе решения инцидентов. Кроме того, необходимо учитывать оптимальность использования ресурсов, поскольку это напрямую влияет на эффективность работы системы, а также оценивать экономическую эффективность, которая позволяет анализировать соотношение между затратами на автоматизацию и достигнутыми улучшениями в качестве обслуживания.

Предлагаемая новая комплексная метрика Incident Automation Efficiency (IAE) оценивает эффективность автоматизации процесса управления инцидентами, учитывая такие аспекты, как доля инцидентов, успешно решенных без вмешательства оператора (Assigasy, AR); степень сложности инцидента, которая зависит от уровня критичности, количества задействованных ресурсов и необходимости перенаправления запроса (Incident Complexity, IC); релевантность решения, т.е. соответствие специфике инцидента (Relevance Score, RS); длительность обработки инцидента (Processing Time, PT) и степень адаптивности системы (Adaptability Index, AI). Для согласования размерностей время обработки (PT) нормализуется путем деления на эталонное время (T), которое определяется как максимально допустимое время для обработки инцидента в соответствии с требованиями соглашения об уровне обслуживания между заказчиком и исполнителем (SLA) [3]. Комплексный показатель, оценивающий эффективность автоматизации процесса управления инцидентами с учетом факторов качества, таких как точность и релевантность решений, рассчитывается следующим образом:

$$IAE = \left(\left(\frac{AR * RS}{IC} \right) * AI - \frac{PT}{T} \right) * 100\%$$

где

AR - точность автоматизированного решения (от 0 до 1),

RS - оценка релевантности (от 0 до 1),

IC - сложность инцидента (от 0 до 1),

AI - индекс адаптивности (от 0 до 1),

PT - время обработки инцидента (минуты),

T - эталонное время (минуты).

В таблице 2 приведены диапазоны значений IAE и интерпретация результатов оценки.

Таблица 2 – Интерпретация значений метрики IAE

Значение IAE	Интерпретация	Рекомендации
$IAE > 75\%$	Идеальная работа системы: высокая точность, релевантность, адаптивность и короткое время обработки.	Поддерживать текущий уровень работы.
$50\% \leq IAE \leq 75\%$	Система работает эффективно, но есть резервы для улучшения.	Анализировать компоненты формулы для выявления областей оптимизации (например, снижение PT).
$25\% \leq IAE < 50\%$	Система работает удовлетворительно, но её эффективность требует внимания.	Уделить внимание точности решений (AR) и адаптивности (AI).
$0\% \leq IAE < 25\%$	Система работает на грани эффективности: положительные и негативные факторы уравновешены.	Провести анализ всех компонентов формулы для выявления слабых мест.
$-25\% \leq IAE < 0\%$	Система работает неэффективно: негативные факторы начинают перевешивать положительные.	Необходимо оптимизировать время обработки (PT) и повысить точность решений (AR).
$IAE < -25\%$	Система не справляется с задачами.	Провести полный аудит системы и пересмотреть подходы к автоматизации.

Таким образом, предложенная метрика IAE дополняет систему известных показателей оценки качества автоматизации процесса, позволяет учитывать специфику управления инцидентами, оперативно реагировать на изменения, выявлять слабые места и оптимизировать работу в реальных условиях. В отличие от традиционных предлагаемая система оценки фокусирует внимание на таких ключевых аспектах, как сложность запросов, точность предложенных решений, необходимость вмешательства оператора, адаптивность системы и длительность обработки инцидентов. Она сочетает в себе операционные, качественные и финансовые компоненты, обеспечивая комплексный подход к оценке работы автоматизированных систем. Внедрение такой метрики в систему оценки автоматизации процессов приведет к более эффективному управлению инцидентами, повышению качества обслуживания, снижению затрат и оперативному реагированию на изменения.

Список литературы

- 1 Цифровое качество: монография / А.В. Чекмарев, В.Н. Азаров, Ю.В. Куприянов; под общ. ред. А.В. Чекмарева. – Ярославль: Издательский дом Н.П. Пастухова, 2024. 500 с.
- 2 Метрики для управления ИТ-услугами / П. Брукс; [пер. с англ.: В. Первушина]; под общ. ред. В. Первушина. – Москва: Альпина Бизнес Букс, 2008. 282 с.
- 3 Микрюков А. А., Куулар А. В. Разработка модели управления инцидентами в информационной системе предприятия на основе трехуровневой архитектуры с использованием ключевых (релевантных) метрик [Электронный ресурс] // Открытое образование. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43031578> (Дата обращения: 19.03.2025).

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ КЛИЕНТОВ ИТ-ОРГАНИЗАЦИИ

В условиях растущей конкуренции на рынке и стремительной цифровизации бизнес-процессов для повышения эффективности функционирования ИТ-организаций важной задачей является обеспечение оптимального сопровождения клиентов, которое заключается в сокращении сроков обработки запросов, связанных с устранением имеющихся проблем при эксплуатации программно-аппаратного обеспечения. На практике для решения данных задач чаще всего используются специализированные программные решения, реализующие комплексный подход к управлению инцидентами, то есть они направлены на устранение имеющихся отклонений в функционировании ИТ-сервисов, которые приводят к их частичной или полной недоступности, а также к несоответствию установленным параметрам качества [1].

Указанные решения сочетают функционал Service Desk и систем управления инцидентами в рамках IT Service Management (ITSM), формируя единую технологическую среду, соответствующую требованиям стандартов ISO/IEC 20000 и ITIL 4. Например, широко известные решения в сфере сопровождения клиентов ELMA365 Service Desk, Naumen Service Desk и ITSM 365 обеспечивают автоматизированную обработку запросов клиента, выполняя их классификацию, маршрутизацию и контроль исполнения. Однако, несмотря на широкие функциональные возможности существующих систем, на практике их внедрение не всегда обеспечивает эффективное и быстрое устранение инцидентов. Это обусловлено наличием ряда специфических особенностей рассматриваемой предметной области, среди которых наиболее существенными являются:

- продолжительное время ожидания решения инцидента;
- влияние человеческого фактора на количество ошибок при поиске решения;
- отсутствие формализованного описания обращений;
- отсутствие возможности создания запроса при отказе программно-аппаратного обеспечения;
- низкий уровень автоматизации процесса поиска решений, приводящий к увеличению времени обработки обращений.

Первая особенность является одной из наиболее значимых проблем, с которой сталкиваются ИТ-организации при высокой нагрузке на службу поддержки и недостаточной автоматизации процессов. Подобная проблема не только создает дополнительные препятствия для быстрого и эффективного решения поступивших обращений, но и оказывает негативное влияние на общий уровень удовлетворенности клиентов. Это подтверждается исследованием экспертов Freshdesk, проанализировавших 107 миллионов обращений в службу поддержки, где каждые 12 часов задержки с ответом снижают индекс удовлетворенности клиента (CSAT) почти на 10% [2]. Помимо длительного времени

ожидания, дополнительной проблемой является высокая вероятность увеличения количества ошибок в принимаемых решениях из-за человеческого фактора, и прежде всего, в условиях высокой нагрузки на службу оперативной поддержки. В результате могут быть сформированы нерелевантные или неправильные решения, которые усугубят ситуацию и приведут к еще более серьезным последствиям. Это, в свою очередь, увеличит время устранения инцидента и доставит дополнительные неудобства клиенту.

Другая существенная особенность, требующая особого внимания - это отсутствие формализованного описания обращений. Данная проблема, в первую очередь, затрудняет процесс поиска решения и снижает их обоснованность, так как необходимо исследовать большие объемы плохо структурированной информации. Кроме того, отсутствие формализованного описания значительно усложняет процесс идентификации повторяющихся проблем, что, в конечном итоге, ограничивает возможность оптимизации работы службы поддержки и разработки типовых решений для многократно повторяющихся инцидентов. Согласно результатам исследования DigitalGenius, у 80% служб техподдержки (service desk) 20% поступающих заявок повторяются и обслуживаются достаточно легко. Соответствующие задачи хорошо поддаются автоматизации, что повышает степень удовлетворенности клиентов и повышает стабильность штата службы оперативной поддержки клиентов [3].

Еще одной важной проблемой, с которой могут столкнуться клиенты ИТ-организации, является отсутствие возможности подачи обращений в случае неисправности программно-аппаратных средств, например, при поломке оборудования, отсутствии доступа к программному обеспечению или наличии проблем с интернет-соединением.

Для решения обозначенных проблем предлагается разработать информационную систему сопровождения клиентов ИТ-организации, которая будет включать в свой состав четыре ключевых компонента: чат-бот, Web API, база данных и WPF-приложение. Данная система обеспечит возможность учета выявленных особенностей работы различных отделов как внутри ИТ-организации, так и в компании клиента. На рисунке 1 представлена архитектура предлагаемой информационной системы.

Как видно из рисунка 1, разрабатываемая информационная система ориентирована на прием и обработку обращений клиентов из разных подразделений одной организации, которые могут быть расположены в различных частях города. В качестве примера рассматривалась компания партнер DPD в г. Смоленске, которая состоит из нескольких офисов, включающих в свой состав различные подразделения, такие как отделы развития бизнеса, международных перевозок и другие. Сотрудники данных подразделений имеют возможность взаимодействовать с системой через чат-бот, доступный как на персональных компьютерах, так и на мобильных устройствах. Это предоставляет клиентам удобство отправлять запросы независимо от их местоположения и времени суток, гарантируя доступность системы даже в случае сбоя программного обеспечения или поломки аппаратных средств.

Основным компонентом системы является Web API, которое служит связующим звеном между чат-ботом, базой данных и другими компонентами системы. Данный элемент не только управляет маршрутизацией информации между клиентом и ИТ-организацией, но и осуществляет интеграцию с другими сервисами. Одним из таких сервисов является WPF-приложение, предназначенное для сотрудников отдела оперативной поддержки

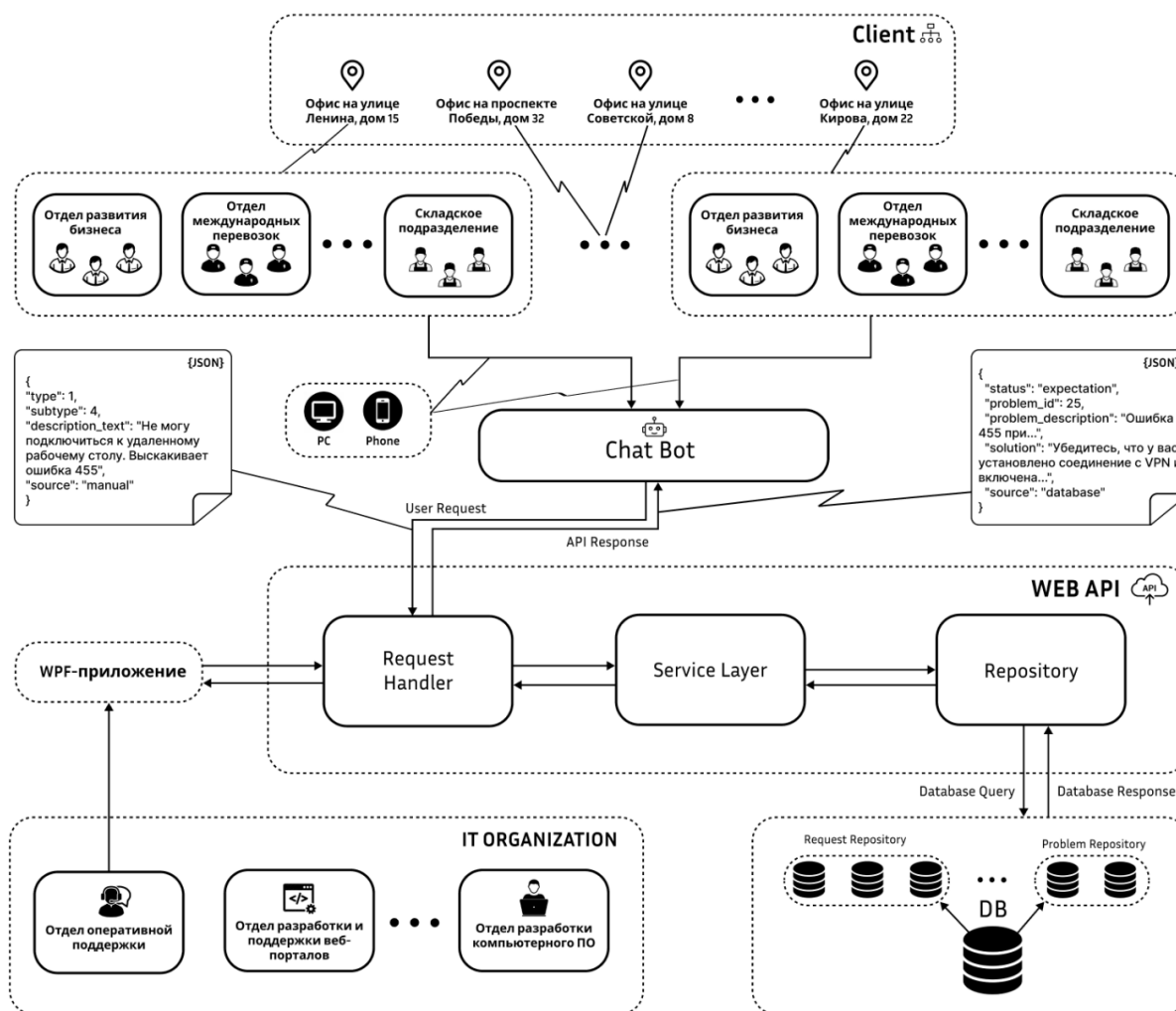


Рисунок 1 – Архитектура информационной системы

Важной функцией Web API является реализация логики поиска решений по устранению инцидентов с помощью ключевых слов и алгоритма шинглов. Преимущество применения указанного алгоритма заключается в том, что он позволяет анализировать текст запросов, находя сходства с уже существующими проблемами и решениями в базе данных на основе анализа их текстового описания. При этом дополнительно не требуется подключение сторонних библиотек и сервисов, что значительно ускоряет процесс обработки запросов.

WPF-приложение в разрабатываемой системе служит важным инструментом для сотрудников отдела оперативной поддержки, предоставляя удобную платформу для обработки запросов, требующих вмешательства человека, а также управления инцидентами и мониторинга их статусов. С помощью WPF-

приложения сотрудники могут видеть всю информацию о текущих обращениях клиентов, получать уведомления о новых запросах и следить за ходом решения проблем.

База данных в рассматриваемой архитектуре выполняет роль центрального хранилища информации об инцидентах и принятых решениях по их устранению. С ее помощью также может быть организована возможность хранения истории решений по отдельным клиентам. Для осуществления более быстрого поиска аналогичных инцидентов в базе при их описании предлагается указывать тип и подтип, что позволит провести предварительную классификацию информации.

Для более детального понимания взаимодействия всех компонентов системы и последовательности обработки запросов была разработана диаграмма последовательности в нотации UML (Unified Modeling Language), которая представлена на рисунке 2.

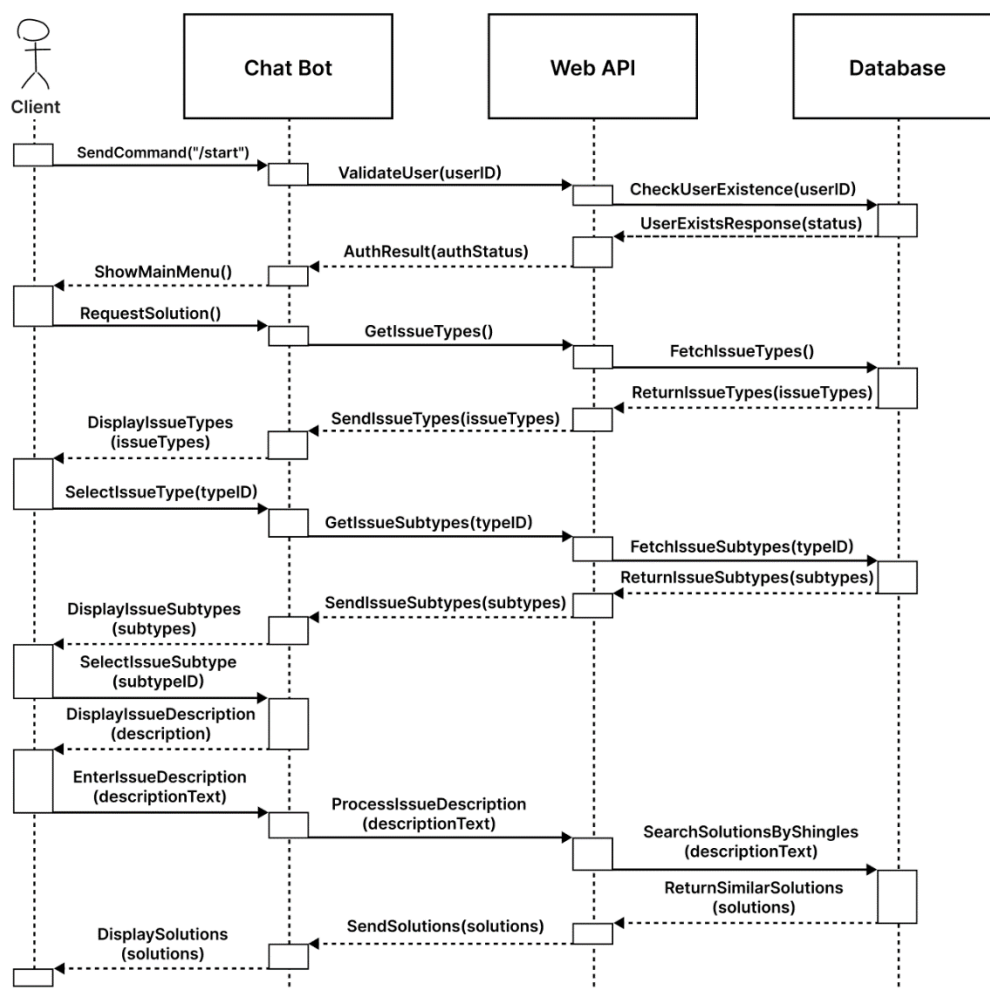


Рисунок 2 – Диаграмма последовательности

Как видно из рисунка 2, при моделировании рассматриваемого процесса исследуется эффективность интеграции указанных ранее элементов разработанной информационной системы: чат-бота, Web API и базы данных. Клиент ИТ-организации представлен на диаграмме в виде актора. Стрелки отражают

порядок сообщений, которыми элементы системы и пользователь обмениваются друг с другом во времени в рамках жизненного цикла процесса. Из представленной на рисунке диаграммы видно, что при поиске решений по устранению инцидентов отсутствуют временные лаги. Это свидетельствует о том, что разработанные алгоритмы работают эффективно, без простоев и потери времени.

Таким образом, предложенная архитектура эффективно интегрирует функциональные компоненты, обеспечивая оптимальное взаимодействие между различными подразделениями клиентов и ИТ-организацией. Реализация такого комплексного решения позволит достичь существенных показателей эффективности, в частности, сократить время обработки запросов на 10-15%, и увеличит долю релевантных решений в общей структуре обращений на 35%.

Список литературы

1 Управление инцидентами по методологии ITIL [Электронный ресурс] // Naumen. URL: https://www.naumen.ru/products/service_desk/tour/itil/incident_management/ (дата обращения: 14.03.2025)

2 Как работать с трудными клиентами: Советы экспертов Swedbyte [Электронный ресурс] // Swedbyte. URL: <https://swedbyte.ru/kak-rabotat-s-trudnymi-klientami-sovety-ekspertov-swedbyte/> (дата обращения: 16.03.2025)

3 Семь вещей, которые следует автоматизировать в первую очередь [Электронный ресурс] // cio.osp. URL: <https://cio.osp.ru/articles/180319-Sem-veschey-kotorye-sleduet-avtomatizirovat-v-pervuyu-ochered> (дата обращения: 18.03.2025)

*А.П. Шапкин, асп.; рук. В.В. Борисов, д.т.н., проф.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СПОСОБЫ ВНЕДРЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В АДАПТИВНЫЕ НЕЧЕТКИЕ СИТУАЦИОННЫЕ СЕТИ

Адаптивные нечеткие ситуационные сети (АНСС) представляют собой эффективный инструмент для моделирования и управления сложными системами в условиях неопределенности. АНСС являются модификацией традиционных нечетких ситуационных сетей, позволяющей изменять начальную структуру нечеткой ситуационной сети. Такая необходимость возникает при отсутствии возможности перехода в требуемую нечеткую ситуацию. Структурно АНСС представляют собой нечеткие ориентированные взвешенные графы, вершинами которых являются нечеткие ситуации, а ребра выполняют роль переходов. Под действием управляющих решений происходит переход из одной нечеткой ситуации в другую [1]. Нечеткие ситуации представляют собой нечеткие множества 2-го порядка:

$$s_k = \{(\mu_s(p_m) / p_m)\}, p_m \in P \quad (1)$$

$$\mu_s(p_m) = \{(\mu_{\mu_s(p_m)}(T_j^m) / T_j^m)\}, m \in \{1, 2, \dots, M\}, j \in \{1, 2, \dots, J_m\} \quad (2)$$

где $P = \{p_1, \dots, p_m, \dots, p_M\}$ – множество ситуационных признаков, задаваемых в виде:

$$P = \begin{cases} p_1 = \{T_1^{(1)}, \dots, T_{N_1}^{(1)}, D^{(1)}\}, \\ p_2 = \{T_1^{(2)}, \dots, T_{N_2}^{(2)}, D^{(2)}\}, \\ \vdots \\ p_m = \{T_1^{(m)}, \dots, T_{N_m}^{(m)}, D^{(m)}\}, \\ \vdots \\ p_M = \{T_1^{(M)}, \dots, T_{N_M}^{(M)}, D^{(M)}\}, \end{cases} \quad (3)$$

где $p_m = \{T_1^{(m)}, \dots, T_{N_m}^{(m)}\}$ – терм-множество признака, N_m – число значений признака p_1 , $D^{(m)}$ – базовое множество признака p_m .

При работе с АНСС возникает ряд ограничений, связанных с особенностями моделируемой среды и поиском оптимальных управляющих решений в реальном времени. Одним из перспективных подходов к модернизации АНСС является использование методов обучения с подкреплением.

Обучение с подкреплением представляет собой метод машинного обучения, в котором агент обучается выполнению задачи методом проб и ошибок. Обучение происходит в некоторой внешней среде, взаимодействуя с которой агент получает вознаграждение за правильно выполненные действия и штрафы за неправильные.

Внешняя среда в обучении с подкреплением обычно формулируется как марковский процесс принятия решений (МППР) с конечным множеством состояний. МППР формализуется следующим образом:

$$\{S, A(s), P_a(s, s'), R_a(s, s')\} \quad (4)$$

где S – конечное множество состояний среды, из которых агент наблюдает $S_t \in S$ в момент времени t ; $A(s)$ – конечное множество действий, доступных агенту для выбора в состоянии s ; $P_a(s, s')$ – вероятность перехода из состояния s под действием a в момент времени t в состояние s' в момент времени $t + 1$, $R_a(s, s')$ – вознаграждение, получаемое после перехода в состояние s' из состояния s при совершении действия a .

Агент принимает решения о следующем действии на основе текущего состояния среды, в соответствии со своей стратегией – политикой. Корректно составленная политика направлена на максимизацию награды, ожидаемой в долгосрочной перспективе, несмотря на величину полученной награды за каждое выполненное действие. Агент выполняет свою задачу в рамках эпизода, который представляет собой конечное множество состояний, действий и наград, выведенное при взаимодействии агента, следующего некоторой политике, со средой. Эпизод начинается с начального состояния системы и оканчивается некоторым терминальным состоянием. Также в процессе обучения агент может работать по траекториям, которые представляют собой подмножества эпизода – множество состояний, действий и наград, которое завершается некоторым состоянием, необязательно являющееся терминальным.

Выбор способа представления среды является критически важным аспектом при организации обучения с подкреплением, так как от этого зависит,

насколько эффективно агент сможет взаимодействовать с окружающей средой и обучаться на основе получаемых данных. Преимуществом использования АНСС для моделирования среды в алгоритмах обучения с подкреплением является их схожесть с марковским процессом принятия решений. Эти нечеткие модели расширяют возможности марковского процесса принятия решений за счет использования нечеткой логики для описания состояний и переходов.

Выбор алгоритма обучения с подкреплением для реализации обучения интеллектуального агента зависит от типа среды, с которой взаимодействует агент. В условиях представления сложной системы в виде АНСС, способы описания состояний среды и типа действий, доступных агенту, зависят от его задачи.

Для определения подходящего алгоритма обучения с подкреплением, соответствующего конкретной задаче, можно использовать классификацию по типу среды, с которой взаимодействует обучаемый агент [2]:

1. Алгоритмы для сред с конечным числом состояний и дискретными действиями. Примером может быть агент, играющий в крестики-нолики, где количество состояний и действий ограничено.

2. Алгоритмы для сред с неограниченным числом состояний и дискретными действиями. Такие алгоритмы подходят для задач, где количество состояний может быть очень большим или даже бесконечным, но действия остаются дискретными.

3. Алгоритмы для сред с неограниченным числом состояний и продолжительными действиями. Эти алгоритмы используются в задачах, где действия агента могут быть непрерывными, например, управление роботом или беспилотным автомобилем.

Для задачи поиска наилучших последовательностей управляющих решений, состояния среды представляются в виде нечетких ситуаций, в которых находится интеллектуальный агент в определенный момент времени. Действия, доступные агенту, определяются доступными нечеткими переходами из нечеткой ситуации, в которой находится агент.

Для этой задачи наиболее подходящим вариантом является использование алгоритмов для сред с конечным или бесконечным количеством состояний и дискретными действиями. Выбор зависит от типа модели, которая используется для представления среды. В случае использования традиционных нечетких ситуационных сетей, которые не изменяются после построения, применяются алгоритмы для работы с конечным множеством состояний среды. Если среда представлена в виде АНСС, такие алгоритмы не подходят, так как количество состояний среды может изменяться со временем. Поэтому при работе с АНСС необходимо использовать алгоритмы для сред с бесконечным количеством состояний и дискретными действиями.

Примером такого алгоритма является алгоритм с использованием глубоких рекуррентных Q-сетей (DRQN). Данная модель представляет собой глубокую нейронную сеть, отличительной особенностью которой является наличие рекуррентного LSTM слоя, за которым следуют сверточные и субдискретизиру-

ющие слои. На выходном слое происходит вывод значений наград соответствующие количеству доступных действий. На основе этих наград агентом выбирается следующая нечеткая ситуация, к которой необходимо совершить переход [3].

Достоинства применения DRQN для задачи поиска наилучших последовательностей управляющих решений заключаются в способности алгоритма учитывать историю переходов. Рекуррентные слои позволяют агенту запоминать последовательность посещенных вершин. Кроме того, DRQN хорошо обобщается в условиях адаптации АНСС, так как рекуррентная архитектура способна кодировать особенности АНСС в каждый момент времени в скрытом состоянии.

Однако, недостатком DRQN по сравнению с более простыми методами является высокая вычислительная сложность, что делает его обучение более затратным по времени и памяти. Кроме того, DRQN требует большого объема данных для эффективного обучения.

Для задачи адаптации интеллектуальным агентом нечеткой ситуационной сети, состояния среды представляются в виде структуры адаптивной нечеткой ситуационной сети в определенный момент времени. Для решения этой задачи подойдут алгоритмы для сред с неограниченным числом состояний и продолжительными действиями. Действия, доступные агенту по адаптации АНСС, можно описать как изменение структуры АНСС. Эти действия включают: добавление или удаление нечетких переходов, добавление или удаление нечетких ситуаций и другие действия, зависящие от специфики каждой конкретной АНСС. Действия по добавлению новых элементов в АНСС также должны обеспечивать генерацию числовых параметров: значения весов для новых нечетких переходов и значения функций принадлежности для нечетких ситуаций.

Soft Actor-Critic (SAC) – это алгоритм обучения с подкреплением, который сочетает в себе подходы «Актор-Критик» и максимизацию энтропии. Он одновременно обучает политику («Актор») и функцию ценности («Критик»), показывающая ценность выбранного действия с точки зрения ожидаемого долгосрочного вознаграждения, чтобы находить оптимальные действия, максимизируя не только награду, но и энтропию политики [4]. SAC работает в непрерывных пространствах действий и является off-policy алгоритмом. Обучение в off-policy алгоритмах происходит на данных, собранных не только текущей политикой, но и прошлыми политиками. Это позволяет повторно использовать старые данные, что повышает эффективность обучения.

SAC идеально подходит для задач, где требуется баланс между исследованием и эксплуатацией, благодаря максимизации энтропии алгоритм активно изучает новые способы добавления вершин и ребер, избегая застревания в локальных оптимумах. SAC также эффективен в непрерывных пространствах действий, что необходимо для генерации параметров новых нечетких ситуаций и переходов.

Тем не менее, SAC сложнее реализовать, чем алгоритмы схожего класса, например, Advantage Actor-Critic (A2C) или REINFORCE, из-за необходимости одновременной оптимизации «Критика», политики «Актора» и параметра энтропии. Кроме того, алгоритм чувствителен к представлению состояния: если представление АНСС, недостаточно информативно, обучение замедлится. Наконец, SAC требует больше вычислительных ресурсов для обновления своих нейронных сетей, чем классические методы вроде A2C, что может стать проблемой для очень крупных АНСС [5].

Интеграция обучения с подкреплением с АНСС представляет собой перспективное направление для повышения эффективности управления сложными системами. Использование таких методов позволяет создавать гибкие и адаптивные системы, способные автоматически находить оптимальные стратегии управления и динамически изменять свою структуру для улучшения соответствия моделируемой среды. Однако, для успешной реализации таких систем необходимо учитывать вычислительную сложность и другими трудностями, возникающие с реализацией подходящих алгоритмов обучения с подкреплением.

Исследование выполнено в рамках государственного задания, проект № FSWF-2023-0012.

Список литературы

1. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 284 с.
2. Fadi AlMahamid, Katarina Grolinger Reinforcement Learning Algorithms: An Overview and Classification [Электронный ресурс] // arXiv.org. 2022. Дата обновления: 29.09.2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2209.14940> (дата обращения: 16.03.2024).
3. Aaron Zellner, Ayan Dutta, Iliya Kulbaka, Gokarna Sharma Deep Recurrent Q-learning for Energy-constrained Coverage with a Mobile Robot [Электронный ресурс] // arXiv.org. 2022. Дата обновления: 01.10.2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2210.00327> (дата обращения: 16.03.2024).
4. Tuomas Haarnoja, Aurick Zhou, Pieter Abbeel, Sergey Levine Soft Actor-Critic: Off-Policy Maximum Entropy Deep Reinforcement Learning with a Stochastic Actor // Proceedings of Machine Learning Research. 2018. Дата обновления: 10.07.2018. URL: <https://proceedings.mlr.press/v80/haarnoja18b> (дата обращения: 16.03.2024).
5. Volodymyr Mnih, Adrià Puigdomènech Badia, Mehdi Mirza, Alex Graves, Timothy P. Lillicrap, Tim Harley, David Silver, Koray Kavukcuoglu Asynchronous Methods for Deep Reinforcement Learning [Электронный ресурс] // arXiv.org. 2022. Дата обновления: 04.02.2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1602.01783> (дата обращения: 16.03.2024).

*Ю.А. Шило, студ.; рук. И.А. Денисова, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИПОВЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ИН- ФОРМАЦИИ

Существующие в настоящее время классические методы принятия решений помогают выбирать наилучшие из множества возможных решений в условиях полной определенности и лишь одного конкретного вида неопределенности. К тому же, большая часть существующих классических методов для облегчения исследования в рамках конкретных задач принятия решений базируется на упрощенных моделях и жестких ограничениях, что уменьшает ценность результатов исследований и может привести к неверным решениям. В этом слу-

чае для получения решения необходимо применять подходы, отличные от классических, пригодные для оценки факта неопределенности. Построение моделей принятия решений для задач, имеющих нечеткое словесное описание, оказалось, возможно, благодаря введению понятий нечеткого множества и лингвистической переменной.

Для использования в моделях принятия решений информации, формализованной на основе теории нечетких множеств, необходимы процедуры построения соответствующих функций принадлежности. Построение последних является важным компонентом в задачах принятия решений. От того насколько адекватно построенная функция отражает знания эксперта или экспертов во многом зависит качество принимаемых решений.

В [1] предполагается метод параметрического определения функции принадлежности с участием индивидуального мнения ЛПР. В соответствии с данным методом вид функции задается аксиоматически, а её параметры непосредственно оцениваются лицом, принимающим решения. Например, в случае треугольной функции принадлежности ЛПР указывает такие её параметры a , b , c , при которых она принимает единичное и нулевое значения, т.е. $\mu_A(x) = 1$, при $x = b$ и для всех $x \leq a$, $x \geq c$ имеет место $\mu_A(x) = 0$.

Обычно для построения функций принадлежности используются следующие типовые формы:

1. Треугольная.

Описание. Задается зависящая от трех параметров функция принадлежности треугольной формы, при этом параметры a и c определяют основание треугольника, а параметр b – координату его вершины, определяется формулой (1) и имеет следующий вид (рисунок 1).

$$f(x, a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases}, \quad (1)$$

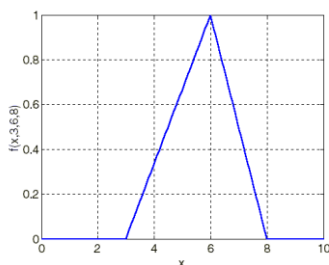


Рисунок 1 – Пример треугольной формы

2. Трапецеидальная.

Описание. Задается функция принадлежности трапецеидального типа, зависящая от четырех параметров, определяется формулой (2) и имеет следующий вид (рисунок 2).

$$f(x, a, b, c, d) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}, 0 \right), 0 \right) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \\ 0, & d \leq x \end{cases}, \quad (2)$$

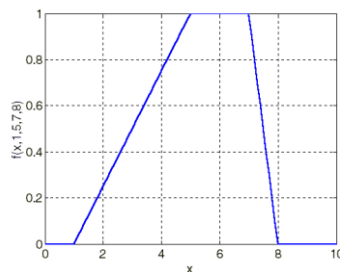


Рисунок 2 – Пример трапецеидальной формы

при этом параметры a и d определяют основание кривой, а b и c – положение его вершины.

3. Гауссова.

Описание. Задается функция принадлежности гауссова типа, зависящая от двух параметров σ и c , определяемая формулой (3) и имеет следующий вид (рисунок 3).

$$f(x, c, \sigma) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

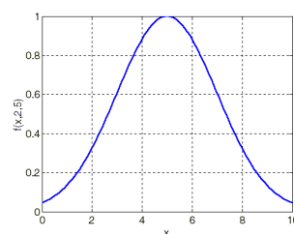


Рисунок 3– Пример трапецеидальной формы

4. Двойная гауссова.

Описание. Задается функция принадлежности, являющаяся произведением двух функций, определяемая отношением (4).

$$f(x, c_1, \sigma_1, c_2, \sigma_2) = f_1(x, c_1, \sigma_1) \cdot f_2(x, c_2, \sigma_2), \quad (4)$$

$$\text{где } f_1(x, c_1, \sigma_1) = \begin{cases} 1, & x \geq c_1 \\ e^{-\frac{(x-c_1)^2}{2\sigma_1^2}}, & x < c_1 \end{cases} \text{ и } f_2(x, c_2, \sigma_2) = \begin{cases} 1, & x \geq c_2 \\ e^{-\frac{(x-c_2)^2}{2\sigma_2^2}}, & x < c_2 \end{cases};$$

зависит от четырех параметров $\sigma_1, c_1, \sigma_2, c_2$ и имеет следующий вид:

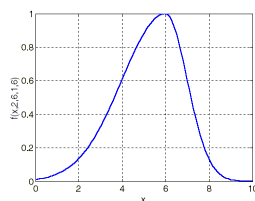


Рисунок 4 – Пример двойной гауссовой формы

5. Обобщенная колоколообразная.

Описание. Задается функция принадлежности так называемого обобщенного колоколообразного типа с аналитическим описанием, зависящим от трех числовых параметров a, b, c и имеет следующий вид (рисунок 5).

$$f(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}, \quad (5)$$

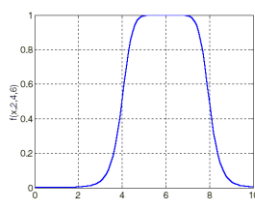


Рисунок 5 – Пример обобщенной колоколообразной формы

6. Сигмоидальная.

Описание. Задается так называемая сигмоидальная функция принадлежности, определяемая выражением (6).

$$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}, \quad (6)$$

зависит от двух параметров a и c и имеет следующий вид (рисунок 6).

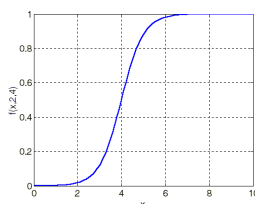


Рисунок 6 – Пример сигмоидальной формы

7. Двойная сигмоидальная.

Описание. Задается функция принадлежности, определяемая как разность двух сигмоидальных функций (7).

$$f(x, a_1, c_1, a_2, c_2) = \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-c_1)}} - \frac{1}{1 + e^{-a_2(x-c_2)}}, \quad (7)$$

зависит от четырех параметров a_1, c_1, a_2, c_2 и имеет следующий вид (рисунок 7).

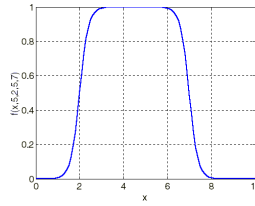


Рисунок 7 – Пример двойной сигмоидальной формы

8. Произведение двух сигмоидальных функций.

Описание. Задается функция принадлежности, определяемая как разность двух сигмоидальных функций:

$$f(x, a_1, c_1, a_2, c_2) = \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-c_1)}} \cdot \frac{1}{1 + e^{-a_2(x-c_2)}}, \quad (8)$$

зависит от четырех параметров a_1, c_1, a_2, c_2 и имеет следующий вид:

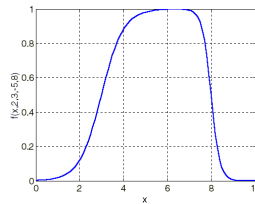


Рисунок 8 – Пример произведения двух сигмоидальных функций

9. Z-функция.

Описание. Задается зависящая от двух параметров функция принадлежности так называемой Z-образной формы и имеет следующий вид:

$$f(x, a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{x-a}{a-b} \right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2 \left(\frac{b-x}{a-b} \right)^2, & \frac{a+b}{2} < x \leq b \\ 0, & b < x \end{cases}.$$

Параметры a и b определяют диапазон убывания функции.

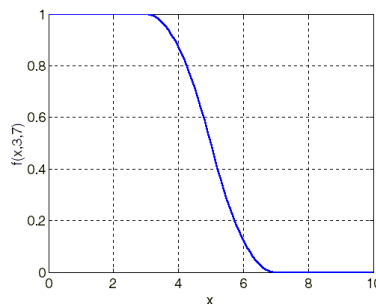


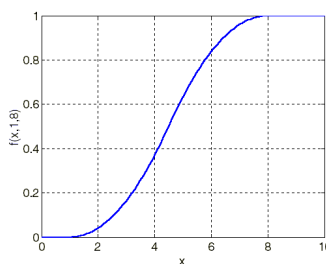
Рисунок 9 – График z-образной функции принадлежности

10.

11. S-функция.

Описание. Задается зависящая от двух параметров так называемая S-образная функция принадлежности и имеет следующий вид:

$$f(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2 \left(\frac{b-x}{a-b} \right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-a}{a-b} \right)^2, & \frac{a+b}{2} < x \leq b \\ 1, & b < x \end{cases}.$$



Параметры a и b определяют диапазон значений аргумента, где функция возрастает.

12. π -функция.

Задается так называемая π -образная функция принадлежности, получившая свое название из-за своеобразной формы. Функция вычисляется с использованием сплайн аппроксимации по четырем точкам, задаваемым вектором параметров.

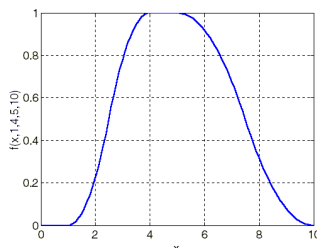


Рисунок 11 – График π -образной функции

Параметрическое представление функций принадлежности является компактным, обеспечивает простоту построения их на практике и использования в алгоритмах нечеткого вывода, однако связано с исследованием адекватности используемых форм (треугольной, трапецевидной, колоколообразной и др.) и соответствующих аналитических описаний функции принадлежности. Аналогичный подход используется в [2], где предлагается методика, основанная на применении стандартного набора графиков функций принадлежности. ЛПР выбирает наиболее подходящий ему график из стандартного набора, а затем в диалоге с ЭВМ выясняет его параметры и при необходимости корректирует их. Описание стандартного набора графиков приводится в [3, 4]. Для автоматизации нахождения параметров типовых функций принадлежности и обработки экспертной информации была спроектирована система, которая по заданным экспертным оценкам (в виде вектора значений функции принадлежности или матрицы предпочтений) осуществляет поиск параметров с использованием алгоритма случайного поиска для минимизации оценки метода наименьших квадратов (МНК).

Для изучения вопроса адекватности используемых форм функций принадлежности проводились исследования зависимости точности аппроксимации функции от вида типовых параметрических функций принадлежности (рас-

сматривались треугольная, колоколообразная и гауссова функции принадлежности), с помощью которых формируется система нечеткого вывода, аппроксимирующая заданную функцию. Сравнение качества таких систем от вида функций принадлежности показало, что наименьшая погрешность аппроксимации достигается в случае использования треугольной функции, затем в порядке возрастания погрешности – функции Гаусса и колоколообразной функции [5].

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Параметрическое представление функций принадлежности является компактным, обеспечивает простоту построения их на практике и использования в системах, работающих на алгоритмах нечеткого вывода.

2. Основная проблема использования параметрических функций принадлежности связана с исследованием адекватности используемых форм функций принадлежности.

Для задачи аппроксимации функции с использованием системы нечеткого вывода наименьшая погрешность аппроксимации достигается в случае использования треугольной функции принадлежности. Данное заключение имеет предварительный характер и будет статистически проверено в ходе дальнейших исследований.

Список литературы

1. Вересков А. А., Кузьмин В. Б., Федоров В. В. Определение степеней принадлежности на основе совокупности матриц Саати для нечетких множеств // Сб. тр. В НИСИ. – 1982. № 10, с. 117-124.
2. Алексеев А. В. Интерпретация и определение функций принадлежности нечетких множеств // Методы и системы принятия решений. – Рига, Риж. политехн. ин-т, 1979, с. 132-140.
3. Григорьева Д.Р., Гареева Г.А. Нечеткая логика: учебно-методическое пособие / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева. – Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института КФУ, 2019 – 43 с.
4. Чернов В.Г. Нечеткие множества. Основы теории и применения: учеб. пособие / В.Г. Чернов; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. – 156 с.
5. Балашов О.В., Кондратова Н.В., Ошеров А.Я. Советующие системы для принятия решений при управлении организационно-техническими системами. Монография. – Смоленск: Смоленский филиал Российского университета кооперации, 2012

*Е.Д. Шумилин, И.С. Михальченков студ.; рук. А.А. Коротких, ст. пр.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВНЕД- РЕНИЯ ЕАМ-СИСТЕМЫ

Эффективность добычи ресурсов любой ресурсодобывающей компании зависит от исправного функционирования тяжелой техники, такой как экскаваторы, бульдозеры, самосвалы и буровые установки, которые являются ключевыми элементами производственного процесса. Отказ даже одного элемента, например, гидравлической системы экскаватора, может привести к остановке всей цепочки добычи, увеличить простой и снизить общую производительность предприятия. Поэтому надежность и своевременное обслуживание техники напрямую влияют на объемы добычи, себестоимость ресурсов и конкурентоспособность компании на рынке.

Именно поэтому ещё в 1923 г. в СССР была разработана система планово-предупредительных ремонтов (ППР). Она базирующейся на периодическом выполнении ремонтных работ. Эта система, которая в основных чертах определила стратегию ремонтов, широко используемую в нашей стране до сих пор. Основными принципами рациональной организации ремонтного дела на предприятии являются [1]:

1. Непрерывное обновление оборудования. Ремонт должен обеспечивать постоянное поддержание техники в актуальном состоянии, что гарантирует её надежность, соответствие современным стандартам и минимизацию эксплуатационных рисков.

2. Ремонт как самостоятельная производственная единица. Ремонтные службы необходимо рассматривать как автономное подразделение, которое предоставляет услуги «под ключ» цехам-потребителям.

3. Приоритет предупредительных и регламентированных методов. Основной ремонтной политики должны стать профилактическое обслуживание и планово-принудительные ремонты.

4. Системное планирование ремонтного цикла. Внедрение детального планирования (с учетом ресурсов, сроков и приоритетов) обеспечивает согласованность процессов, рациональное распределение бюджета и снижение влияния человеческого фактора на результаты работ.

С развитием промышленности и увеличением масштабов производства, а также с усложнением технологического оборудования, традиционные подходы к организации ремонтного хозяйства, такие как планово-предупредительные ремонты (ППР), стали демонстрировать свои ограничения. Эти методы, хотя и оставались эффективными для простых и предсказуемых процессов, уже не могли в полной мере справляться с растущими требованиями к управлению сложными производственными системами.

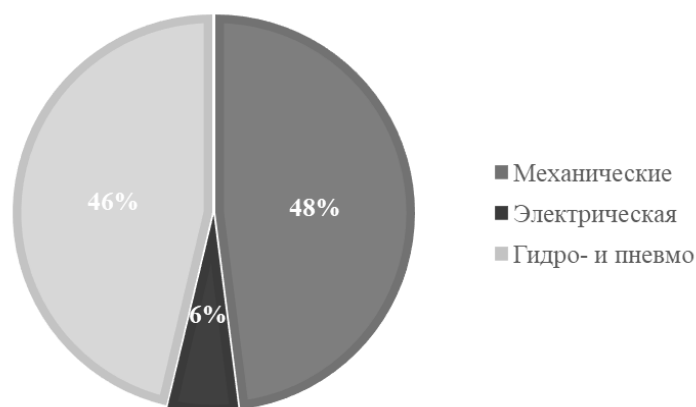


Рисунок 1 – Причины не планированных простоев

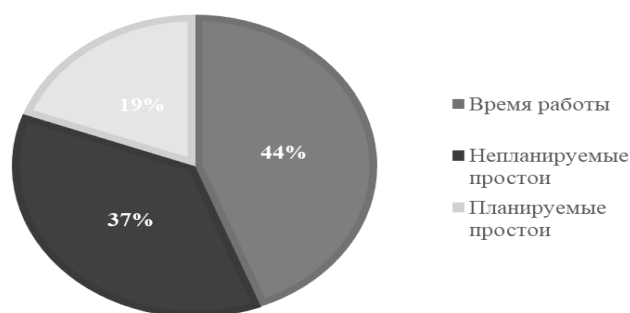


Рисунок 2 – Фонд рабочего времени

Одним из наиболее важных факторов влияющих на эффективность ТОиР на промышленно-добывающих предприятиях является своевременная замена или починка деталей гидравлические системы- один из ключевых компонентов экскаваторов. Однако, несмотря на их критическую важность для обеспечения бесперебойной работы, эти системы часто становятся источником не планированных простоев.

Анализ же эксплуатационных данных выявил критическую закономерность: наибольшая доля внеплановых простоев техники приходится на отказы привода подъема, в то время как привод поворота и вспомогательное оборудование демонстрируют значительно меньшую частоту поломок. Однако, ключевая проблема, требующая немедленного внимания, заключается не только в распределении отказов, но и в сопоставимости времени простоев, вызванных поломками, с временем, затрачиваемым на плановые работы по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР).[2]

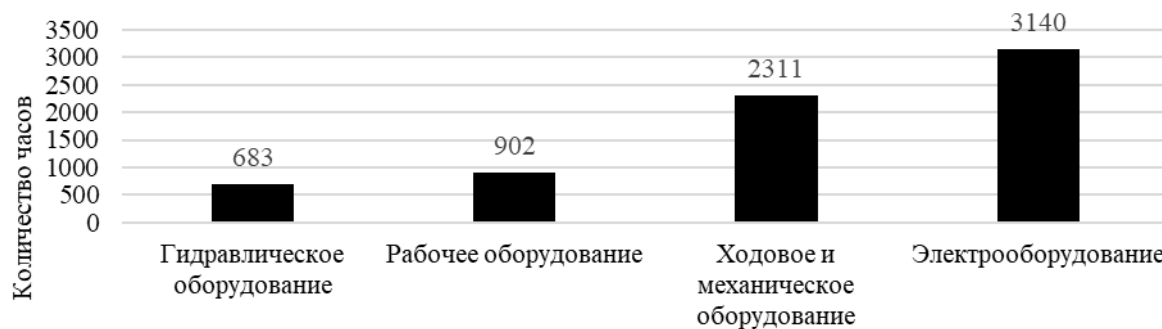


Рисунок 3 – Среднее количество часов до выхода оборудования из строя

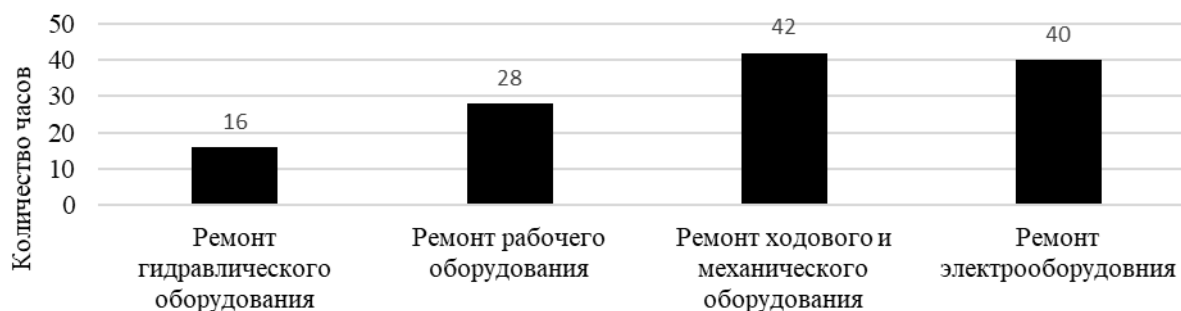


Рисунок 4 – Среднее количество часов на починку оборудования

Исходя из этих проблем, в целях уменьшения unplanned простоев и повышения эффективности производства была предложена интеграция EAM-системы (1C: ERP) в совокупности с виртуальной моделью LabVIEW (“GIDRO-LAB”).

1C: ERP, как комплексная система управления активами предприятия, позволяет автоматизировать и оптимизировать ключевые процессы, связанные с управлением гидравлическим оборудованием экскаваторов,

Виртуальная модель гидравлической системы экскаватора, разработанная на платформе LabVIEW (“GIDRO-LAB”) же обеспечивает возможности для создания виртуальной модели гидравлической системы экскаватора для проведения виртуальных экспериментов, тестирования различных сценариев работы, анализа поведения системы в различных условиях эксплуатации и диагностики возможных неисправностей.[3]

В ходе исследования было выявлено, что совмещение системы 1C: ERP и LabVIEW является наиболее практичным вариантом улучшения системы ТОиР относительно старой системы на основе планово-предупредительных ремонтов (ППР). Их тандем позволит использовать следующие преимущества:

1. Экономическая эффективность
 - Низкая стоимость владения и быстрая окупаемость за счет сокращения простоев и затрат на ремонты.
 - Внедрение в 1.5–2 раза быстрее зарубежных аналогов с минимальными трудозатратами.
2. Прогнозная аналитика и диагностика
 - Использование LabVIEW для мониторинга оборудования, прогнозирования отказов и сбора диагностических данных.
 - Интеграция данных с 1C: ERP для автоматизации планирования предупредительных ремонтов.
3. Универсальность и автоматизация процессов
 - Совмещение ERP-логистики (1C: ERP) с инженерными решениями (LabVIEW) для сквозной автоматизации ТОиР.
 - Оптимизация графиков обслуживания, снижение риска человеческих ошибок.
4. Функциональность международного уровня
 - Управление и учет на предприятиях любой отрасли, масштаба и структуры.
 - Поддержка мобильной и удаленной работы через интернет, доступ к данным в реальном времени.

Несмотря на неоспоримые достоинства ERP-систем, нельзя не отметить их главный недостаток, с которым в настоящее время сталкиваются их пользователи, а именно неэффективность внедрения. Эта проблема является основной и свидетельствует о том, что любая передовая технология будет полезна только в случае ее грамотного внедрения и использования. На многих предприятиях, потративших огромные средства на приобретение и внедрение ERP-систем, их запуск привел только к отрицательным результатам. Следует сказать, что, по

данным зарубежных аналитиков, до 40% проектов внедрения ERP-систем завершаются неудачно. Однако, именно интеграция LabVIEW и 1С: ERP дает возможность избежать большинство проблем

Список литературы

1. История системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) [Электронный ресурс]. URL: https://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/history_system_scheduled_preventive_maintenance.pdf (дата обращения: 05.03.2025).
2. Управление активами предприятия: новые подходы [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.osp.ru/cio/2011/07/13009727> (дата обращения: 05.03.2025).
3. Иванов А. В. Цифровизация ремонтного хозяйства: опыт внедрения ЕАМ-систем на горных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 5. С. 67–75 (дата обращения: 05.03.2025).

*Е.Д. Шумилин, И.С. Михальченков студ.; рук. А.А. Коротких, ст. пред.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ЕАМ-СИСТЕМЫ

Эффективность добычи ресурсов любой ресурсодобывающей компании зависит от исправного функционирования тяжелой техники, такой как экскаваторы, бульдозеры, самосвалы и буровые установки, которые являются ключевыми элементами производственного процесса. Отказ даже одного элемента, например, гидравлической системы экскаватора, может привести к остановке всей цепочки добычи, увеличить простои и снизить общую производительность предприятия. Поэтому надежность и своевременное обслуживание техники напрямую влияют на объемы добычи, себестоимость ресурсов и конкурентоспособность компании на рынке.

Именно поэтому ещё в 1923 г. в СССР была разработана система планово-предупредительных ремонтов (ППР). Она базирующейся на периодическом выполнении ремонтных работ. Эта система, которая в основных чертах определила стратегию ремонтов, широко используемую в нашей стране до сих пор. Основными принципами рациональной организации ремонтного дела на предприятии являются [1]:

5. Непрерывное обновление оборудования. Ремонт должен обеспечивать постоянное поддержание техники в актуальном состоянии, что гарантирует её надежность, соответствие современным стандартам и минимизацию эксплуатационных рисков.

6. Ремонт как самостоятельная производственная единица. Ремонтные службы необходимо рассматривать как автономное подразделение, которое предоставляет услуги «под ключ» цехам-потребителям.

7. Приоритет предупредительных и регламентированных методов. Основной ремонтной политики должны стать профилактическое обслуживание и планово-принудительные ремонты.

8. Системное планирование ремонтного цикла. Внедрение детального планирования (с учетом ресурсов, сроков и приоритетов) обеспечивает согласо-

ванность процессов, рациональное распределение бюджета и снижение влияния человеческого фактора на результаты работ.

С развитием промышленности и увеличением масштабов производства, а также с усложнением технологического оборудования, традиционные подходы к организации ремонтного хозяйства, такие как планово-предупредительные ремонты (ППР), стали демонстрировать свои ограничения. Эти методы, хотя и оставались эффективными для простых и предсказуемых процессов, уже не могли в полной мере справляться с растущими требованиями к управлению сложными производственными системами.

Одним из наиболее важных факторов влияющих на эффективность ТОиР на промышленно-добывающих предприятиях является своевременная замена или починка деталей гидравлические системы- один из ключевых компонентов экскаваторов. Однако, несмотря на их критическую важность для обеспечения бесперебойной работы, эти системы часто становятся источником не планированных простоев.

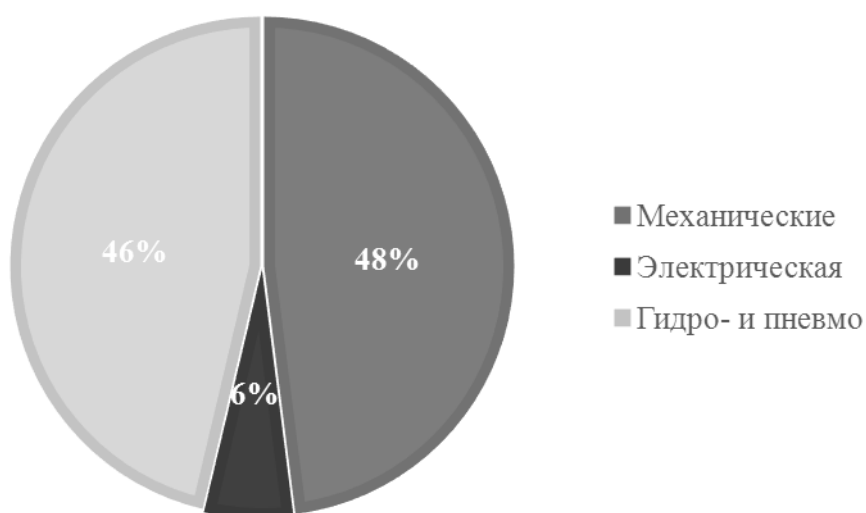


Рисунок 1 – Причины не планированных простоев

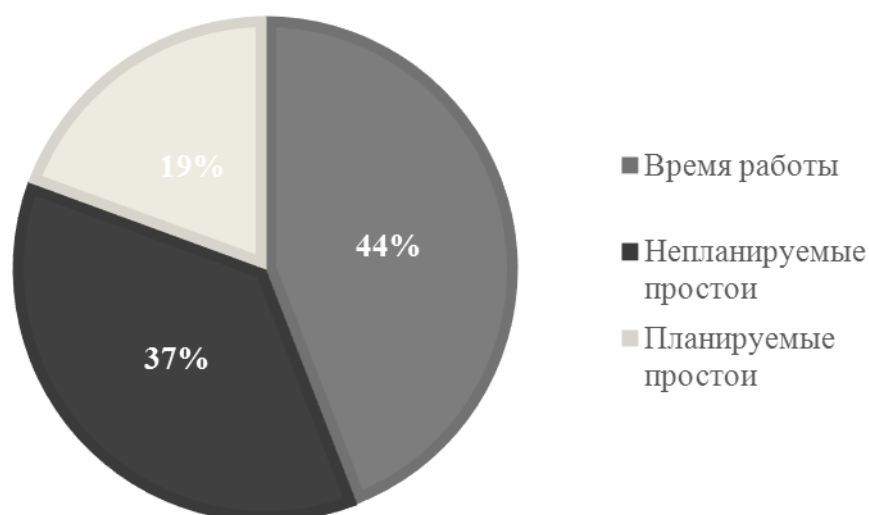


Рисунок 2 – Фонд рабочего времени

Анализ же эксплуатационных данных выявил критическую закономерность: наибольшая доля внеплановых простоев техники приходится на отказы привода подъема, в то время как привод поворота и вспомогательное оборудование демонстрируют значительно меньшую частоту поломок. Однако, ключевая проблема, требующая немедленного внимания, заключается не только в распределении отказов, но и в сопоставимости времени простоев, вызванных поломками, с временем, затрачиваемым на плановые работы по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР).[2]



Рисунок 3 – Среднее количество часов до выхода оборудования из строя

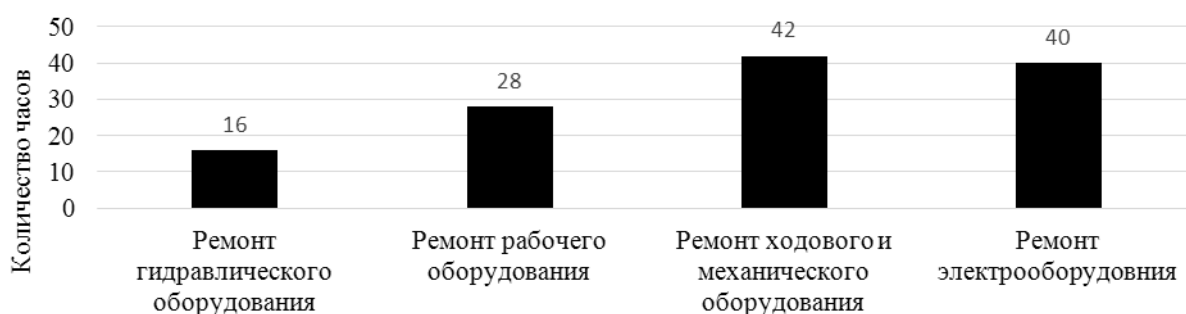


Рисунок 4 – Среднее количество часов на починку оборудования

Исходя из этих проблем, в целях уменьшения непланируемых простоев и повышении эффективности производства была предложена интеграция EAM-системы (1C: ERP) в совокупности с виртуальной моделью LabVIEW (“GIDRO-LAB”).

1C: ERP, как комплексная система управления активами предприятия, позволяет автоматизировать и оптимизировать ключевые процессы, связанные с управлением гидравлическим оборудованием экскаваторов,

Виртуальная модель гидравлической системы экскаватора, разработанная на платформе LabVIEW (“GIDRO-LAB”) же обеспечивает возможности для создания виртуальной модели гидравлической системы экскаватора для проведения виртуальных экспериментов, тестирования различных сценариев работы, анализа поведения системы в различных условиях эксплуатации и диагностики возможных неисправностей.[3]

В ходе исследования было выявлено, что совмещение системы 1C: ERP и LabVIEW является наиболее практичным вариантом улучшения системы ТОиР относительно старой системы на основе планово-предупредительных ремонтов (ППР). Их тандем позволит использовать следующие преимущества:

5. Экономическая эффективность

- Низкая стоимость владения и быстрая окупаемость за счет сокращения простоев и затрат на ремонты.

- Внедрение в 1.5–2 раза быстрее зарубежных аналогов с минимальными трудозатратами.

6. Прогнозная аналитика и диагностика

- Использование LabVIEW для мониторинга оборудования, прогнозирования отказов и сбора диагностических данных.

- Интеграция данных с 1С: ERP для автоматизации планирования предупредительных ремонтов.

7. Универсальность и автоматизация процессов

- Совмещение ERP-логистики (1С: ERP) с инженерными решениями (LabVIEW) для сквозной автоматизации ТОиР.

- Оптимизация графиков обслуживания, снижение риска человеческих ошибок.

8. Функциональность международного уровня

- Управление и учет на предприятиях любой отрасли, масштаба и структуры.

- Поддержка мобильной и удаленной работы через интернет, доступ к данным в реальном времени.

Несмотря на неоспоримые достоинства ЕАМ-систем, нельзя не отметить их главный недостаток, с которым в настоящее время сталкиваются их пользователи, а именно неэффективность внедрения. Эта проблема является основной и свидетельствует о том, что любая передовая технология будет полезна только в случае ее грамотного внедрения и использования. На многих предприятиях, потративших огромные средства на приобретение и внедрение ERP-систем, их запуск привел только к отрицательным результатам. Следует сказать, что, по данным зарубежных аналитиков, до 40% проектов внедрения ERP-систем завершаются неудачно. Однако, именно интеграция LabVIEW и 1С: ERP дает возможность избежать большинство проблем.

Список литературы

4. Колмыкова, Т. С. Управление стоимостью компании: подходы и методы / Т. С. Колмыкова // Финансовый менеджмент. – 2007. – № 10. – URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2007-10/01.shtml> (дата обращения: 06.03.2025).

5. Как мы используем модель Хаффа для открытия новых магазинов// Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/companies/magnit/articles/717536/> (дата обращения: 06.03.2025).

6. Кузнецов, А. В. Определение потребительской привлекательности объектов коммерческой недвижимости / А. В. Кузнецов // Cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-potrebitelskoy-privlekatelnosti-obektov-kommercheskoy-nedvizhimosti/viewer> (дата обращения: 06.03.2025).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА НА ОТЕЛИ: ИНТЕГРАЦИЯ МОДЕЛИ ХАФФА В ПРОЦЕССЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

Современная индустрия гостеприимства сталкивается с растущей конкуренцией и необходимостью принимать обоснованные решения на этапе планирования новых объектов. Успех отеля во многом зависит от его местоположения, которое определяет доступность для целевой аудитории, уровень конкуренции и потенциальную доходность. Однако выбор оптимальной локации для строительства отеля – это сложная задача, требующая учёта множества факторов, таких как близость к туристическим достопримечательностям, транспортным узлам, деловым центрам, а также анализ существующей конкурентной среды.

В этом контексте модель Хаффа, разработанная для прогнозирования потребительского выбора на основе привлекательности и доступности объектов, становится мощным инструментом для девелоперов и инвесторов. Эта модель позволяет количественно оценить вероятность выбора отеля потенциальными клиентами, учитывая его привлекательность (например, уровень сервиса, количество номеров, наличие дополнительных услуг) и удалённость от ключевых точек интереса. Интеграция модели Хаффа в процессы строительства позволяет не только минимизировать риски, но и максимизировать доходность будущего объекта [1].

В основе модели Хаффа лежит гипотеза о том, что привлекательность загородного отеля для гостей определяется:

- Уникальными преимуществами комплекса (прямая зависимость): уровень комфорта (виллы, glamping), наличие эксклюзивной инфраструктуры (SPA, термальные источники, конные прогулки), тематическая концепция (экотуризм, гастрономический отдых),
- Удобством доступа (обратная зависимость): расстояние от города, наличие качественных дорог, транспортной логистики (например, трансферы от ближайшей ж/д станции), а также близость к природным достопримечательностям (национальные парки, озёра).

Модель помогает спрогнозировать, как гости будут выбирать между городскими отелями и загородными комплексами, и применяется для:

- Оценки потенциального спроса на удалённую локацию,
- Расчёта оптимального размера и концепции комплекса (например, акцент на семейный отдых или корпоративные мероприятия),
- Анализа влияния сезонности (например, летний наплыв туристов к озеру и зимний спад).

Преимущество сервиса для загородного отеля, а именно Специализированный инструмент (например, *Atlas Hospitality*) позволяет девелоперам и инвесторам без глубоких аналитических навыков [2]:

- Сравнить привлекательность разных загородных локаций, даже в отсутствие плотной инфраструктуры,
- Учесть «неочевидные» факторы: поток туристов к ближайшим природным объектам, активность на трассах,

Модель Хаффа помогает определить, где построить отель, чтобы максимизировать его посещаемость и доходность. Вот как это можно сделать:

1. Основные факторы для выбора места:

- Привлекательность отеля (S_j): количество звёзд, уровень сервиса, уникальные предложения (SPA, ресторан, конференц-залы); площадь отеля, количество номеров.

- Расстояние до ключевых точек (D_j): Доступность транспорта (время в пути, стоимость поездки).

- Конкуренция: наличие других отелей в районе и их привлекательность.

2. Шаги применения модели Хаффа

Шаг 1: Сбор данных:

- Геоданные: расположение туристических объектов, транспортных узлов, деловых центров; плотность туристического потока (например, данные из мобильных приложений или статистики).

- Конкуренты: количество отелей конкурентов, их ёмкость, уровень сервиса.

- Целевая аудитория: туристы, бизнес-путешественники, местные жители (для мероприятий).

Шаг 2: Расчёт привлекательности (S_j):

$$S_j = \text{Количество номеров} \times \text{Уровень сервиса} \times \text{Уникальные факторы} \quad (1)$$

Пример:

- Отель А: 100 номеров, 4 звезды, есть SPA.
- Отель В: 80 номеров, 3 звезды, нет SPA. Если уровень сервиса оценивается в баллах (4 звезды = 1.2, 3 звезды = 1.0), а SPA добавляет 20% к привлекательности:

$$SA = 100 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 144 \quad (2)$$

$$SB = 80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 80 \quad (3)$$

Шаг 3: Расчёт расстояния (D_{ij}):

Расстояние можно измерять в:

- Километрах.
- Минутах на транспорте.
- Стоимости поездки (например, такси от аэропорта).

Пример:

- Отель А: 40 км от центра города, 30 минут на машине
- Отель В: 50 км от центра, 40 минут на машине

Шаг 4: Чувствительности к расстоянию:

Средние значения из исследований:

- Для городских отелей: $\lambda = 1.5\text{--}2.5$ (высокая чувствительность к расстоянию),
- Для загородных/курортных отелей: $\lambda = 0.8\text{--}1.5$ (гости готовы ехать дальше ради уникального опыта),
- Для бизнес-туристов: $\lambda = 2\text{--}3$ (важна близость к деловым центрам, аэропорту).

Шаг 5: Расчёт вероятности выбора отеля:

Используем формулу Хаффа:

$$P_{ij} = \frac{(S_j / D_{ij}^{\lambda})}{\sum_{k=1}^n (S_j / D_{ik}^{\lambda})} \quad (4)$$

Где:

- S_j — привлекательность отеля.
- D_j — расстояние (или время) до отеля от города.
- λ — коэффициент чувствительности к расстоянию.

Отель А: $SA = 144, DA = 2 \text{ км}$.

Отель В: $SB = 80, DB = 5 \text{ км}$.

$\lambda = 1,5$

$$PB = 80 / 40^{1,5} \left(144 / 30^{1,5} \right) + \left(80 / 40^{1,5} \right) \approx 26.5\% \quad (5)$$

$$PA = 144 / 30^{1,5} / \left(144 / 30^{1,5} \right) + \left(80 / 40^{1,5} \right) \approx 73.4\% \quad (6)$$

- Тогда

Вывод: Отель А будет выбираться в 73.4% случаев, если клиенты сравнивают только эти два отеля.

3. Практическое применение

а) Выбор места для строительства

- Анализируют несколько потенциальных участков.
- Для каждого участка рассчитывают P_{ij} с учётом конкуренции и расстояний

до ключевых точек.

- Выбирают участок с максимальной вероятностью привлечения клиентов.

б) Прогнозирование загрузки отеля

Если в районе проживает 10 000 туристов, ожидаемое количество клиентов для отеля А:

$$QA = 10000 \cdot 0,734 = 7340 \text{ клиентов.} \quad (7)$$

в) Оценка доходности

- Умножают количество клиентов на средний чек за номер.
- Сравнивают с затратами на строительство и эксплуатацию.

4. Итог:

Модель Хаффа позволяет:

- Обосновать выбор места для строительства отеля.
- Прогнозировать загрузку и доходность.
- Учитывать конкуренцию и транспортную доступность.[3]

Список литературы

7. Колмыкова, Т. С. Управление стоимостью компании: подходы и методы / Т. С. Колмыкова // Финансовый менеджмент. – 2007. – № 10. – URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2007-10/01.shtml> (дата обращения: 06.03.2025).

8. Как мы используем модель Хаффа для открытия новых магазинов// Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/companies/magnit/articles/717536/> (дата обращения: 06.03.2025).

9. Кузнецов, А. В. Определение потребительской привлекательности объектов коммерческой недвижимости / А. В. Кузнецов // Cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-potrebitelskoy-privlekatelnosti-obektov-kommercheskoy-nedvizhimosti/viewer> (дата обращения: 06.03.2025).

*А.А. Якушенков, студ.; рук. В.А. Тихонов, к.т.н., доцент
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННОЙ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЕ

С развитием цифровых технологий и увеличением объемов данных системы управления базами данных (СУБД) становятся неотъемлемой частью современной ИТ-инфраструктуры. Они обеспечивают хранение, обработку и анализ информации, что делает их критически важными для бизнеса, науки и государственного управления. Однако разнообразие типов данных, требований к производительности и масштабируемости создает необходимость выбора оптимальной СУБД для каждой конкретной задачи. Поэтому одним из актуальных направлений современных информационных технологий является сравнительный анализ современных СУБД, который позволит определить их преимущества, недостатки и области применения.

Современные ИТ-системы сталкиваются с рядом вызовов, таких как:

1. Рост объемов данных, включая структурированные, полуструктурированные и неструктурированные данные.
2. Требования к высокой производительности и отказоустойчивости.
3. Необходимость масштабируемости для поддержки растущих нагрузок.
4. Развитие новых технологий, таких как облачные вычисления, IoT и Big Data, которые предъявляют новые требования к СУБД.

Эти факторы делают выбор подходящей СУБД критически важным для успешного функционирования ИТ-инфраструктуры. Сравнительный анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны различных систем, что способствует оптимизации процессов обработки данных и снижению затрат на их хранение и управление.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа современных СУБД и определение их применимости в различных сценариях использования.

Основными задачами исследования является:

- рассмотрение основных типов СУБД: реляционные, NoSQL и NewSQL;
- выявление ключевых критериев для сравнения СУБД;
- проведение анализа популярных СУБД на основе выбранных критериев;
- определение областей применения различных СУБД в современных ИТ-системах.

Рассмотрим основные типы СУБД:

— Реляционные системы управления базами данных (СУБД) основаны на реляционной модели данных, предложенной Эдгаром Коддом в 1970 году. Они используют структурированный язык запросов (SQL) для работы с данными, что делает их универсальными и широко применяемыми в различных сферах. Данные в реляционных СУБД хранятся в таблицах, состоящих из строк и столбцов, а связи между таблицами устанавливаются через ключи — первичные и внешние [1].

Одним из ключевых преимуществ реляционных СУБД является поддержка ACID-транзакций, что обеспечивает высокую степень целостности данных. Например, в финансовых системах или ERP-системах, где важна точность и согласованность информации, реляционные СУБД, такие как MySQL, PostgreSQL, Oracle и Microsoft SQL Server, остаются незаменимыми.

Однако реляционные СУБД имеют и свои ограничения. Они плохо справляются с горизонтальным масштабированием, что делает их менее подходящими для работы с большими объемами данных. Кроме того, реляционная модель не предназначена для эффективного хранения и обработки неструктурированных данных, таких как JSON или XML, что может стать проблемой в современных приложениях, где такие форматы широко используются.

— Нереляционные NoSQL СУБД появились как ответ на ограничения реляционных систем, особенно в контексте работы с большими объемами неструктурированных данных. Они предлагают гибкость и высокую производительность, что делает их идеальными для современных приложений, таких как социальные сети, IoT и Big Data [2].

NoSQL СУБД можно разделить на несколько типов в зависимости от модели данных. Документно-ориентированные СУБД, такие как MongoDB и Couchbase, хранят данные в виде документов, например, в формате JSON или BSON. Это делает их удобными для работы с иерархическими данными, такими как профили пользователей в социальных сетях. СУБД типа "ключ-значение", такие как Redis и DynamoDB, обеспечивают высокую скорость доступа к данным, что делает их идеальными для задач кэширования. Колоночные СУБД, такие как Cassandra и HBase, хранят данные в колонках, что позволяет эффективно обрабатывать большие объемы информации, например, данные сенсоров в IoT.

Одним из главных преимуществ NoSQL СУБД является их высокая масштабируемость. Они легко масштабируются горизонтально, что позволяет обрабатывать большие объемы данных. Кроме того, NoSQL СУБД поддерживают неструктурированные и полуструктурированные данные, что делает их гибкими в использовании. Однако у них есть и свои недостатки. Многие NoSQL СУБД не поддерживают ACID-транзакции, что может привести к проблемам с целостностью данных. Также отсутствие стандартного языка запросов, такого как SQL, может затруднить выполнение сложных операций.

— Новые тенденции: NewSQL СУБД представляют собой гибридный подход, сочетающий преимущества реляционных и NoSQL систем. Они обес-

печивают поддержку ACID-транзакций и высокую масштабируемость, что делает их подходящими для высоконагруженных систем, таких как онлайн-банкинг и электронная коммерция. Примером таких СУБД являются CockroachDB и Google Spanner. CockroachDB — это распределенная СУБД, обеспечивающая высокую доступность и отказоустойчивость, а Google Spanner — глобально распределенная СУБД, разработанная Google, которая поддерживает транзакции с глобальной согласованностью [3].

Для сравнения различных типов СУБД используется набор ключевых критериев, которые помогают оценить их применимость в конкретных сценариях. Рассмотрим основные из них:

1. Производительность

Этот параметр определяется скоростью обработки запросов. Высокая производительность особенно важна в системах, где требуется быстрый доступ к данным и их обработка.

2. Масштабируемость

Масштабируемость подразумевает возможность как горизонтального, так и вертикального масштабирования. Горизонтальное (позволяет добавлять новые узлы в систему) и вертикальное (предполагает увеличение ресурсов существующих серверов) масштабирование, что помогает справляться с растущими нагрузками.

3. Поддержка транзакций (ACID)

Принципы ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) играют важную роль в системах, где критически важна целостность данных. Например, в банковских приложениях или ERP-системах отсутствие поддержки ACID может привести к серьёзным проблемам, таким как потеря данных или их несогласованность.

4. Гибкость данных

Этот критерий определяет способность СУБД работать с различными типами данных: структурированными, полуструктурированными и неструктурированными. В современных приложениях данные часто поступают в разных форматах, таких как JSON, XML или даже графические данные, поэтому гибкость СУБД становится важным фактором.

5. Сообщество и экосистема

Наличие активного сообщества, качественной документации и инструментов для разработки и администрирования значительно упрощает внедрение и поддержку СУБД. Хорошо развитая экосистема помогает быстрее решать возникающие проблемы и адаптировать систему под конкретные задачи.

Сравнительный анализ систем управления базами данных представлен в таблице 1.

Использование СУБД в современной IT-инфраструктуре:

— Реляционные СУБД находят широкое применение в системах, где критически важна целостность данных и поддержка сложных транзакций. Например, в финансовых системах, таких как банковские приложения, где каждая

операция должна быть точно учтена, или в ERP-системах, которые управляют ресурсами предприятий и требуют высокой согласованности данных. Эти системы часто используют MySQL, PostgreSQL или Oracle, так как они обеспечивают надежность и соответствие стандартам ACID.

— NoSQL СУБД, напротив, чаще используются в приложениях, где требуется обработка больших объемов неструктурированных данных и высокая масштабируемость. Социальные сети, используют NoSQL для хранения и анализа данных пользователей. IoT-платформы, которые собирают и обрабатывают данные с миллионов устройств, также полагаются на NoSQL, такие как Cassandra или MongoDB, благодаря их способности эффективно работать с распределенными системами.

— NewSQL СУБД занимают промежуточное положение, сочетая преимущества реляционных и NoSQL систем. Они идеально подходят для высоконагруженных приложений, таких как онлайн-банкинг или электронная коммерция, где требуется как высокая производительность, так и поддержка ACID-транзакций.

Таблица 1 — Сравнительный анализ реляционных, NoSQL и NewSQL СУБД по ключевым критериям

Критерий	Реляционные СУБД	NoSQL СУБД	NewSQL СУБД
Производительность	Высокая скорость обработки запросов для структурированных данных, но может снижаться при увеличении объема данных	Высокая производительность при работе с большими объемами неструктурированных данных, особенно в распределенных системах	Высокая производительность, сочетающая преимущества реляционных и NoSQL систем, подходит для высоконагруженных приложений
Масштабируемость	Ограниченная горизонтальная масштабируемость, преимущественно поддерживается вертикальное масштабирование	Высокая горизонтальная масштабируемость, что позволяет эффективно распределять нагрузку между узлами.	Поддержка как горизонтального, так и вертикального масштабирования, что обеспечивает гибкость в управлении ресурсами
Поддержка транзакций (ACID)	Полная поддержка ACID-транзакций, что обеспечивает высокую целостность данных	Ограниченная поддержка ACID, часто используются BASE-принципы (Basically Available, Soft state, Eventually consistent).	Полная поддержка ACID-транзакций, что делает их подходящими для финансовых и корпоративных систем
Гибкость данных	Оптимизированы для работы со структурированными данными, поддержка неструктурированных данных ограничена	Высокая гибкость, поддерживают структурированные, полуструктурированные и неструктурированные данные (JSON, XML, графические данные)	Поддерживают структурированные данные с возможностью работы с полуструктурированными форматами, но менее гибки, чем NoSQL.

Критерий	Реляционные СУБД	NoSQL СУБД	NewSQL СУБД
Сообщество и экосистема	Развитая экосистема с большим количеством инструментов, документации и активным сообществом (например, MySQL, PostgreSQL).	Активно развивающаяся экосистема, особенно для популярных решений, таких как MongoDB и Cassandra.	Меньше по сравнению с реляционными и NoSQL, но быстро развивается (например, CockroachDB, Google Spanner).

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

Современная IT-инфраструктура требует тщательного подхода к выбору СУБД, так как каждая из них имеет свои уникальные особенности и области применения.

Реляционные СУБД остаются незаменимыми в системах, где важна целостность данных и поддержка сложных транзакций.

NoSQL СУБД предлагают решения для работы с большими объемами неструктурированных данных и обеспечивают высокую масштабируемость.

NewSQL СУБД, в свою очередь, сочетают в себе преимущества обеих подходов, что позволяет использовать их в высоконагруженных системах.

Выбор СУБД должен основываться на конкретных требованиях проекта, включая объем и тип данных, требования к производительности, масштабируемости и бюджету. Только учитывая эти факторы, можно выбрать оптимальное решение, которое обеспечит эффективное управление данными и поддержку бизнес-процессов.

Список литературы

- 1.Новиков, Б. А. Основы технологий баз данных: учеб. пособие / Б. А. Новиков, Е. А. Горшкова; под ред. Е. В. Рогова. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 240 с.
- 2.Бэнкер, К. MongoDB в действии / Кайл Бэнкер; пер. с англ. Слинкина А. А. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 394 с.: ил.
- 3.Джексон, Дж. NewSQL берет все лучшее от мира SQL и NoSQL // Computerworld Россия. — 2011. — Вып. 22. — Дата обращения: 24 января 2015.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

1.	<i>Алексеев С.Е., Лебедев К.Ю., Шунаев С.А. РАСЧЕТ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ ОТКЛЮЧЕННОЙ НАГРУЗКИ В ИЗОЛИРОВАННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С АВТОМАТИКОЙ САОН</i>	3
2.	<i>Богданов А.Д., Долецкая Л.И. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ</i>	6
3.	<i>Вайтеленок Л.В., Солопов Р.В. ВЫБОР МЕСТА УСТАНОВКИ МАЛОГАБАРИТНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА</i>	10
4.	<i>Голдесов Д.Н., Назаров А.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ГРАФИКА НАПРЯЖЕНИЯ В КОНТРОЛЬНОМ ПУНКТЕ</i>	15
5.	<i>Гришечкин А.А., Назаров А.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ</i>	19
6.	<i>Давыдов В.В., Капралов Я.В., Желтякова Д.Д., Андреенков Е.С. ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРА В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ДО 1000В</i>	24
7.	<i>Евстафьев В.К., Петров В.С. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ EXCEL</i>	27
8.	<i>Ерофеева А.П., Ланге Ф.Д., Шехов Д.Ю., Михайлов В.А. СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ - ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ</i>	33
9.	<i>Захаров В.О., Кинденкова И.С., Солопов Р.В. РАЗРАБОТКА СТЕНДА ЦИФРОВОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTESN</i>	37
10.	<i>Иванов Д.А., Андреенков Е.С. МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ</i>	40
11.	<i>Клевцов Е.А., Захаров В.О., Трушаков Р.В. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ БАТАРЕЙ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTESN</i>	45
12.	<i>Кулагин А.С., Мудров М.А., Кавченков В.П. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ</i>	50
13.	<i>Лазарев А.А., Хуторов Д.И., Долецкая Л.И. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ НА ВЛ 6–20 кВ</i>	53
14.	<i>Лемешева А.А., Вайтеленок Л.В. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ</i>	56

15.	Мартынов А.М., Долецкая Л.И. ОБЗОР МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	61
16.	Мудров М.А., Кулагин А.С., Кавченков В.П. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОВОДОВ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ	65
17.	Поляков А.А., Солопов Р.В. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КЭС В ПРОГРАММЕ «ЛАБОРАТОРИЯ РЗА» И РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ	69
18.	Соколов И.Н., Солопов Р.В., Магидов Р.Е., Рожков В.В. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ БАЛАНСИРОВКИ ВАЛОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ	74
19.	Захаров В.О., Баранова Д.И., Знайденова А.С., Солопов Р.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTESN	79
20.	Толстоус А.О., Долецкая Л.И. ВЫБОР УСТАВОК РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	83
21.	Хуторов Д.И., Лазарев А.А., Долецкая Л.И. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ ПРИ РАЗВИТИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	86
22.	Церковный Р.С., Вайтеленок Л.В., Солопов Р.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ SIMINTESN ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА	91
23.	Шехов Д.Ю., Ерофеева А.П., Ланге Ф.Д., Михайлов В.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SIMLNTECH ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ	95
24.	Шехов Д.Ю., Ерофеева А.П., Ланге Ф.Д., Михайлов В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMLNTECH	98
25.	Ширяев М.А., Петров В.С. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА	101

СЕКЦИЯ 2 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

1.	Арбузов К.О., Калинин А.С., Корнеев К.Е., Рожков В.В. ВАРИАНТЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	106
2.	Башмаков С.Ю., Рожков В.В. УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ИДЕНТИФИКАТОРА СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	110
3.	Добренкова А.Д., Кисляков М.А. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СТАТОРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	113
4.	Дорожкин А.В., Ларькина Т.С. ПРОБЛЕМАТИКА СИСТЕМ УПРАВ-	

	ЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЛЭП	117
5.	Кудряшов А.С., Федотов В.В., Рожков В.В. РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ КЛЮЧАМИ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	120
6.	Лавров И.А., Федотов В.В., Рожков В.В. СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВУХУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ НАГРУЗКУ С УЧЕТОМ «МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ» СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ	125
7.	Магидов Р.Е., Рожков В.В., Соколов И.Н., Солопов Р.В. МЕТОД БАЛАНСИРОВКИ ИНСТРУМЕНТА В ШПИНДЕЛЬНОМ УЗЛЕ	129
8.	Магидов Р.Е., Рожков В.В., Соколов И.Н., Солопов Р.В. МЕТОД ВИБРОДИАГНОСТИКИ ШПИНДЕЛЯ НА ЭТАПЕ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ	132
9.	Малашенков И.А., Федотов В.В., Рожков В.В. СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ С ДВУХ- И ТРЕХУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРОЙ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ НАГРУЗКУ	135
10.	Несмачный А.Ю., Солопов Р.В. УЧЕБНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНОГО СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА	140
11.	Нестерова Ф.А., Ларькина Т.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ ДЛЯ СИСТЕМ СКЛАДИРОВАНИЯ	145
12.	Терешков М.В., Амелина М.А. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИОДА НАКАЧКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ	147
13.	Трофименко С.Р., Рожков В.В. АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ БЕЗДАТЧИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	150
14.	Федотов В.В., Рожков В.В. СРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ИНВЕРТОРА ДВУХЗВЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ЕГО ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	155
15.	Фролов В.С., Курилин С.П. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОЦЕНКУ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТОПОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	159
16.	Шулакова Д.А., Максимкин В.Л. ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ПОСТОЯННОГО МАГНИТА НА ПАРАМЕТРЫ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	164
17.	Юденков Е.Р., Курилин С.П. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВИ-	

СЕКЦИЯ 3 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

1. Аскаленок К.П., Кабанова И.А. ОЦЕНКА ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ СУШИЛЬНЫХ АГЕНТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ 172
2. Быченко Е.Д., Кабанова И.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ 175
3. Журавлев А.О., Галковский В.А. О РАСЧЕТЕ УДЕЛЬНОЙ ОТОПИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЙ 179
4. Куликов А.Е., Кабанова И.А. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 182
5. Лобанов С.М., Галковский В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ 186
6. Незамаев С.В., Мешалкин В.П. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКИ ГОРНА ОБЖИГОВЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ И АГЛОМЕРАЦИОННЫХ МАШИН 189
7. Новиков В.А., Ковалева А.С., Кабанова И.А. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ 193
8. Самошкин М.М., Мешалкин В.П. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ГОДОВОГО РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ 197
9. Семенова Е.А., Кабанова И.А. ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ 200
10. Сенина А.В., Кабанова И.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УТЕПЛИТЕЛЕЙ 203
11. Силков Я.С., Галковский В.А. СРЕДНЕВЗВЕШЕННАЯ ПЛОТНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ 206
12. Соловьев О.С., Галковский В.А. АНАЛИЗ ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ 210
13. Хибакова Д.А., Гришин А.Ю., Фокин А.М. ПРОЦЕСС КОГЕНЕРАЦИИ НА КОТЕЛЬНЫХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ 213

СЕКЦИЯ 4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Агейченко Д.Г., Курылев В.А. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНВЕРТАЦИИ ФАЙЛОВ 217

2.	Андреев Т.А., Литвин С.А., Полячков А.В. ОТЛАДЧИК ПРОЦЕССОРОВ RISC-V	220
3.	Артюхова П.А., Волкова Д.Ю. РЕИНЖИНИРИНГ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРОНЕЧЕТКИХ СИСТЕМ	223
4.	Балацкий Д.Е., Булыгина О.В. ИННОВАЦИОННЫЙ СКОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	226
5.	Беликов Д.Р., Гаврилов А.И. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ В ОФФЛАЙН-РЕЖИМЕ: СТРАТЕГИИ КЭШИРОВАНИЯ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SERVICE WORKERS	229
6.	Беляев Н.В., Курyleв В.А. ИНТЕРАКТИВНАЯ РАБОТА С ГРАФИКАМИ ФУНКЦИЙ НА ЯЗЫКЕ СИ	234
7.	Богатырёва В.Н., Свириденкова М.А. ОБЗОР ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ	238
8.	Божина Я.А., Денисова И.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ КОНСТРУКТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: APPMASTER И FLUTTERFLOW	242
9.	Бондарев Е.С., Гаврилов А.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ВЕРСИОНИРОВАНИЯ В ОБЛАЧНЫХ MARKDOWN-РЕДАКТОРАХ: ОТ GIT ДО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ	245
10.	Борисов Э.К., Никифоров В.А. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ИНЦИДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	250
11.	Борисова А.А., Волкова Д.Ю. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОТ-УСТРОЙСТВ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ	252
12.	Бородкина А.М., Свириденков К.И. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ КАФЕДРЫ ВУЗА	257
13.	Булышева А.В., Фомченкова Л.В. ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КОТЕЛЬНОЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНДУКЦИИ	260
14.	Вителюева А.А., Пучков А.Ю. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОМПАНИИ	264
15.	Власов А.И., Тихонов В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕД РАЗРАБОТКИ: ECLIPSE IDE, IAR, KEIL И STM32CUBEIDE	268
16.	Волкова Е.С., Синявский Ю.В. КОНЦЕПЦИЙ БЛОКЧЕЙНА И TANGLE В ИОТ	271
17.	Волкова Е.С., Синявский Ю.В. ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И TANGLE КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИОТ	275
18.	Воробьев М.С., Бобков В.И. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ОБРАЗЦА РУДНОГО МАТЕРИАЛА, ИМЕЮЩЕ-	

	ГО ФОРМУ ПЛАСТИНЫ, ОСЛОЖНЕННОГО ЭНДОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИЕЙ ДИССОЦИАЦИИ КАРБОНАТОВ	280
19.	Воротилова М.Ю., Булыгина О.В. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И БИОЭВРИСТИК	284
20.	Гращенко А.О., Гетманцев Л.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР АНАЛОГОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ВИДЕОХОСТИНГА	289
21.	Гриц Е.А., Маракулина Ю.Д., Федулова С.А., Федулов Я.А. СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ДАТЧИКОВ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ	293
22.	Гусаров И.Д., Федулова А.С. РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ В НОВОЙ СРЕДЕ	298
23.	Докторова Я.А., Пчелко А.А., Полячков А.В. АДАПТАЦИЯ СТАНДАРТОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ГОСТ, ISO/IEC) ДЛЯ ЗАДАЧ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ	301
24.	Дроздов Н.В., Виноградова А.В. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ БИЗНЕСА	305
25.	Егоренков Н.В., Свириденкова М.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ	308
26.	Елсукова Е.Г., Пучков А.Ю. ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ	311
27.	Ермачков Д.А., Андреев М.А. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА: РОЛЬ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫМИ РАБОТАМИ	315
28.	Ефременков Р.А., Гетманцев Л.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР АНАЛОГОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ВЕБ-САЙТА СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА	318
29.	Иванова Т.А., Свириденкова М.А. ГИПЕРАВТОМАТИЗАЦИЯ КАК ОДИН ИЗ ТРЕНДОВ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА	320
30.	Иванова А.А., Прокуденков Н.П. ПРЕИМУЩЕСТВА ПЛАТФОРМЫ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	322
31.	Иванов Е.С., Фомченкова Л.В. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОРУЖИЯ КАК ГРУППЫ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОБОРСТВА	325
32.	Изюмский А.А., Федулова С.А. ГЕЙМИФИКАЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ: КАК СОЗДАТЬ ПЛАТФОРМУ, КОТОРАЯ УВЛЕЧЁТ СТУДЕНТОВ	328
33.	Калачев А.М., Борисов В.В. ВЛИЯНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ ДИФФУЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	331
34.	Кафтунова А.В., Зедаина А.В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛО-	

ГИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПОРТИВНЫХ КЛУБОВ	335
35. Ковригин Д.В., Андреев М.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АВТОСЕРВИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	338
36. Кожемякин А.В., Булыгина О.В. ПОДБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОСТПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНОЙ ЛОГИКИ	341
37. Кондратенко Н.В., Прокуденков Н.П. АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ ВЫБОРА ПЛАТФОРМЫ ASP.NET CORE MVC ДЛЯ РАЗРАБОТКИ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ	344
38. Круглякова М.В., Булыгина О.В. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО НАРУШИТЕЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	347
39. Кудрявцева А.А., Прокуденков Н.П. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСТРАКТИВНЫХ, АБСТРАКТИВНЫХ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕФЕРИРОВАНИЯ ТЕКСТА	351
40. Кургузов А.И., Андреев М.А. MICROSOFT SQL SERVER И MYSQL: ОСОБЕННОСТИ И ОТЛИЧИЯ	355
41. Лабусова Д.О., Свириденкова М.А. МЕТОДЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ИХ АНАЛИЗ	357
42. Лакомова Д.В., Тютюнник А.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТО И РЕМОНТА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ	361
43. Литвин С.А., Андреев Т.А., Полячков А.В. АССЕМБЛЕР ПРОЦЕССОРОВ АРХИТЕКТУРЫ RISC-V	363
44. Маракулина Ю.Д., Гриц Е.А., Федулова С.А., Федулов Я.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОИСК НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНФОРМАЦИОННЫХ БОТАХ	366
45. Маслова К.С., Дли М.И. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АКТИВНЫМ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	371
46. Микишианов М.Е., Федулова С.А. ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СПЕЦИАЛИСТА ПО СНАБЖЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ	374
47. Михайлова В.А., Амелина М.А. КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ	376
48. Мухина А.П., Свириденков К.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	379
49. Николенко А.В., Свириденкова М.А. О РОЛИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	384
50. Носов Е.А., Фомченкова Л.В. ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БИЗНЕС-АНАЛИЗА КАДРОВОГО	

СОСТАВА ОРГАНИЗАЦИИ	388
51. Няненков С.А., Аверченков О.Е., А.А. Шорохов РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ УСТРОЙСТВОМ И КОМПЬЮТЕРОМ НА ПРИМЕРЕ MODBUS ASCII	391
52. Оторвин И.А., Федулова А.С. ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	395
53. Пузаненкова П.А., Федулова А.С. ОБЗОР ПЛАТФОРМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ	399
54. Пчелко А.А., Докторова Я.А., Полячков А.В. СОВРЕМЕННЫЕ ТRENДЫ UX/UI ДИЗАЙНА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ	402
55. Севостьянов М.Д., Курьлев В.А. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИЗАЙНА ВЕБ-САЙТОВ КОНКУРЕНТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛУЧШИХ ПРАКТИК	405
56. Сlixова П.А., Федулов Я.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИГР: GODOT ENGINE, UNITY, UNREAL ENGINE	408
57. Скугарева Е.С., Андреев М.А. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ	411
58. Соснин И.В., Гетманцев Л.Ю. УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКОЙ	416
59. Степочкин И.Н., Свириденкова М.А. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ	419
60. Стрекалов Р.П., Гаврилов А.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЛАЧНЫХ МЕНЕДЖЕРОВ ПАРОЛЕЙ	424
61. Суворова А.Р., Черновалова М.В. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ВУЗАХ: ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ	428
62. Тимофеев А.Е., Федулова С.А. ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ТРУДОУСТРОЙСТВА: АДАПТАЦИЯ ПОД ПОТРЕБНОСТИ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	433
63. Тисленко В.А., Гаврилов А.И. ПРИЛОЖЕНИЯ ОРГАНАЙЗЕРЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОМАШНЕГО БЫТА	435
64. Усов Д.И., Курьлев В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	440
65. Федосов Н.И., Денисова И.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРОКАТА ВЕЛОТЕХНИКИ	443
66. Фесенко И.И., Волкова Д.Ю. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖСЕТЕВОГО ЭКРАНА КАК СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	447
67. Хлусович К.В., Булыгина О.В. ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕ-	

	<i>СТВОМ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ</i>	449
68.	<i>Холодильн С.А., Тихонов В.А. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ</i>	454
69.	<i>Цветков А.А., Тихонов В.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА С ФРЕЙМВОРКОМ QT</i>	456
70.	<i>Цуриков Н.Р., Фомченкова Л.В. СИСТЕМА МЕТРИК ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ</i>	461
71.	<i>Цуриков Н.Р., Черновалова М.В. АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ КЛИЕНТОВ ИТ-ОРГАНИЗАЦИИ</i>	466
72.	<i>Шапкин А.П., Борисов В.В. СПОСОБЫ ВНЕДРЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В АДАПТИВНЫЕ НЕЧЕТКИЕ СИТУАЦИОННЫЕ СЕТИ</i>	470
73.	<i>Шило Ю.А., Денисова И.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИПОВЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ</i>	474
74.	<i>Шумилин Е.Д., Михальченков И.С., Коротких А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ЕАМ-СИСТЕМЫ</i>	480
75.	<i>Шумилин Е.Д., Михальченков И.С., Коротких А.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ЕАМ-СИСТЕМЫ</i>	484
76.	<i>Шумилин Е.Д., Михальченков И.С., Коротких А.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА НА ОТЕЛИ: ИНТЕГРАЦИЯ МОДЕЛИ ХАФФА В ПРОЦЕССЫ СТРОИТЕЛЬСТВА</i>	487
77.	<i>Якушенков А.А., Тихонов В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННОЙ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЕ</i>	491

Научное издание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА

(электроэнергетика, электротехника, теплоэнергетика, математическое моделирование и ин-
формационные технологии в производстве)

Сб. трудов XXII Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов

Сборник трудов в 2-х томах

Том 1

Подписано в печать 25.04.2025 г.

Формат 60x84¹/₁₆ . Тираж 100 экз. Печ. л. 31,6.

Издательство «Универсум»

Отпечатано в издательском секторе филиала МЭИ в г. Смоленске

214013 г. Смоленск, Энергетический проезд, 1

ISBN 978-5-91412-550-6

