

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ, ПРАКТИКА**

Материалы XVI Международной
интернет-конференции молодых ученых,
аспирантов, студентов
(18 ноября – 31 декабря 2024 г.)

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2025

УДК 685.325.05

И66

И66 Инновационные технологии: теория, инструменты, практика : материалы XVI Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов, студентов (18 ноября – 31 декабря 2024 г.) / ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2025. – 453 с.

ISBN 978-5-398-03302-1

Конференция посвящена вопросам системных исследований и моделирования информационно-измерительных и управляющих систем, систем телекоммуникации и связи, энергетики и энергоресурсосбережения, информационных технологий и средств автоматизации, аппаратно-программного обеспечения информационно-управляющих систем.

Представлены работы молодых ученых, аспирантов, а также лучшие работы студентов.

Публикуемые результаты исследований могут быть интересны молодым исследователям, преподавателям и специалистам, интересующимся теоретическими и прикладными разработками в данной предметной области.

Редакционная коллегия

В.В. Черняев, доцент, канд. техн. наук

Б.В. Кавалеров, доцент, д-р техн. наук

С.В. Мишурунских, доцент, канд. техн. наук (отв. редактор)

А.Б. Петроченков, доцент, д-р техн. наук

Н.М. Труфанова, профессор, д-р техн. наук

Р.А. Файзрахманов, профессор, д-р экон. наук

А.Г. Щербинин, профессор, д-р техн. наук

А.А. Южаков, профессор, д-р техн. наук

Рецензент: заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный машиностроитель Республики Башкортостан, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета *Г.Г. Куликов*

УДК 685.325.05

ISBN 978-5-398-03302-1

© ПНИПУ, 2025

Секция 1

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Н.В. Слизенко

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ЧАТ-БОТА ДЛЯ TELEGRAM
КАК ИНСТРУМЕНТА ПОВТОРЕНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА
ПО ФИЗИКЕ В РАЗДЕЛЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»**

В данной работе рассматривается необходимость создания телеграмм-бота, предназначенного для повторения учебного материала по физике в разделе «Электричество». Описана разработка и исследование возможностей данного бота для автоматизации процесса обучения, включая предоставление теоретических материалов, формул и тестов по ключевым темам электродинамики. Бот поможет пользователям эффективно повторять и закреплять знания, проходить тесты для проверки уровня усвоения материала, а также получать доступ к необходимым теориям и формулам по выбранным разделам.

Ключевые слова: чат-бот, telegram, повторение учебного материала, физика, электричество.

N.V. Slizenko

Grodno State University named after Yanka Kupala, Grodno

**DEVELOPMENT OF A CHAT BOT ARCHITECTURE FOR
TELEGRAM AS A TOOL FOR REPEATING EDUCATIONAL
MATERIAL ON PHYSICS IN THE SECTION "ELECTRICITY"**

This paper discusses the need to create a telegram bot designed to repeat educational material on physics in the section "Electricity". The development and study of the capabilities of this bot for automating the learning process, including the provision of theoretical materials, formulas and tests on key topics in electrodynamics, are described. The bot will help users effectively repeat and consolidate knowledge, pass tests to check the level of assimilation of the material, and also gain access to the necessary theories and formulas for selected sections.

Keywords: chat bot, telegram, repetition of educational material, physics, electricity.

С развитием цифровых технологий и интернет-ресурсов образовательный процесс претерпевает значительные изменения. Современные технологии открывают новые возможности для повышения эффективности обучения. Одним из наиболее перспективных инструментов яв-

ляется использование чат-ботов, которые позволяют учащимся получать знания в интерактивной форме, обеспечивая доступ к учебным материалам в любое время и в любом месте.

Одним из наиболее популярных мессенджеров для создания таких чат-ботов является Telegram, который имеет удобный интерфейс, широкие возможности для разработки и интеграции различных функций.

Использование чат-ботов в учебном процессе имеет множество преимуществ: они могут стать дополнительным помощником для учеников, позволяя повторять материал в удобной и доступной форме, вовлекающей пользователей. В данной работе для разработки чат-бота применяются Python и библиотека Telebot, что позволяет создавать гибкие и эффективные решения для автоматизации учебного процесса. Использование этих технологий обеспечит быструю интеграцию различных функций, таких как работа с базами данных, создание интерактивных элементов, а также создание удобного интерфейса для пользователей [1].

Рассмотрим основные технологии и инструменты, использованные для разработки чат-бота в рамках повторения учебного материала по физике в разделе «Электричество». Основными технологиями являются Python, библиотека Telebot, а также функциональные возможности платформы Telegram, включая создание и настройку ботов через BotFather.

Python – это универсальный и высокоуровневый язык программирования, который широко используется для разработки веб-приложений, автоматизации задач и создания различных ботов. Он отличается простотой синтаксиса, а также огромным количеством библиотек, что делает его идеальным выбором для разработки чат-ботов. Python предоставляет разработчику мощные инструменты для обработки данных, работы с API и взаимодействия с внешними сервисами, что делает его удобным и эффективным для создания образовательных приложений [1].

Библиотека Telebot является одной из самых популярных библиотек для разработки ботов для Telegram. Она предоставляет удобный и высокоуровневый интерфейс для взаимодействия с Telegram API. В рамках разработки чат-бота для повторения материала по физике библиотека Telebot используется для обработки команд, отправки сообщений, создания кнопок, а также для работы с базами данных и те-

стами. Эта библиотека позволяет эффективно интегрировать функциональные возможности бота с Telegram, обеспечивая удобный и интуитивно понятный интерфейс для пользователей.

Telegram API предоставляет все необходимые инструменты для взаимодействия с пользователями через мессенджер. Telegram предоставляет уникальные возможности для реализации чат-ботов, включая поддержку различных типов сообщений (текстовых, изображений, видео и т.д.), создание интерактивных кнопок и меню, а также работу с различными типами данных. Эти возможности делают Telegram одним из самых популярных мессенджеров для создания образовательных ботов [2, 3].

Для создания нового бота в Telegram используется инструмент BotFather, который является официальным ботом платформы Telegram для управления и создания новых ботов.

BotFather позволяет создать нового бота, настроить его параметры и получить уникальный API токен, который необходим для подключения к Telegram API и работы с ботом. Получив токен, разработчик может настроить своего бота с помощью Python и библиотеки Telebot, интегрируя различные функции и возможности для выполнения поставленных задач, таких как создание тестов, отправка напоминаний и ведение учета знаний пользователей.

Чат-бот, разрабатываемый для повторения учебного материала по физике в разделе «Электричество», состоит из нескольких ключевых разделов, каждый из которых выполняет свою функцию и обеспечивает удобство взаимодействия пользователя с системой. Структура бота включает в себя следующие основные компоненты.

Главное меню. Главное меню – это отправная точка для пользователя при взаимодействии с ботом. Оно предоставляет пользователю выбор между основными функциями: теоретическими материалами и тестами. Через главное меню пользователь может выбрать раздел, который ему интересен, и получить доступ к соответствующему контенту. Главная цель меню – обеспечить легкую навигацию по боту и помочь пользователю быстро найти нужный раздел.

Теоретические материалы. Раздел теоретических материалов включает описание различных тем по физике, таких как электростатика, постоянный электрический ток, магнитное поле и другие, соответствующие учебной программе. В этом разделе пользователи могут ознако-

миться с подробными объяснениями теоретического материала, а также с иллюстрациями и примерами, которые помогут лучше понять основные физические концепции. Этот раздел позволяет пользователям изучать теоретический материал на основе их потребностей и уровня подготовки.

Формулы. Раздел с физическими формулами содержит перечень важных формул, которые являются основой для решения задач и понимания теории в разделе «Электричество».

В данном разделе представлены формулы, касающиеся таких понятий, как «закон Ома», «Кирхгоф», «емкость», «сопротивление» и др. Пользователи могут легко изучить и запомнить формулы, которые помогут им в дальнейшем применить их для решения тестовых заданий и практических задач.

Тесты. Тесты предназначены для проверки уровня знаний пользователя. Этот раздел позволяет пользователю пройти различные тесты по темам, связанным с физикой, таким как электростатика, постоянный электрический ток и др.

Тесты могут включать как вопросы с несколькими вариантами ответов, так и вопросы с открытым ответом. После завершения теста бот анализирует результаты и сообщает пользователю его уровень знаний, что позволяет ему понять, какие темы необходимо повторить или изучить глубже.

Тесты служат не только для оценки знаний, но и как инструмент для активного повторения материала.

Пользователь начинает взаимодействие с ботом с команды /start, после чего он попадает в главное меню, где может выбрать между теоретическими материалами и тестами.

На рисунке представлены примеры окон пользовательского интерфейса.

Все взаимодействие организовано через кнопки, которые выполняют соответствующие действия:

- теория: пользователю предлагаются кнопки для выбора раздела теории;
- формулы: пользователю показываются кнопки для выбора формул по соответствующим темам;
- тесты: предоставляется доступ к тестам для самопроверки знаний.

Каждый раздел теории или формул включает кнопки для перехода к следующей теме или возвращения назад. Также для удобства пользователя предусмотрены кнопки для возврата в меню разделов или к содержанию.



Рис. Пользовательский интерфейс

Для хранения теоретического материала и тестов используется база данных SQLite. В таблице хранятся данные о содержимом материалов, формул, тестов, а также информация о прогрессе пользователя в прохождении теории или теста. В базе данных реализованы следующие ключевые таблицы:

- materials: содержит текстовые материалы по разделам;
- formulas: хранит формулы, соответствующие каждой теме;
- tests: включает вопросы для тестов, а также правильные ответы.

Чат-бот выполняет запросы к базе данных для получения материалов и тестов, а затем отправляет их пользователю в соответствующем формате.

Подключение к Telegram. Для интеграции чат-бота с платформой Telegram используется библиотека Telebot, которая предоставляет удобный интерфейс для работы с Telegram Bot API. Важно отметить,

что для подключения бота требуется API-ключ, который можно получить через BotFather в Telegram, и он используется для аутентификации бота на платформе.

Листинг 1. Пример подключения бота

```
bot = telebot.TeleBot('YOUR_API_KEY')
```

Главная структура. Структура кода бота организована так, чтобы каждая функция отвечала за конкретный аспект работы. В частности, для отображения главного меню с кнопками для выбора теоретических материалов и тестов используется специальная функция `show_main_menu`. Эта функция генерирует кнопки, которые дают пользователю возможность выбрать, какой раздел он хочет изучать.

Листинг 2. Пример реализации главного меню

```
def show_main_menu(chat_id):  
    markupStart =  
types.InlineKeyboardMarkup()  
    btn1 =  
types.InlineKeyboardButton('Теоретические  
материалы', callback_data='theoreticalMaterials')  
    btn2 =  
types.InlineKeyboardButton('Тесты',  
callback_data='tests')  
    markupStart.add(btn1)  
    markupStart.add(btn2)  
    bot.send_message(chat_id, 'Добро  
пожаловать в бот по электродинамике!', re-  
ply_markup=markupStart)
```

Каждая кнопка меню связана с уникальным `callback_data`, что позволяет отслеживать, какой выбор сделал пользователь, и в зависимости от этого перейти к нужному разделу или выполнить другие действия.

Разделы теории и формул. Для организации разделов теории и формул создаются отдельные кнопки, которые также реализуются с помощью `callback_query_handler`. Это позволяет динамически обновлять интерфейс в зависимости от выбора пользователя. При нажатии на кнопку соответствующего раздела, бот отправляет пользователю информацию о теме, а также предлагает дальнейшие действия – переход к следующей теме или возвращение в меню.

Листинг 3. Пример обработки выбора раздела теории

```
@bot.callback_query_handler(func=lambda call:
call.data == 'theory')
def handle_theory(call):
    bot.delete_message(call.message.chat.id,
call.message.message_id)
    bot.send_message(call.message.chat.id, 'Раздел
теории', reply_markup=Theory.create_markup_theory())
```

В этом примере, после того как пользователь выбирает раздел теории, бот удаляет старое сообщение и отображает новые кнопки, соответствующие подтемам для изучения.

Тестирование. В разделе тестов пользователю предлагается пройти серию вопросов, каждый из которых имеет несколько вариантов ответа. После того как тест завершен, бот анализирует ответы, оценивает результат и предоставляет пользователю обратную связь о его уровне знаний. Система тестирования включает в себя также кнопки для перехода к следующему вопросу или тесту.

Листинг 4. Пример обработки теста

```
@bot.callback_query_handler(func=lambda call:
call.data == 'testElectrodynamicsMain')
def test_handler(call):
    bot.delete_message(call.message.chat.id,
call.message.message_id)
    bot.send_message(call.message.chat.id,
'Выберите тест для прохождения:', re-
ply_markup=Test.create_test_markup())
```

Здесь обработчик запрашивает тест, соответствующий выбранной теме, и предлагает пользователю начать выполнение теста. Каждый тест включает несколько вариантов вопросов и позволяет пользователю узнать свой результат после завершения.

В ходе разработки чат-бота для Telegram, предназначенного для повторения учебного материала по физике в разделе «Электричество», были достигнуты основные цели, связанные с автоматизацией процесса обучения и повышением его доступности. Бот предоставляет удобный интерфейс для студентов, позволяя им изучать теоретический материал, знакомиться с важными физическими формулами и проходить тесты для проверки уровня знаний.

Использование библиотеки Telebot для создания чат-бота позволило эффективно взаимодействовать с Telegram Bot API и создать удобный инструмент для образовательных целей. Реализованные функции, такие как главное меню, разделы теории, формулы и тесты, обеспечивают простоту использования и возможность быстрого доступа к материалам. Кроме того, бот интегрирует систему тестирования, которая помогает пользователям проверить свои знания. В дальнейшем данное решение может быть расширено за счет добавления новых разделов по другим темам физики или других дисциплин.

Таким образом, разработанный чат-бот представляет собой эффективный инструмент для поддержки образовательного процесса, который способствует улучшению качества обучения и повышению мотивации учеников.

Библиографический список

1. Python Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://docs.python.org>
2. Telegram Bot API [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://core.telegram.org/bots/api>
3. Телеграм-боты как инструмент для онлайн-обучения // Журнал образовательных технологий. – 2023.

Сведения об авторе

Слизенко Назар Валентинович – студент Гродненского государственного университета им. Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь, e-mail: nazarslizenko68@gmail.com

Д.В. Латош

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PHYSICS

В статье изучается возможность разработки архитектуры вспомогательного программного комплекса для работы с физическими величинами. Программа построена на использовании библиотеки классов, обеспечивающей безопасное выполнение операций с физическими единицами измерения, автоматическое преобразование единиц и поддерживающей различные системы измерений. Основной целью является создание типобезопасной и удобной в использовании библиотеки, способной выполнять математические операции над величинами. Исследование включает анализ существующих библиотек, системный подход и сравнительный анализ. Результаты могут быть полезны для научных и технических приложений, требующих обработки физических величин.

Ключевые слова: физические величины, библиотека классов, типобезопасность, преобразование единиц, научно-технические приложения.

D.V. Latosh

Grodno State University named after Yanka Kupala, Grodno

DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF THE AUXILIARY SOFTWARE COMPLEX PHYSICS

This study explores the potential for developing the architecture of an auxiliary software complex for working with physical quantities. The program is based on a class library that ensures safe operations with physical units, supports automatic unit conversions, and accommodates various measurement systems. The main objective is to create a type-safe and user-friendly library capable of performing mathematical operations on quantities. The research includes an analysis of existing libraries, a systematic approach, and a comparative analysis. The results may be useful for scientific and technical applications that require the processing of physical quantities.

Keywords: physical quantities, class library, type safety, unit conversion, scientific and technical applications.

В современном мире физические величины имеют ключевое значение в различных областях науки, инженерии и повседневной жизни. Они применяются для измерения и описания физических явлений, а также для выполнения вычислений и моделирования процессов. Тем

не менее, работа с физическими величинами может быть связана с рядом сложностей, включая необходимость учета единиц измерения, выполнения преобразований между разными системами и обеспечения типобезопасности операций.

При использовании традиционного подхода к программированию легко упустить, в каких единицах измеряются данные, что может приводить к сбоям или даже серьезным последствиям. Так, например, космический аппарат Mars Climate Orbiter, достигнув Марса, разбился о его поверхность из-за ошибок в использовании единиц измерения в разных частях программного обеспечения. По этой же причине происходили аварии в космической и авиационной технике, терпели крушения корабли и гибли люди [1].

Современные подходы включают в себя разработку специализированных библиотек классов, направлены на автоматизацию преобразований между системами единиц, проверку совместимости типов.

Создание библиотеки классов для работы с физическими величинами позволит упростить и стандартизировать обработку, обеспечивая более надежный и качественный код. Такие библиотеки критически важны для обеспечения надежности кода в научных и инженерных расчетах.

Основные проблемы в работе с физическими величинами:

1. Системы единиц и их преобразование: физические величины могут выражаться в разных единицах, что требует тщательного контроля за преобразованием единиц [2].

2. Типобезопасность операций: операциям сложения и вычитания можно подвергать только величины с одинаковыми размерностями. Например, сложение массы и длины – некорректное действие, и библиотека должна уметь такие ошибки предотвращать.

3. Выражение физических величин через их размерности: согласно принципу размерности, любые физические величины можно представить, как комбинации базовых величин, что требует продуманной иерархии классов.

Такие преобразования предотвращают случайные ошибки и позволяют хранить значения в удобном формате для дальнейшей обработки [3].

В таблице приведен сравнительный анализ существующих библиотек для работы с физическими величинами.

Сравнительный анализ библиотек

План сравнения	Название библиотеки	PyPhys	KotUniL	PHYSICS C#	Units
	Функционал	Работа с физическими величинами, преобразование единиц, поддержка размерностей, встроенные константы	Работа с физическими величинами, поддержка системы СИ	Работа с физическими величинами, преобразование единиц, поддержка размерностей, встроенные константы	Работа с физическими величинами, преобразование единиц, поддержка размерностей
	Простота расширения	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая
	Поддержка C#	Нет	Нет	Да	Нет
	Кроссплатформенность	Да	Да	Ограниченная	Да
	Документации	Достаточная	Ограниченная	Хорошая	Обширная
	Платная лицензия	Нет	Нет	Да	Нет

Видно, что нет библиотеки, которая в полной мере соответствовала бы поставленным требованиям. Это объясняет необходимость создания подобного программного продукта. В частности, можно выделить следующие причины:

1. Ограниченная доступность: существующие библиотеки для работы с физическими величинами на C# немногочисленны и часто платные, что ограничивает их использование, особенно при санкциях.

2. Закрытый код: коммерческие библиотеки обычно не предоставляют открытый код, что препятствует их модификации под проектные нужды. Собственная библиотека позволит полностью контролировать код и его архитектуру.

3. Зависимость от поставщиков: использование внешних библиотек влечет риски, связанные с обновлениями и поддержкой. Собственное решение устранил эту зависимость.

4. Соответствие специфическим требованиям: коммерческие библиотеки не всегда поддерживают нужные системы измерений и алгоритмы, тогда как своя библиотека может быть адаптирована под конкретные требования проекта.

5. Гибкость и расширяемость: создание собственной библиотеки обеспечит легкость добавления новых функций и систем измерений, сохраняя при этом структуру кода.

Таким образом, разработка собственной библиотеки на C# обеспечит независимость, гибкость и возможность точной настройки, преодолевая ограничения существующих коммерческих решений. При проек-

тирования библиотеки стоит учесть, что существуют фундаментальные величины, такие как длина, масса и время, и производные, например, скорость и объем, которые определяются через базовые величины [4–7].

В объектно-ориентированном программировании (ООП) физические величины можно представить в виде иерархии классов (рисунок). Базовый класс `PhysicalQuantity` определяет общие свойства всех физических величин. От него наследуются `FundamentalQuantity` для базовых величин и `DerivedQuantity` для производных. Такой подход позволяет упростить создание новых величин и операций с ними.

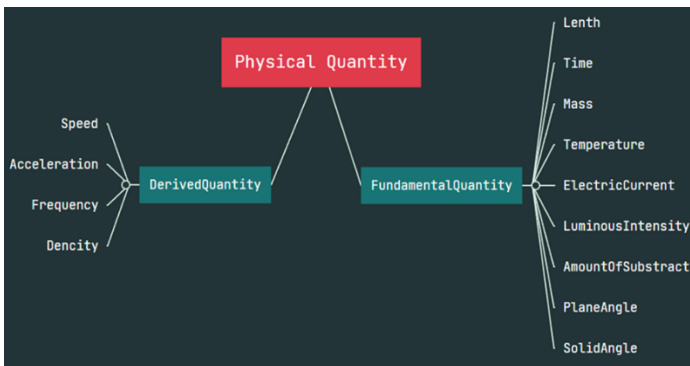


Рис. Иерархия классов физических величин

ООП обеспечивает абстракцию, инкапсуляцию и наследование. Полиморфизм позволяет использовать единый интерфейс для различных типов величин, а иерархия классов делает систему гибкой и расширяемой. В начальный набор методов включены операции сложения, вычитания, умножения и деления, а также преобразование единиц.

Пример реализации конвертации представлен в листинге.

Листинг. Конвертация величин

```

public double Value { get; set; }
public Amperage(double value)
{
    Value = value;
}
public double Convert(double value, string
fromUnit, string toUnit)

```

```

        {
            double      valueInAmperes      =      Convert-
ToAmperes(value, fromUnit);
            return      ConvertFromAmperes(valueInAmperes,
toUnit);
        }
        private double ConvertToAmperes(double value,
string fromUnit)
        {
            fromUnit = fromUnit.ToLower();
            switch (fromUnit)
            {
                case "a": // Амперы
                    return value;
                case "ma": // Миллиамперы
                    return value / 1000;
                case "ua": // Микроамперы
                    return value / 1_000_000;
                case "ka": // Килоамперы
                    return value * 1000;
                default:
                    throw new
ArgumentException($"Неизвестная единица измерения:
{fromUnit}");
            }
        }
        private double ConvertFromAmperes(double value,
string toUnit)
        {
            toUnit = toUnit.ToLower();
            switch (toUnit)
            {
                case "a":
                    return value;
                case "ma":
                    return value * 1000;
                case "ua":
                    return value * 1_000_000;
            }
        }
    }
}

```

```

        case "ka":
            return value / 1000;
        default:
            throw new
ArgumentException($"Неизвестная единица измерения:
{toUnit}");
    }
}

```

Заключение. Анализ существующих программных решений для работы с физическими величинами показал, что, хотя эти библиотеки предоставляют некоторый функционал для работы с единицами измерения, ни одна из них полностью не соответствует требуемым критериям и функциональным возможностям. Некоторые библиотеки имели ограниченный набор поддерживаемых единиц измерения, другие не позволяли выполнять определенные операции над физическими величинами, многие из них были коммерческими и требовали оплаты.

По результатам анализа было принято решение о разработке собственной физической библиотеки на C# для работы с единицами измерения. Также была разработана архитектура будущей библиотеки, иерархия классов, а именно выбраны базовые классы, классы-наследники, их ключевые методы и свойства.

Дальнейшее развитие библиотеки может включать в себя расширение поддерживаемых физических величин и единиц измерения, улучшение производительности, а также интеграцию с существующими библиотеками и инструментами .NET экосистемы.

Данная библиотека может стать полезным инструментом для разработчиков, проектирующих приложения, связанные с научными вычислениями, инженерным моделированием и другими областями, требующими эффективной работы с физическими данными.

Библиографический список

1. Сиротин В. Магия размерностей и магия Котлина. Ч. 1: Введение в KotUniL. Habr, 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/en/articles/705588> (дата обращения: 02.05.2023).
2. Библиотеки классов в .NET. Microsoft [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/class-libraries> (дата обращения: 02.05.2023).

3. McConnell S. Code Complete: A practical handbook of Software Construction (2nd ed) // Microsoft Press. – 2004. – Vol. 960.

4. PyPhys. SourceForge [Электронный ресурс]. – URL: <https://sourceforge.net/projects/pyphys/> (дата обращения: 02.05.2023).

5. Сиротин В. Работа с единицами СИ на Java. Habr, 19 Ноября 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/705788/> (дата обращения: 02.05.2023).

6. PHYSICS_C_manual.ru.pdf. Sergey-L-Gladkiy [Электронный ресурс]. – URL: https://sergey-l-gladkiy.narod.ru/phy_docs/PHYSICS_C_manual.ru.pdf (дата обращения: 02.05.2023).

7. C++ Units. WPILib Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.wpilib.org/en/stable/docs/software/basic-programming/cpp-units.html> (дата обращения: 02.05.2023).

Сведения об авторе

Латош Даниил Владимирович – студент Гродненского государственного университета им. Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь, e-mail: daniillatosh585@gmail.com

М.Д. Микула

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА**

Анализ материалов является одной из ключевых областей научных исследований, промышленной практики и медицины. С развитием технологий методы анализа становятся всё более разнообразными и усовершенствованными, что позволяет учёным и специалистам получать более точные и полезные данные. Одним из таких методов, заслуживающих особого внимания, является рентгенофлуоресцентный анализ или рентгенофлуоресцентная спектрометрия. Данная статья представляет из себя набор наиболее подходящих инструментов и технологий для создания программного обеспечения, которое позволит хранить, редактировать и статистически анализировать результаты рентгенофлуоресцентного анализа, полученные путем обработки программой ElvaX 2.4.

Ключевые слова: база данных, ORM-библиотека, шаблон MVVC, система управления базами данных, рентгенофлуоресцентный анализ волос.

M.D. Mikula

Grodno State University named after Yanka Kupala, Grodno

**THE USE OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES
IN THE DESIGN OF SOFTWARE FOR PROCESSING
X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS DATA**

Materials analysis is one of the key areas of scientific research, industrial practice, and medicine. With the development of technology, analysis methods are becoming more diverse and improved, which allows scientists and specialists to obtain more accurate and useful data. One such method that deserves special attention is X-ray fluorescence analysis or X-ray fluorescence spectrometry. This article presents a set of the most suitable tools and technologies for creating software that will allow you to store, edit and statistically analyze the results of X-ray fluorescence analysis obtained by processing with the ElvaX 2.4 program.

Keywords: database, ORM library, MVVC template, database management system, X-ray fluorescence analysis of hair.

Необходимость создания нового программного обеспечения обусловлена устаревшим форматом экспортируемых данных из программы ElvaX 2.4. Помехи в работе может создавать ограниченность текущего формата по его рекомендуемым размерам, выход за пределы которого влечет за собой последствия начиная от простейшей нестабильной работой, заканчивая искажением данных. Обособленность же существующих данных негативно сказывается на удобстве анализа и изучения результатов. Всё это создаёт значительные трудности при попытках статистического анализа результатов, создании выборок по определённым параметрам и экспорте данных в другие форматы.

Необходимо подобрать инструментарий для переноса экспортируемых данных из программы ElvaX 2.4 на более современные и удобные для использования аналоги, а также определить программный фундамент для будущего приложения, которое обеспечит пользователю максимальную свободу и гибкость в работе с результатами рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

Рентгенофлуоресцентная спектрометрия (РФС) является одним из наиболее эффективных методов анализа, позволяющих быстро и достаточно точно получить наиболее полную и достоверную информацию об элементном составе сложных образцов независимо от их агрегатного состояния и происхождения. Этот метод позволяет одновременно определять более 80 химических элементов таблицы Менделеева [1].

DBF файлы в контексте ElvaX представляют из себя базы данных, содержащие непосредственную информацию об образцах волос, их элементный анализ; информация о владельце образца: информация о месте проживания, дата проведения анализа, дата рождения, пол, фамилия, имя, отчество, паспортный номер, идентификационный номер в базе данных и т.д.

DBF (Data Base File) – формат хранения данных, используемый в качестве одного из стандартных способов хранения информации в системах управления базами данных [2].

Первоначально DBF формат использовался системами управления базами данных dBASE для хранения таблиц данных, а затем был принят аналогичными пакетами СУБД. Данный формат файла привлекал внимание сочетанием простой структуры и поддержкой типов данных, подходящих для использования в бизнесе. Он лучше всего подходил

для данных с фиксированным полем. По тем же причинам он был принят разработчиками специализированного программного обеспечения как простой формат для хранения таблиц с фиксированными полями текстовых и числовых данных [2].

Формат DBF также имеет определенные недостатки.

Создан давно и не включает многие функции и возможности, доступные в современных системах управления базами данных.

Есть ограничения по размеру и количеству полей в таблице, что может усложнить работу с большими объемами данных или таблицами с большим числом полей.

Поддерживает ограниченный набор типов данных, что иногда требует использования альтернативных методов хранения сложных или специфических типов данных.

Не является оптимальным с точки зрения использования памяти, особенно при работе с большими объемами данных. Это может привести к увеличению кода, а также потребности в масштабировании и оптимизации приложений для работы с файлами DBF.

Приложения, использующие формат DBF, могут столкнуться со сложностями в масштабировании при увеличении объема или нужде в обработке высокоскоростных данных.

Формат DBF подходит для простых приложений и небольших объемов данных, однако может быть недостаточным для более сложных и расширяемых приложений.

Для переноса существующей информации из DBF файлов необходимо создать фундамент для построения новой базы данных, куда будет автоматически импортироваться информация из существующих DBF файлов. Замена должна представлять из себя современный и более совместимый с новыми программными и аппаратными конфигурациями аналог, а для её проектирования требуется подходящая система управления базами данных.

В качестве языка программирования выбран C#, так как приложение разрабатывается под операционную систему Windows. .NET и C# предоставляют широкий функционал для написания приложений под Windows, а объектно-ориентированный подход позволяет представлять части приложения как объекты (например, объект изображения или объект результатов эксперимента). Автоматическое управление

памятью и сборка мусора в C# позволяют не беспокоиться о проблемах утечек памяти [3].

Одна из проблем использования языков объектно-ориентированного программирования (ООП) и баз данных в сложности их согласования между собой. Знание языка структурированных запросов (SQL) и умение писать запросы позволяют взаимодействовать с базой данных (БД) напрямую. Но использование «чистого» SQL может занять довольно много времени, предъявляя повышенные требования к навыкам специалиста. Для упрощения этой задачи необходимо использовать ORM-библиотеку.

Определившись с выбором СУБД и ORM-библиотеки, можно приступить к выбору шаблона разработки, языка программирования, на котором программа будет написана, и определиться с реализацией фронтенд части программы (её интерфейса).

Немалую роль играет проектирование и создание пользовательского интерфейса, так как именно он определяет, насколько легко и удобно будет пользоваться программой. Пользовательский интерфейс представляет собой совокупность используемых в программе средств ввода данных, способов отображения информации и элементов управления. Эффективность работы программного продукта определяется не только его функциональными возможностями, но и доступностью этих возможностей. Поэтому создание интуитивно понятного дружественного интерфейса является важной задачей при разработке программного продукта [3, 4]. Начать разработку интерфейса стоит с создания вайрфрейма.

Wireframes имеют ограниченные визуальные характеристики, поскольку большинство элементов дизайна не включены в этот инструмент. Вместо конкретных элементов дизайнеры используют заполнители. Этот прием имеет важное значение – заполнители объектов и серая палитра помогают сосредоточиться на макете и структуре страницы, а не на визуальных аспектах дизайна [5].

После создания вайрфрейма можно приступить к разметке. WPF позволяет разрабатывать приложения, используя как разметку, так и код программной части, что привычно для разработчиков на ASP.NET. Разметка XAML обычно используется для определения внешнего вида приложения, а управляемые языки программирования (код программной части) – для реализации его поведения [6].

XAML – это язык разметки на основе XML, который служит для определения внешнего вида приложения в декларативной форме.

Обычно он используется для определения окон, страниц и пользовательских элементов управления, а также их заполнения элементами управления, фигурами и графическими элементами [6].

В листинге прилагается код разметки для воссоздания вайрфрейма как части проекта, а сам полученный графический интерфейс пользователя можно увидеть на рисунке.

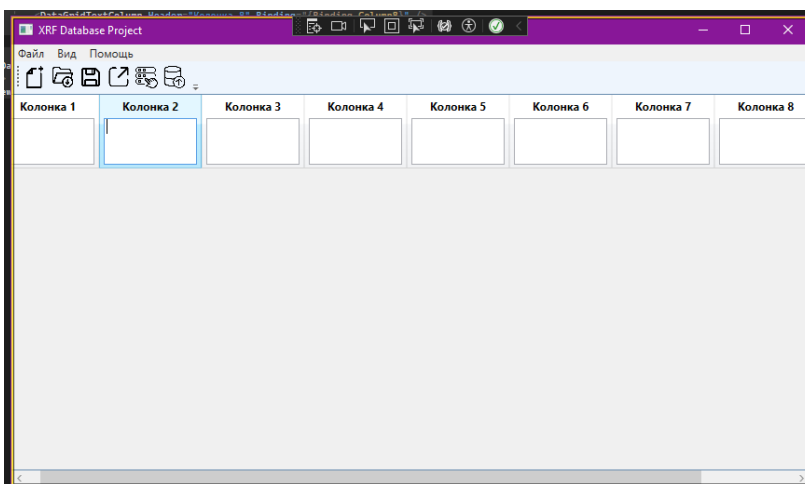


Рис. Скриншот реализованного в WPF интерфейса

Листинг. Разметка на языке XAML

```
<Window x:Class="RFA_Project.MainWindow"
```

```
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml  
/presentation"
```

```
xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xa  
ml"
```

```
xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/bl  
end/2008"
```

```

xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-
compatibility/2006"
    xmlns:local="clr-namespace:RFA_Project"
    mc:Ignorable="d"
    Title="XRF Database Project"
Height="450" Width="800">
    <DockPanel>

        <!-- Верхнее меню -->
        <Menu DockPanel.Dock="Top">
            <MenuItem Header="Файл">
                <MenuItem Header="Новый пресет"
/>
                <MenuItem Header="Открыть пре-
сет" />
                <MenuItem Header="Сохранить" />
                <MenuItem
Header="Экспортировать" />
                <Separator />
                <MenuItem Header="Выход" />
            </MenuItem>
            <MenuItem Header="Вид">
                <MenuItem Header="Настройки" />
            </MenuItem>
            <MenuItem Header="Помощь">
                <MenuItem Header="О программе"
/>
            </MenuItem>
        </Menu>

        <!-- Панель инструментов -->
        <ToolBarTray DockPanel.Dock="Top">
            <ToolBar>
                <Button ToolTip="Новый пресет"
RenderTransformOrigin="0.5,0.5">

```

```

        <Image Source="/new.png"
Width="24" Height="24" />
    </Button>
    <Button ToolTip="Открыть
препет" HorizontalAlignment="Center">
        <Image Source="/open.png"
Width="24" Height="24" />
    </Button>
    <Button ToolTip="Сохранить">
        <Image Source="/save.png"
Width="24" Height="24" HorizontalAlignment="Center"
VerticalAlignment="Center" />
    </Button>
    <Button
ToolTip="Экспортировать">
        <Image Source="/export.png"
Width="24" Height="24" />
    </Button>
    <Button ToolTip="Выбрать отоб-
ражаемые колонки">
        <Image Source="/choose.png"
Width="24" Height="24" />
    </Button>
    <Button ToolTip="Загрузить фай-
лы баз данных">
        <Image Source="/load.png"
Width="24" Height="24" />
    </Button>
</ToolBar>
</ToolBarTray>

<!-- Рабочая среда -->
<ScrollView HorizontalScrollBarVisi-
bility="Auto" VerticalScrollBarVisibility="Auto">
    <Grid>

```

```

        <DataGrid Name="DataGridView"
AutoGenerateColumns="False" HeadersVisibility="All"
CanUserAddRows="False">
            <DataGrid.Resources>
                <Style Target-
Type="DataGridColumnHeader">
                    <Setter Proper-
ty="ContentTemplate">
                        <Setter.Value>
                            <DataTem-
plate>
                                <Stack-
Panel>
                                    <!--
- Заголовок столбца -->
<TextBlock Text="{Binding}" FontWeight="Bold" Hori-
zontalAlignment="Center" />
                                    <!--
- Строка поиска -->
<TextBox Width="100" Height="50" Margin="0,5,0,0"
Tag="{Binding}"
TextChanged="SearchTextBox_TextChanged" />
                                </StackPanel>
                                </DataTemplate>
                            </Setter.Value>
                        </Setter>
                    </Style>
                </DataGrid.Resources>
                <DataGrid.Columns>
                    <DataGridTextColumn
Header="Колонка 1" Binding="{Binding Column1}" />

```

```

                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 2" Binding="{Binding Column2}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 3" Binding="{Binding Column3}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 4" Binding="{Binding Column4}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 5" Binding="{Binding Column5}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 6" Binding="{Binding Column6}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 7" Binding="{Binding Column7}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 8" Binding="{Binding Column8}" />
                                <DataGridTextColumn
Header="Колонка 9" Binding="{Binding Column9}" />
                                </DataGrid.Columns>
                            </DataGrid>
                        </Grid>
                    </ScrollView>
                </DockPanel>
            </Window>

```

Далее остается создать остальные элементы программы начиная от создания логики, заканчивая добавлением в текущий интерфейс новых элементов, по необходимости. Например, расширить панель инструментов, если работникам лаборатории понадобятся новые возможности.

Библиографический список

1. Черноруков Н.Г. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа: электронное учебно-метод. пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 57 с.
2. Bachmann E. Xbase (& dBASE) File Format Description [Электронный ресурс] / Erik Bachmann Clickety Click Software, – 2010. – URL: <https://www.clicketyclick.dk/databases/xbase/format/index.html> (дата обращения: 26.05.2024).

3. C# documentation [Электронный ресурс] / Microsoft – 2024. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/> (дата обращения: 26.05.2024).

4. Анализ пользовательского интерфейса сотрудника и внедрение на официальном сайте КФУ: ВКР. – Казанский (Приволжский) федеральный университет. – 2019. – 56 с.

5. Practicum. Что такое вайрфреймы [Электронный ресурс] / АНО ДПО «Образовательные технологии Яндекса». – 2023. – URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-vajrfrejmy/> (дата обращения: 12.11.2024).

6. Руководство по классическим приложениям (WPF .NET) [Электронный ресурс] / Microsoft. – 2024. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/wpf/overview/?view=netdesktop-9.0> (дата обращения: 12.11.2024).

Сведения об авторе

Микула Максим Дмитриевич – студент Гродненского государственного университета им. Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь, e-mail: mikmax.2003@gmail.com

**И.А. Шмидт, Д.Р. Жуков, Д.Ю. Лузянин,
И.А. Попов, А.Ю. Тимков**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ДОКУМЕНТООРИЕНТИРОВАННЫХ БАЗ ДАННЫХ
ПРИ РАБОТЕ С МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМИ
ПРИЛОЖЕНИЯМИ**

В статье поднимается проблема обеспечения высокоэффективного многопользовательского доступа к данным, хранящимся в документо ориентированных базах данных. Рассматриваются подходы к проектированию архитектуры систем, обеспечивающих хранение данных, а также возможности оптимизации производительности систем при работе с комплексными данными больших объемов. Приведена архитектура системы хранения и обработки данных с многопользовательским доступом, основанная на документоориентированной базе данных MongoDB.

Ключевые слова: оптимизация, быстродействие, масштабирование, архитектура, база данных, СУБД, кластер, документоориентированная база данных.

**I.A. Shmidt, D.R. Zhukov, D.Yu. Luzyanin,
I.A. Popov, A.Yu. Timkov**

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**DOCUMENT-ORIENTED DATABASES PERFORMANCE
OPTIMIZATION IN MULTI-USER APPLICATIONS**

The article raises the problem of providing highly efficient multiuser access to data stored in document-oriented databases. Approaches to designing the architecture of systems that provide data storage as well as the possibilities of optimizing the performance of systems when working with complex data of large volumes are considered. The architecture of multiuser access storage system based on document-oriented MongoDB database is presented.

Keywords: optimization, performance, scaling, architecture, database, DBMS, cluster, document-oriented database.

Современные технологические установки, используемые в промышленности, представляют собой комплекс продвинутых инженерных решений. Разработка такого комплекса в условиях постоянного

развития технологии производства требует значительных затрат, поэтому для достижения наибольшей эффективности его использования, экономичности и безопасности проводят множество разнонаправленных испытаний на специализированных технических системах – испытательных стендах [1].

Такие системы в процессе эксплуатации генерируют большие объёмы временных рядов. Полученные таким образом данные необходимо собирать, хранить, анализировать с целью повышения эффективности производства, повышения качества производимой продукции и оптимизации технологических процессов. Для повышения эффективности работы с собранными данными зачастую используются системы управления базами данных (СУБД), предоставляющие оптимизированные механизмы хранения, чтения и записи данных, хранящихся в базах данных (БД), размер которых может достигать значений более 10 терабайт [2].

Современные СУБД при установке по умолчанию предлагают вариант с локальным развертыванием БД, который не требует больших финансовых, материальных и человеческих ресурсов. Данный вариант, когда БД располагаются на одной обособленной рабочей станции, лежит в основе локальной архитектуры, представленной на рис. 1.

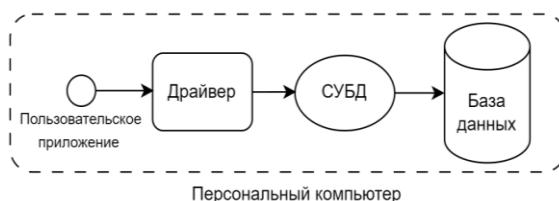


Рис. 1. Локальная архитектура

Такая архитектура хорошо подходит только на начальных этапах работы, когда объем хранимой информации невелик, а количество сотрудников, работающих с этими данными, исчисляется единицами. Однако при появлении необходимости использования БД несколькими пользователями возникает проблема невозможности организации совместного доступа к хранимым данным, из-за чего неизбежно снижается производительность труда. Для решения данной проблемы существуют другие виды архитектур, среди которых следует выделить централизованную архитектуру [3], представленную на рис. 2.

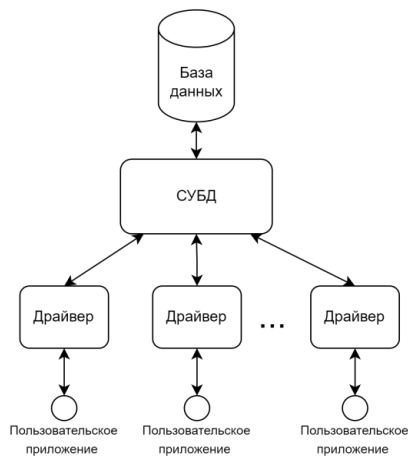


Рис. 2. Централизованная архитектура

Централизованная архитектура предоставляет пользователям возможность работать параллельно с одной БД, однако сам сервер СУБД по-прежнему работает в последовательном режиме, обрабатывая запросы пользователей по очереди.

Для централизованной архитектуры в работах [4, 5] была разработана и оптимизирована структура хранения данных. Разработанная структура основана на документоориентированной базе данных MongoDB. Она обеспечивает наибольшую производительность в операциях чтения и записи временных рядов стендовых испытаний как реляционных, так и нереляционных (NoSQL) баз данных [6].

Однако с увеличением нагрузки на БД, возникающей при увеличении количества пользователей системы, производительность труда снижается из-за возникновения «очередей», когда множество пользователей одновременно отправляют запросы на получение или изменение данных. В результате возникает проблема, что каждый пользователь будет вынужден дожидаться, пока СУБД обрабатывает все запросы в очереди, прежде чем сможет получить или изменить необходимые ему данные.

Решение данной проблемы неизбежно приводит к необходимости масштабирования, т.е. повышению производительности вычислительных ресурсов сервера, используемых для хранения и обработки данных. Масштабирование БД можно разделить на два основных вида: вертикальное и горизонтальное [7].

Вертикальное масштабирование заключается в повышении мощности сервера БД за счёт аппаратного улучшения оперативной и постоянной памяти, а также центрального процессора. Однако такое улучшение возможно производить лишь до некоторой степени, определяемой аппаратными ограничениями сервера, что приводит к тому, что с ростом объёма хранимых данных вертикальное масштабирование станет невозможным. В таком случае необходимо прибегнуть к горизонтальному масштабированию. Горизонтальное масштабирование предполагает не улучшение технических характеристик использующихся серверов, а добавление новых для распределения данных и вычислительной нагрузки. При горизонтальном масштабировании формируется некоторая единая распределенная система, позволяющая хранить большие объёмы данных. Такая система называется кластером. Использование кластеров в условиях повсеместной цифровизации, увеличения объёма и усложнения структуры данных в контексте понятия BigData, является наиболее эффективным с точки зрения повышения производительности при росте объёма хранимых данных.

Необходимость высокоэффективного многопользовательского доступа к данным, хранящимся в БД, требует организации кластера с функциями шардирования и реплицирования данных. Шардирование обеспечивает разделение входных данных по ключу хэширования между элементами кластера с целью разделения нагрузки. Распределенная архитектура кластера с шардированием представлена на рис. 3, а.

Основным компонентом кластера является маршрутизатор запросов. Он принимает пользовательский запрос и на его основе строит запросы к серверам для хранения данных, т.е. шардам. Для этого он обращается к серверам конфигурации соответствующего сервера для хранения данных. Серверы конфигурации владеют информацией о том, какая часть данных из общего объёма находится на соответствующем сервере шарда, которую запрашивает маршрутизатор, а затем обращается к шардам для получения необходимых данных при их наличии.

Таким образом, маршрутизатор запросов параллельно отправляет пользовательские запросы на все серверы для хранения и обработки данных и также параллельно получает ответы от серверов, хранящих данные, после чего формирует окончательный ответ, который направляется запросившему его пользователю. В результате кластер с шардированием за счет параллельной обработки запросов позволяет повысить производительность системы и снизить нагрузку на отдельно взя-

тый сервер за счет распределения операций между серверами, входящими в кластер. Однако такой подход не позволяет гарантировать сохранность данных в случае сбоя на одном из серверов.

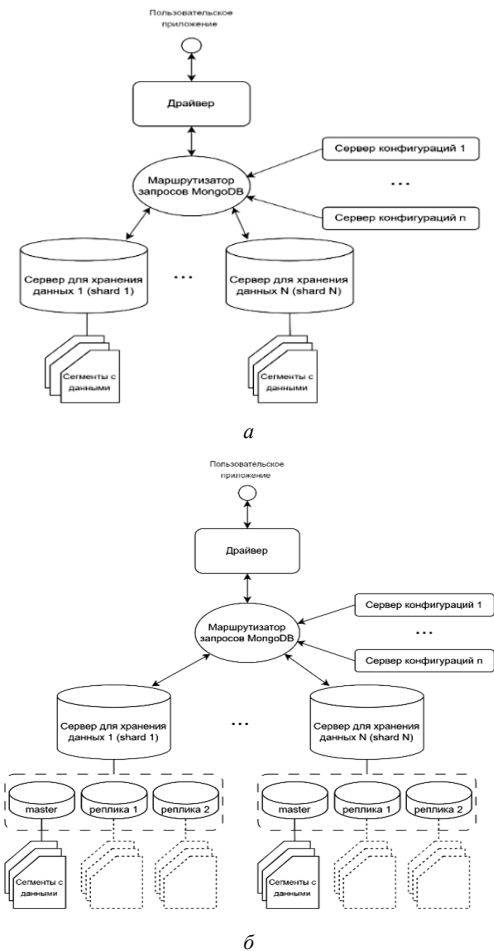


Рис. 3. Распределенная архитектура кластера MongoDB с шардированием (а) и репликацией (б)

При необходимости защиты от потери данных кластер предоставляет функционал для повышения надёжности хранения данных. Такая надёжность достигается за счёт механизма реплицирования, который заключа-

ется в том, что каждый сервер, подключенный к системе хранения, дублирует в полном объеме хранящиеся на нём данные с помощью реплик, т.е. копий. Их наличие обеспечивает бесперебойность работы и простоту восстановления системы хранения при возможных сбоях. Кластер с репликацией имеет структуру, представленную на рис. 3, б. Данная структура обладает следующими аспектами, необходимыми для высокоэффективного многопользовательского доступа к данным в БД:

- возможностью вертикального масштабирования каждого сервера кластера;

- распределением данных между шардами. Поскольку данные распределяются по шардам случайным образом, при чтении данных с большой долей вероятности чтение будет осуществляться параллельно с нескольких шардов;

- возможностью кэширования данных. Размер кэша зависит от суммарного размера оперативной памяти кластера;

- обработкой пользовательских запросов непосредственно на кластере.

В результате в данной статье были рассмотрены проблемы обеспечения эффективного многопользовательского доступа к большим объемам данных, генерируемых современными технологическими установками.

Для решения описанных в статье проблем были проанализированы различные архитектурные решения и показаны их ограничения при возрастающей нагрузке. На примере централизованной архитектуры была предложена система хранения с шардированием и репликацией данных на базе документоориентированной СУБД MongoDB для решения задач масштабируемости и обеспечения отказоустойчивости.

Предложенный подход, основанный на распределении данных и параллельной обработке запросов, позволяет значительно повысить производительность системы и обеспечить надежное хранение информации в условиях работы с большими объемами данных, характерными для современных промышленных систем.

Библиографический список

1. Способ испытаний авиационного газотурбинного двигателя: пат. RU 2746378 C1 РФ / Медяков О., Новиков А., Ямщикова О. – N11 2019141285 заявлено 13.12.2019.

2. Сисюков А.Н. Проблематика Big Data в инфраструктуре уровня предприятия // Наука, техника и образование. – 2017. – № 4 (34). – С. 47–50.

3. Осипов Д.Л. Технологии проектирования баз данных. Технологии проектирования, разработки и внедрения баз данных в информационную систему предприятия. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 498 с.

4. Структура хранения временных рядов в документоориентированных базах данных / И.А. Шмидт, Д.Р. Жуков, А.Ю. Тимков, И.А. Попов, Д.Ю. Лузянин // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф.; Пермь, 07–09 июня 2023 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исследов. политехн. ун-та, 2023. – С. 424–432.

5. Шмидт И.А., Попов А.П. Разработка оптимального метода хранения временных рядов в документо-ориентированной базе данных // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – С. 233–238.

6. Иванов П.В., Шмидт И.А. Сравнение моделей хранения временных рядов // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2022. – Т. 1. – С. 186–193.

7. Стин ван М., Таненбаум Э.С. Распределенные системы / пер. с англ. В.А. Яроцкого. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 584 с.

Сведения об авторах

Шмидт Игорь Альбертович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: shmidt@msa.pstu.ru

Жуков Дмитрий Романович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-24-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: dimonzhukov1503@gmail.com

Лузянин Даниил Юрьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-24-16. Пермь, e-mail: deducshkindanluz@yandex.ru

Попов Илья Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-24-16. Пермь, Российская Федерация, e-mail: ilya.popov2801@mail.ru

Тимков Антон Юрьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-24-16. Пермь, Российская Федерация, e-mail: antontimkov2002@mail.ru

Г.А. Килин, И.А. Пашков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

В статье рассматривается процесс разработки программного комплекса для визуальной дефектоскопии электрических проводов и кабелей в виде мобильного приложения на платформе Android, созданного на языке Kotlin в среде Android Studio. Описан процесс интеграции предобученных искусственных нейронных сетей для анализа изображений. Показаны ключевые этапы разработки, включая обработку изображений, тестирование модели и примеры интерфейса приложения. Итогом работы является MVP-приложение «Visual Defect Finder», выявляющее повреждения проводов и отображающее результаты диагностики на экране.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, искусственный интеллект, предобучение, нейросетевые модели, визуальная дефектоскопия, диагностика, электрические провода, электрические сети, мобильное приложение.

G.A. Kilin, I.A. Pashkov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DEVELOPMENT PROGRAM COMPLEX FOR VISUAL DEFECTOSCOPY OF ELECTRIC WIRES AND CABLES

The article deals with the process of developing a software system for visual flaw detection of electrical wires and cables in the form of a mobile application on the Android platform, created in the Kotlin language in the Android Studio environment. The process of integration of pre-trained artificial neural networks (ANN) for image analysis is described. Key development steps are shown, including image processing, model testing, and examples of the application interface. The result of the work is the MVP application “Visual Defect Finder”, which detects wire faults and displaying the diagnostic results on the screen.

Keywords: artificial neural network, artificial intelligence, pre-learning, neural network models, visual flaw detection, diagnostics, electrical wires, electrical network, mobile application.

Постановка проблемы. Надежность работы электрических проводов и кабелей напрямую влияет на безопасность эксплуатации электроустановок и стабильность функционирования электрических сетей. Механические повреждения, коррозия, износ изоляционного слоя могут стать причиной аварийных ситуаций, коротких замыканий, пожаров и других серьезных последствий. Поэтому своевременное выявление таких дефектов является важной задачей для предотвращения аварий и обеспечения надежности электрических систем.

Одним из неразрушающих методов диагностики является визуальная дефектоскопия. Однако традиционные методы визуального осмотра имеют ряд недостатков [1]: высокие временные и трудовые затраты, необходимость высококвалифицированного персонала, а также субъективность оценки. Кроме того, в ряде случаев осмотр невозможен из-за труднодоступного расположения проводов, что дополнительно усложняет процесс диагностики.

Решение проблемы. Современные достижения искусственного интеллекта, в частности искусственные нейронные сети (далее ИНС) [2], предлагают эффективное решение этих проблем. Нейросетевые модели способны объективно анализировать изображения электрических проводов и кабелей, автоматически выявляя потенциальные дефекты с высокой точностью. Такие системы превосходят человеческие возможности, особенно в задачах автоматизированной обработки больших объемов данных. Интеграция подобных технологий в мобильные приложения позволяет автоматизировать процесс диагностики, устранять человеческий фактор и расширять доступность решения для широкой аудитории пользователей, в том числе и в бытовых задачах.

Реализация. Данное мобильное приложение разрабатывается в среде Android Studio [3] на языке программирования Kotlin [4], который стал официальным языком разработки приложений для Android во всем мире [5].

В качестве ИНС используется предобученная ИНС прямого распространения (рис. 1), содержащая 40 тыс. нейронов во входном слое (перемножение пикселей высоты и ширины изображения 200×200), 50 нейронов в каждом из двух скрытых слоев и 2 нейрона в выходном слое, который выдает результат диагностики на экран приложения («0» или «1» / «нет повреждений» или «есть повреждения»).

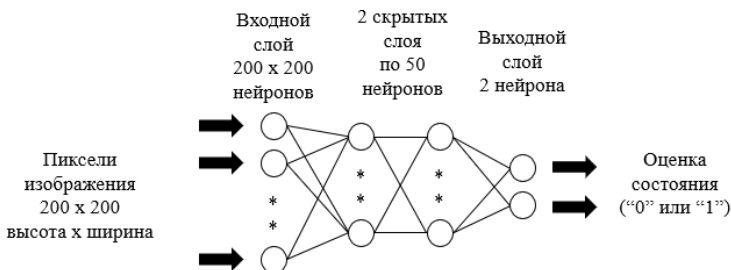


Рис. 1. Схема архитектуры ИНС прямого распространения в мобильном приложении

Стоит отметить, что количество нейронов во входном и скрытых слоях, как и количество их слоев, являются экспериментальными величинами и могут меняться для более точной настройки ИНС и предотвращения перегрузки памяти телефона и зависания приложения. В дальнейшем планируется реализовать удаленный сервер, к которому через API будет обращаться приложение для снижения нагрузки на телефон и увеличения скорости обработки изображений.

Для работы ИНС требуется, чтобы данные на входном слое были представлены в числовом формате в диапазоне от «0» до «1». Поэтому перед подачей изображения на ИНС его необходимо преобразовать в последовательность чисел указанного диапазона. Для этих целей применяется библиотека OpenCV [6] с открытым исходным кодом, которая выполняет изменение размера изображения (до 200×200 пикселей), перекрашивает его в оттенки серого и преобразует в массив пикселей. Затем значения массива нормализуются, чтобы привести их к требуемому диапазону от «0» до «1» (см. листинг 1).

Листинг 1. Метод по обработке изображения с помощью OpenCV

```
private suspend fun preprocessImage (bitmap:
Bitmap): DoubleArray = withCon-
text(Dispatchers.Default) {
    val mat = Mat ()
    try {
        Utils.bitmapToMat(bitmap, mat)
        Imgproc.resize(mat, mat, Size (200.0, 200.0))
        Imgproc.cvtColor(mat, mat,
        Imgproc.COLOR_BGR2GRAY)
```

```

val arr = DoubleArray(mat.rows() * mat.cols())
var max = Double.MIN_VALUE

for (i in 0 until mat.rows()) {
    for (j in 0 until mat.cols()) {
        val pixelValue = mat[i, j][0]
        max = maxOf(max, pixelValue)
        arr[i * mat.cols() + j] = pixelValue
    }
}

for (i in arr.indices) {
    arr[i] /= max
}

return@withContext arr
}
finally {
    mat.release()
}
}

```

Также перед тем, как подавать массив пикселей изображения на ИНС, ее нужно обучить. Результаты исследования показали, что предобученная ИНС примерно в 2 раза быстрее и в 6 раз точнее, чем неподобученная.

Соответственно, в данной работе была использована именно такая ИНС, обученная на изображениях поврежденных и неповрежденных электрических проводов (см. листинг 2).

Листинг 2. Метод по инициализации предобученной ИНС

```

private suspend fun runNeuralNetwork(inputData:
DoubleArray): Int = withCon-
text(Dispatchers.Default){
    val net = Net()
    net.addLayer(LinearLayer(EnumLocation.INNER,
Linear(), DefaultRandomWeightsInitializer(),
40000))

```

```

        net.addLayer(LinearLayer(EnumLocation.HIDDEN,
Linear(),
        DefaultRandomWeightsInitializer(), 50))
        net.addLayer(LinearLayer(EnumLocation.HIDDEN,
Logistic(),
        DefaultRandomWeightsInitializer(), 50))
        net.addLayer(LinearLayer(EnumLocation.OUTPUT,
Logistic(),
        DefaultRandomWeightsInitializer(), 2))

        net.setInput(inputData)
        val output = net.outputs

        return@withContext if (output[0] > output[1]) 0
else 1
    }

```

Далее на экран выводится результат обработки изображения (см. листинг 3).

Листинг 3. Метод по отображению результата работы ИНС

```

private fun displayResult(result: Int) {    val
resultText = if (result == 0) "Нет повреждений"
else "Есть повреждения"    resultTextView.text =
resultText}

```

В коде также использовались корутины [7] – легковесные потоки в языке Kotlin, позволяющие выполнять задачи асинхронно и эффективно управлять ресурсами.

Корутины помогают избежать блокировки основного потока приложения, что особенно важно для задач с высокой вычислительной нагрузкой, таких как обработки изображений и запуск ИНС.

Первоначально приложение зависало после его запуска из-за выполнения ресурсоемких операций в основном потоке. Использование корутин позволило перенести задачи в фоновый поток, обеспечив стабильную работу пользовательского интерфейса.

Результаты. Тестирование приложения проводилось на двух изображениях проводов (рис. 2, 3).



Рис. 2. Провод с видимыми повреждениями
(URL: <https://universe.roboflow.com/school-pxy7q/broken-normal-wire>)



Рис. 3. Провод без видимых повреждений
(URL: <https://universe.roboflow.com/pipescount/defect-sx92z>)

В результате разработанное мобильное приложение успешно выполняет основные функции. Приложение стабильно запускается без зависаний. Пользователь может загружать изображения для анализа как через галерею телефона, так и с помощью встроенной функции фотографирования. После загрузки изображения выполняется его обработка, запуск ИНС и отображение результата на экране: «есть повреждения» или «нет повреждений» (рис. 4).

Однако для достижения высокой точности и эффективности работы приложение требует дальнейшей доработки.

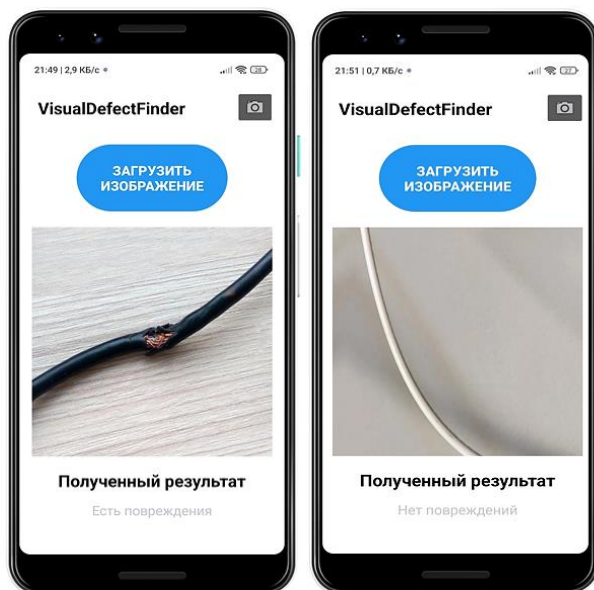


Рис. 4. Интерфейс приложения с результатами диагностики

Закключение. Разработанное приложение демонстрирует потенциал автоматизированной визуальной дефектоскопии проводов и кабелей на базе мобильной платформы Android. Использование предобученной ИНС и библиотеки OpenCV позволило реализовать функционал анализа изображений непосредственно на устройстве без необходимости подключения к Интернету, что делает решение удобным и автономным для пользователей. При этом для работы с более тяжелыми моделями нейронных сетей возможно добавление функционала с использованием облачных технологий через доступ к Интернету.

Внедрение таких решений открывает перспективы повышения надежности электроустановок и сетей за счет доступной диагностики состояния проводов и кабелей. Предложенный подход может быть использован в дальнейшем для создания более сложных и функциональных систем визуального контроля.

Библиографический список

1. Методы неразрушающего контроля материалов / Д.Е. Молочников, Р.Ш. Халимов, С.А. Яковлев [и др.] // Теория и практика современной аграрной науки: сб. IV Национальной (Всерос.) науч. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 26 февраля 2021 г. / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Изд. центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2021. – С. 521–524.
2. Charu C. Aggarwal. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook / Springer Nature. – 2023. – P. 529.
3. Android. Программирование для профессионалов / Б. Филлипс, К. Стюарт, К. Марсикано, Б. Гарднер. – 4-е изд. – СПб.: Питер – 2021. – С. 1070.
4. Kotlin. Programming Language [Электронный ресурс]. – URL: <https://kotlinlang.org/> (дата обращения: 20.11.2024).
5. Designveloper. Top 10 Best Android App Development Language for 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.designveloper.com/blog/android-app-development-languages/> (дата обращения: 21.11.2024).
6. OpenCV [Электронный ресурс]. – URL: <https://opencv.org/> (дата обращения: 23.11.2024).
7. Metanit.com. Корутини. Введение в корутини [Электронный ресурс]. – URL: <https://metanit.com/kotlin/tutorial/8.1.php> (дата обращения: 25.11.2024).

Сведения об авторах

Килин Григорий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: thisisforasm@rambler.ru

Пашков Иван Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭМ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ivanpashkov1999@gmail.com

Д.Г. Логинов, С.Ф. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ FPGA НА ОСНОВЕ КОНЪЮНКТИВНОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Непрерывное увеличение числа программируемых логических интегральных схем в цифровых устройствах и вычислительных системах, в том числе типа Field-Programmable Gate Array (FPGA), основанных на реализации совершенной дизъюнктивной нормальной формы в логических элементах Look-Up Table, активизирует исследования по их постоянному совершенствованию. Однако с середины 80-х гг. XX в. структура LUT, построенного в виде дерева передающих транзисторов, практически не изменялась. В статье исследуются возможности реализации программирования функций на основе альтернативной совершенной конъюнктивной нормальной формы.

Ключевые слова: программируемые логические интегральные схемы, FPGA, LUT, передающие транзисторы, логическая функция, совершенная дизъюнктивная нормальная форма, совершенная конъюнктивная нормальная форма.

D.G. Loginov, S.F. Tyurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

THE LOGIC ELEMENT OF PROGRAMMABLE LOGICAL INTEGRATED CIRCUITS FPGA BASED ON CONJUNCTIVE NORMAL FORM

The continuous increase in the number of programmable logic integrated circuits in digital devices and computing systems, including the Field-Programmable Gate Array (FPGA) type, based on the implementation of a perfect disjunctive normal form in logical elements of the Look-Up Table activates research on their continuous improvement. However, since the mid-80s of the twentieth century, the structure of the LUT, built in the form of a tree of transmitting transistors, has practically not changed. The article explores the possibilities of implementing function programming based on an alternative perfect conjunctive normal form.

Keywords: programmable logic integrated circuits, FPGA, LUT, transmission transistors, logic function, perfect disjunctive normal form, perfect conjunctive normal form.

В настоящее время программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) [1, 2] по своим характеристикам все чаще составляют альтернативу не только менее быстродействующим микроконтроллерам и процессорам, но и более эффективным, но дорогим так называемым заказным микросхемам типа ASIC (Application-Specific Integrated Circuit). В том числе в таких областях критического применения, как системы навигации, управления технологическим оборудованием, автоматике, электроснабжения, автоматизированного управления и контроля температурно-влажностного режима, в бортовых цифровых вычислительных комплексах и пр. При этом осуществляется настройка логических функций LUT и настройка связей [1–3]. LUT на одну переменную A , содержащий два передающих транзистора $\text{—}\square\text{—}$ и пять инверторов $\text{—}\triangle\text{—}$, изображен на рис. 1.

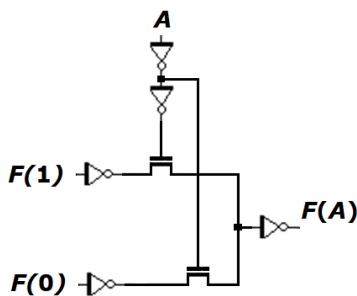


Рис. 1. 1-LUT на одну переменную A ;
 $F(1)$, $F(0)$ – настройка (биты конфигурации
логической функции $F(A)$)

Инверторы необходимы для восстановления логического уровня сигналов конфигурации $F(1)$, $F(0)$ и входной переменной A , проходящих через матрицы локальных и глобальных связей. Настройки $F(1)$, $F(0)$ записываются в конфигурационную память (оперативную или флэш) при создании проекта пользователями. Например, для реализации отрицания или инверсии (инвертора) $F(1) = 0$, $F(0) = 1$. Схема на рис. 1 реализует выражение (1):

$$F(A) = F(0)\bar{A} \vee F(1)A. \quad (1)$$

То есть (1) представляет собой совершенную дизъюнктивную нормальную форму – (СДНФ). Так, для тождественно истинной функции $F(1) = F(0) = 1$, для тождественно ложной $F(1) = F(0) = 0$.

В зависимости от значения переменной A в схеме на рис. 1 активируется только один из передающих транзисторов [4–6], поэтому на входе последнего инвертора всегда имеется либо логическая единица, либо логический ноль. Это можно назвать ортогональностью логических уровней на его входе. Если бы наблюдалось отсутствие одного из двух уровней, то ортогональность в этом случае не сохранялась. Из трех 1-LUT строится 2-LUT на две переменные A, B , B – старшая (рис. 2).

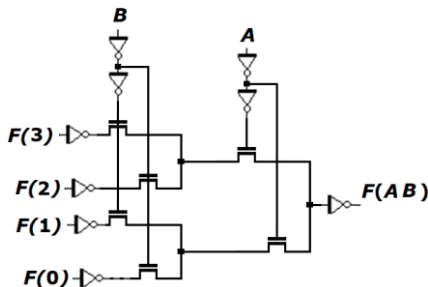


Рис. 2. 2-LUT на две переменных A, B , B – старшая.

$F(3), F(2), F(1), F(0)$ – настройка (биты конфигурации логической функции $F(AB)$)

Так, для реализации конъюнкции A, B $F(3) = 1, F(2) = 0, F(1) = 0, F(0) = 0$, для реализации дизъюнкции A, B $F(3) = 1, F(2) = 1, F(1) = 1, F(0) = 0$, очевидно, что в зависимости от значений переменных A, B в схеме на рис. 2 активируется только одна из четырех ветвей дерева передающих транзисторов, поэтому на входе последнего инвертора всегда имеется либо логическая единица, либо логический ноль.

Получим альтернативное (1) выражение в СКНФ (2):

$$F(A) = [D_1 \vee \bar{A}][D_2 \vee A]. \quad (2)$$

Соответствующая схема показана на рис. 3. Схема на рис. 3 в отличие от схемы рис. 1 может реализовать разрыв (слева направо или наоборот), означающий, что функция ложна ($= 0$), на заданном конфигурацией D значении A . При $D_0 = D_1 = 0$ при любом A , при $D_0 = D_1 = 1$ ни при каком A , при $D_0 = 0, D_1 = 1$ при $A = 0$, при $D_0 = 1, D_1 = 0$ при $A = 1$.

Построим схему, реализующую разрыв для совершенной конъюнктивной нормальной формы (СКНФ) двух переменных. Имеем СКНФ константы нуля:

$$F(AB) = (A \vee B)(\bar{A} \vee B)(A \vee \bar{B})(\bar{A} \vee \bar{B}). \quad (3)$$

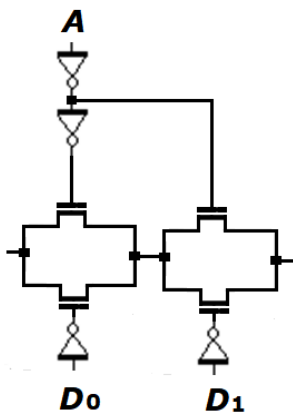


Рис. 3. Схема на основе СКНФ на одну переменную

Преобразуем, уменьшая число букв с восьми до шести:

$$F(AB) = (A \vee B\bar{B})(\bar{A} \vee B\bar{B}). \quad (4)$$

Вводим настройку D :

$$F(AB) = [A \vee (B \vee D_0)(\bar{B} \vee D_1)](\bar{A} \vee (B \vee D_2)(\bar{B} \vee D_3)). \quad (5)$$

Преобразуем:

$$F(AB) = [A \vee (B \vee D_0)(\bar{B} \vee D_1)][\bar{A} \vee (B \vee D_2)(\bar{B} \vee D_3)]. \quad (6)$$

Соответствующая схема показана на рис. 4.

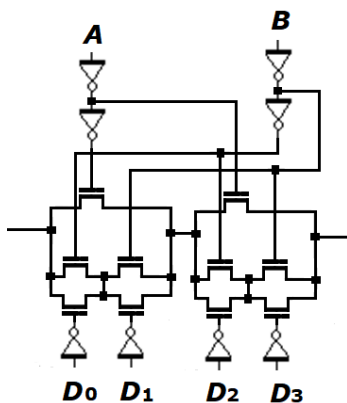


Рис. 4. Схема на основе СКНФ на две переменные

Однако разрыв цепи нарушает так называемую ортогональность сигналов, поэтому необходимо на выходе вводить подтягивающий резистор (40 кОм) так, как, например, указано в моделях, разработанных в системе схемотехнического моделирования Multisim [7] на рис. 5–8.

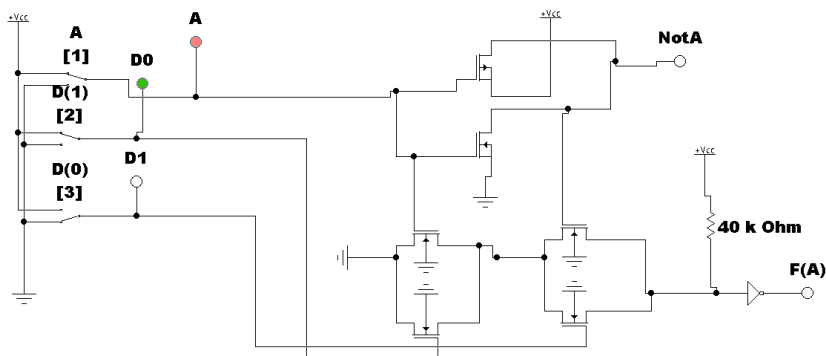


Рис. 5. Моделирование схемы (рис. 3) на основе СКНФ на одну переменную, реализация инверсии переменной A

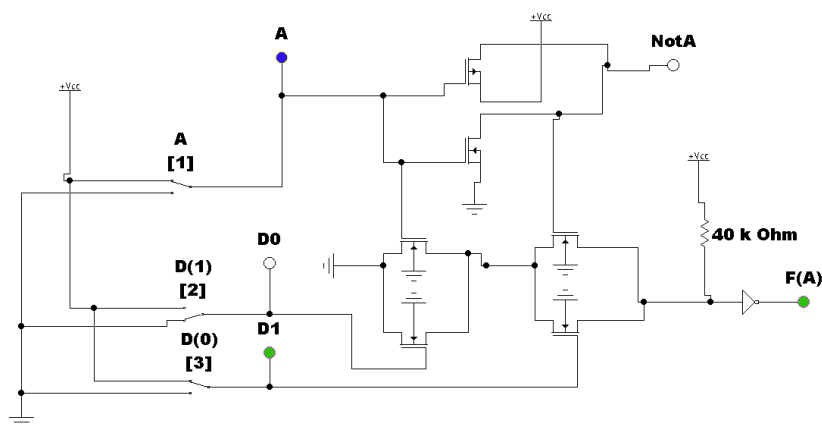


Рис. 6. Моделирование схемы (рис. 3) на основе СКНФ на одну переменную, реализация функции повторения A

Моделирование схемы (рис. 4) на основе СКНФ на две переменных показано на рис. 7, 8.

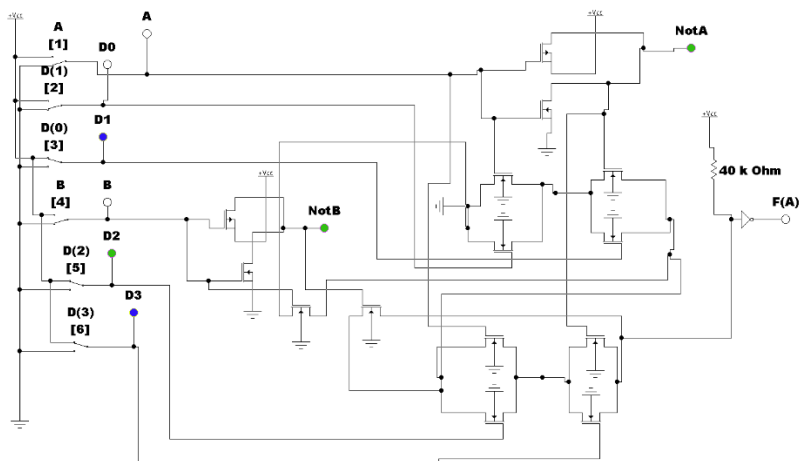


Рис. 7. Моделирование схемы (рис. 4) на основе СКНФ на две переменные, разрыв на дизъюнкции (A или B)

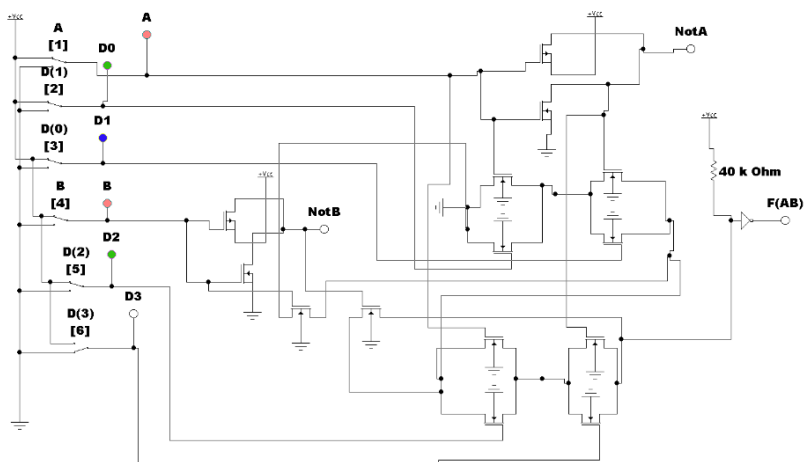


Рис. 8. Моделирование схемы (рис. 4) на основе СКНФ на две переменные, разрыв на дизъюнкции (не A или не B)

Моделирование подтверждает работоспособность предложенных технических решений. В дальнейшем требуется уточнение характеристик схем с использованием топологического моделирования, например, в системе Microwind [8].

Таким образом, предложен новый программируемый логический элемент, который, в отличие от известного, реализует разрыв последовательной цепи передающих транзисторов на заданных наборах переменных. Однако, при этом необходимо использование подтягивающих резисторов. Кроме этого, схема усложняется за счет добавления транзисторов программирования, которых необходимо $2n$. Увеличивается и временная задержка. Тем не менее, такой принцип, возможно, найдет применение в схемах с использованием новых логических элементов на наноуровне, в чем-то подобных релейно-контактным или в оптоэлектронике. Кроме этого, имеется еще одна область предполагаемого применения – квантовые компьютеры [9].

Библиографический список

1. Строгонов А., Цыбин С. Программируемая коммутация ПЛИС: взгляд изнутри [Электронный ресурс] // Компоненты и технологии. – 2010. – № 11. – URL: http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010_11_56.php (дата обращения: 17.11.2022).
2. Строгонов А., Городков П. Современные тенденции развития ПЛИС: от системной интеграции к искусственному интеллекту // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2020. – № 4 (195). – С. 46–56.
3. Danilova E.Y. FPGAs Logic Checking Method by Genetic Algorithms // Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2020. – P. 1787–1790.
4. Vikhorev R. Universal logic cells to implement systems functions // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016. – P. 404–406. DOI: 10.1109/EIConRusNW.2016.7448197
5. Vikhorev R. Improved FPGA logic elements and their simulation // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016. – P. 275–280. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317080
6. Skorniyakova A.Yu., Vikhorev R.V. Self-Timed LUT Layout Simulation. // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2020. – P. 176–179. DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039374
7. National Instruments. – URL: <http://www.ni.com/multisim/> (дата обращения: 05.11.2022).

8. Microwind & Dsch Version 3.5. – URL: <https://www.yumpu.com/en/document/view/40386405/microwind-manual-lite-v35pdf-moodle> (дата обращения: 05.11.2022).

9. Тюрин С.Ф. Логика «бильярдного» компьютера // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 33. – С. 61–77.

Сведения об авторах

Логинов Дмитрий Геннадьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-24-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ib@dmittelog.ru

Тюрин Сергей Феофентович – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru

Д.Г. Логинов, К.И. Каплина, С.Ф. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕНИ В MS EXCEL

Транспортная задача (задача Монжа – Канторовича) – широко известная оптимизационная задача как в теории графов, так и в исследовании операций (теории принятия решений). Однако используемый в дисциплинах Пермского национального исследовательского политехнического университета «Дискретная математика и математическая логика», «Теория графов», «Исследование операций» свободно распространяемый отечественный программный продукт для решений задач на графах GRIN (GGraph INterface) не имеет соответствующего алгоритма. Решение задачи в программе Microsoft Excel возможно с использованием симплекс-метода, но только по критерию стоимости. Предлагается решение по критерию времени в программе Microsoft Excel.

Ключевые слова: транспортная задача, критерий времени, Microsoft Excel.

D.G. Loginov, K.I. Kaplina, S.F. Tyurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

SOLUTION OF TRANSPORTATION PROBLEM BY TIME CRITERION IN MS EXCEL

Transportation problem (the Monge-Kantorovich problem) is a widely known optimization problem in both graph theory and operations research (decision theory). However, the freely distributed domestic software product for solving problems on graphs GRIN (GGraph INterface), used in the Perm National Research Polytechnic University disciplines "Discrete Mathematics and Mathematical Logic", "Graph Theory", "Operations Research", does not have a corresponding algorithm. The solution to the problem in Microsoft Excel is possible using the simplex method, but only by the cost criterion. A solution is proposed by the time criterion in Microsoft Excel.

Keywords: transportation problem, time criterion, Microsoft Excel.

Транспортная задача решается по критерию стоимости (безопасности, надежности), когда минимизируется стоимость (или безопасность, надежность), например, доставки груза (товара, информации и пр.), а также по критерию времени, когда метки дуг графа интерпретируются как показатели времени, при этом минимизируется максимальное время по заданным маршрутам [1]. В учебном процессе ка-

федры «Автоматика и телемеханика» (АТ) Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ), например в дисциплине «Теория графов», используется свободно расширяемый ресурс GRIN (G^Raph I^Nterface) [2], разработанный профессором Виталием Владимировичем Печенкиным (д.с.н., к.ф.-м.н, Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина). В GRIN имеются все основные алгоритмы решения задач на графах, но алгоритма решения транспортной задачи в этой программе нет. Возможно решение транспортной задачи по критерию стоимости в терминах линейного программирования с использованием Microsoft Excel [3, 4]. Однако транспортная задача по критерию времени – это уже не линейная задача. Г.О. Ивановым, в бытность его магистром кафедры АТ предложено решение [5, 6], однако оно характеризуется значительной сложностью, что затрудняет его использование в учебном процессе в рамках одного занятия. Предлагается упрощенное решение, которое можно использовать на занятиях в дисциплинах ПНИПУ «Дискретная математика и математическая логика», «Теория графов», «Исследование операций» и др. При использовании программы GRIN для решения транспортной задачи, например представленной графом на рис. 1, по критерию стоимости итеративно решаем задачу нахождения кратчайшего пути в графе, модифицируя исходный граф (удаляем найденные на каждой итерации кратчайшие пути).

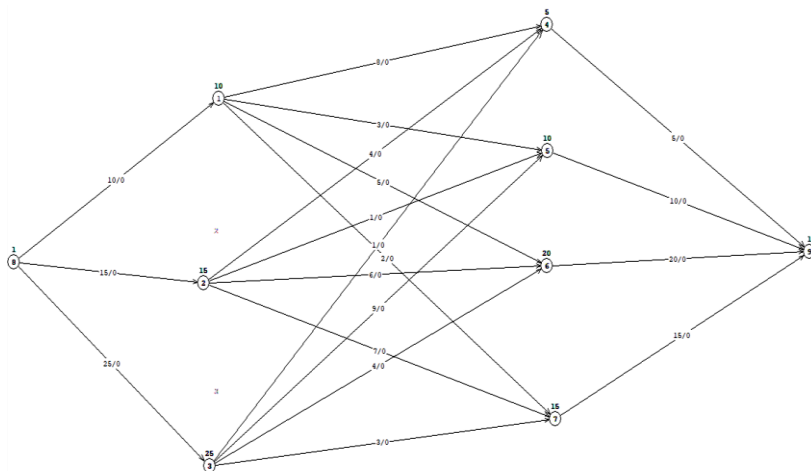


Рис. 1. Исходная транспортная сеть в программе GRIN

После этого, используя решение по критерию стоимости (рис. 2), в котором максимальное время равно шести, итеративно удаляем «долгие» дуги с использованием алгоритма нахождения максимального потока.

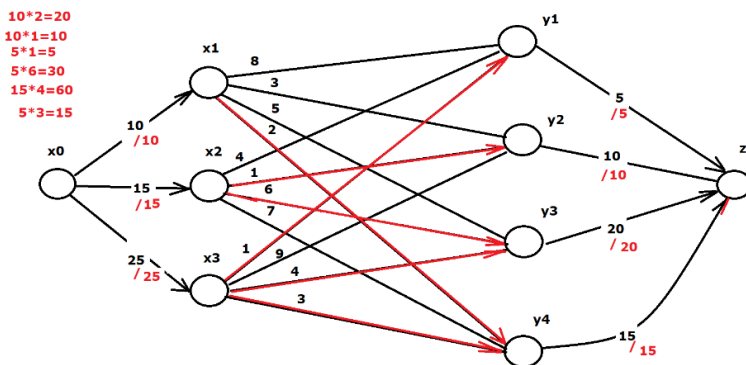


Рис. 2. Решение транспортной задачи по критерию стоимости

Получаем решение, в котором максимальное значение времени равно четырем (рис. 3).

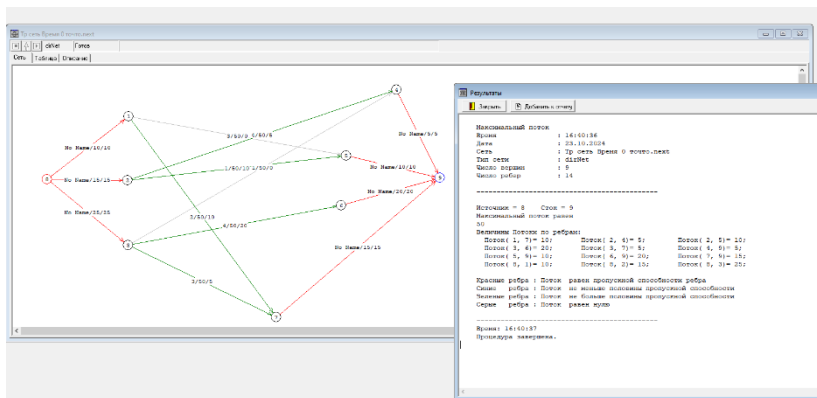


Рис. 3. Решение транспортной задачи по критерию времени в программе GRIN

Аналогичную процедуру (с некоторыми особенностями) предлагается использовать и в Microsoft Excel. На рис. 4 показан результат решения той же задачи симплекс-методом по критерию стоимости.

Попытка введения дополнительных ограничений (минимизации максимального значения в матрице) и использования метода обобщенного приведенного градиента (ОПГ) не удастся. Поэтому далее «нейтрализуем» в матрице значение «9» путем увеличения до «99» (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Тр.Пр.							
2		в1	в2	в3	в4			
3	а1	8	3	5	2			
4	а2	4	1	6	7			
5	а3	1	9	4	3			
6								
7	Реш.	В1	В2	В3	В4		Надо	Факт
8	A1	0	0	0	10		10	10
9	A2	0	10	5	0		15	15
10	A3	5	0	15	5		25	25
11								
12	Надо	5	10	20	15			
13	Факт	5	10	20	15			
14								
15	ЦФ						140	

Рис. 4. Решение в Microsoft Excel по критерию стоимости, максимальное время «6»

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Тр.Пр.							
2		в1	в2	в3	в4			
3	а1	8	3	5	2			
4	а2	4	1	6	7			
5	а3	1	99	4	3			
6								
7	Реш.	В1	В2	В3	В4		Надо	Факт
8	A1	0	0	0	10		10	10
9	A2	0	10	5	0		15	15
10	A3	5	0	15	5		25	25
11								
12	Надо	5	10	20	15			
13	Факт	5	10	20	15			
14								
15	ЦФ						140	

Рис. 5. «Нейтрализуем» значение «9»

Далее «нейтрализуем» в матрице все значения до «6» включительно (рис. 6). Общая стоимость (145) нас пока не интересует.

Получаем то, что надо (см. рис. 3) максимум четыре условных единицы времени (рис. 7). Попытаемся улучшить решение (рис. 6), убирая «4» и «5», но видим, что без значения «4» в соответствующей клетке нельзя (резко увеличивается стоимость). Это означает конец расчетов, решение на рис. 6 улучшить нельзя.

Тр.Пр.	в1	в2	в3	в4			
а1	88	3	5	2			
а2	4	1	66	77			
а3	1	99	4	3			
Реш.	В1	В2	В3	В4		Надо	Факт
А1	0	0	0	10		10	10
А2	5	10	0	0		15	15
А3	0	0	20	5		25	25
Надо	5	10	20	15			
Факт	5	10	20	15			
ЦФ					145		

Рис. 6. Убираем все «большие» времена до «6» включительно

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Тр.Пр.							
2		в1	в2	в3	в4			
3	а1	88	3	55	2			
4	а2	44	1	66	77			
5	а3	1	99	44	3			
6								
7	Реш.	В1	В2	В3	В4		Надо	Факт
8	А1	0	0	0	10		10	10
9	А2	0	10	5	0		15	15
10	А3	5	0	15	5		25	25
11								
12	Надо	5	10	20	15			
13	Факт	5	10	20	15			
14								
15	ЦФ						1040	

Рис. 7. Проверка решения по критерию времени

Таким образом, предложено упрощенное итеративное решение транспортной задачи по критерию времени в Microsoft Excel симплекс методом, которое можно, занимая несколько минут, в отличие от предложенного ранее способа [5, 6] использовать на учебных занятиях, а также при выполнении заданий самостоятельной работы студентов (СРС) и магистров (СРМ).

Библиографический список

1. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб.и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.
2. Free Software on Graph Theory [Электронный ресурс]. – URL: <https://grin-software.net/?ysclid=m4m9eqqzr3371805561> (дата обращения: 12.12.2024).
3. Microsoft Excel [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/excel?market=ru> (дата обращения: 12.12.2024).
4. Тюрин С.Ф. Дискретная математика + математическая логика: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исследов. политех. ун-та, 2020. – 64 с.
5. Иванов Г.О. Транспортная задача. Реализация по критерию времени в программе MS Excel // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2020. – № 4 (51). – С. 51–56.
6. A Method for solution a transportation problem by criterion of Time in MS Excel Based on Optimization of Linear Objective Function of Time / G.O. Ivanov, N.E. Oputin, P.N. Ignatiev, A.A. Utin // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021. – 2021. – P. 912–916.

Сведения об авторах

Логинов Дмитрий Геннадьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-24-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ib@dmitlog.ru

Каплина Каролина Игоревна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-24-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: kaplina@my.com

Тюрин Сергей Феофентович – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru

И.А. Васенин, С.Ф. Тюрин, Д.Я. Ивченко

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ FPGA С КОНФИГУРИРУЕМЫМ КОДИРОВАНИЕМ ПЕРЕМЕННЫХ

Конфигурируемые на заданную функцию логические элементы, называемые Look-Up Table (LUT), в программируемых логических интегральных схемах типа Field-Programmable Gate Array (FPGA) используют позиционное (бинарное) кодирование входных переменных. В то же время в коммутаторах связей FPGA используется унитарное кодирование, когда активен только один бит. В статье предлагается и исследуется элемент с конфигурируемым кодированием переменной, что позволяет унифицировать структуру программируемых логических интегральных схем.

Ключевые слова: программируемые логические интегральные схемы, FPGA, LUT, передающие транзисторы, логическая функция, инверсный унитарный код.

I.A. Vasenin, S.F. Tyurin, D.Ya. Ivchenko

Perm National Research Polytechnic University, Perm

FPGA's LOGIC GATE WITH CONFIGURABLE VARIABLES CODING

Logic elements configured for a given function, called LookUp Table (LUT), in programmable logic integrated circuits such as Field-Programmable Gate Array (FPGA) use positional (binary) encoding of input variables. At the same time, FPGA communication switches use unitary encoding when only one bit is active. The article proposes and explores an element with configurable variable encoding, which makes it possible to unify the structure of programmable logic integrated circuits.

Keywords: programmable logic integrated circuits, FPGA, LUT, transmission transistors, logic function, inverse unitary code.

В настоящее время в программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) [1–6] используются позиционное (бинарное) и унитарное кодирования (encoding) переменных (и/или связей). Позиционное (бинарное) кодирование переменных используется в логических элементах Look-Up Table (LUT). Унитарное кодирование, когда активен (равен единице или нулю) только один бит (в англоязычной литературе unitary code,

one-hot, one-cold), используется в маршрутизаторах (мультиплексорах) связей (routing multiplexer). Однако в них также используется и позиционное кодирование. Но унитарное кодирование выигрывает по быстродействию, так как при этом задействуется всего один передающий транзистор, в отличие от позиционного кодирования, когда путь сигнала проходит через n передающих транзисторов, но при унитарном экспоненциально возрастает количество связей.

С целью повышения быстродействия вычисления логических функций и некоторого снижения количества связей предложено комбинированное кодирование [7–9]. В качестве дальнейшего развития этого подхода предлагается электрическая функциональная схема универсального 1-LUT с выбором варианта кодирования переменной X (рис. 1).

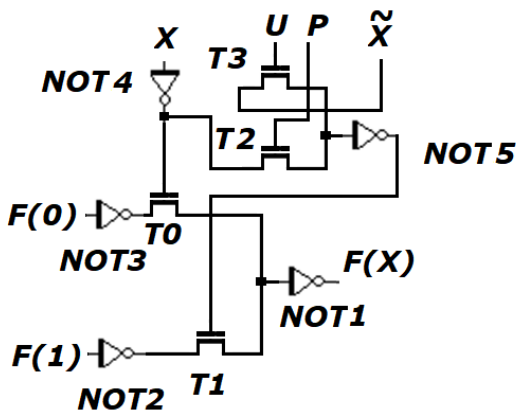


Рис. 1. Предлагаемый 1-LUT с выбором кодирования переменной

На рис. 1 управляющий сигнал U при его активировании (равенстве единице) обеспечивает включение унитарного кодирования переменной, управляющий сигнал P при его активировании (равенстве единице) обеспечивает включение бинарного кодирования переменной. Предлагаемый 1-LUT с выбором кодирования переменной в режиме позиционного кода переменной X показан на рис. 2. Предлагаемый 1-LUT с выбором кодирования переменной в режиме инверсного унитарного кода $X \tilde{X}$ переменной X (one cold – один ноль, остальные единицы) показан рис. 3.

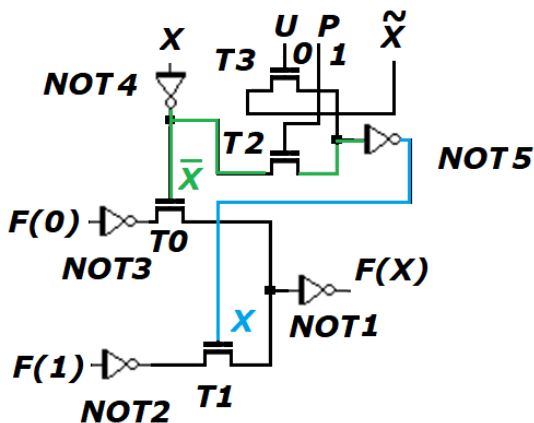


Рис. 2. Предлагаемый 1-LUT с выбором кодирования переменной в режиме позиционного кода переменной X

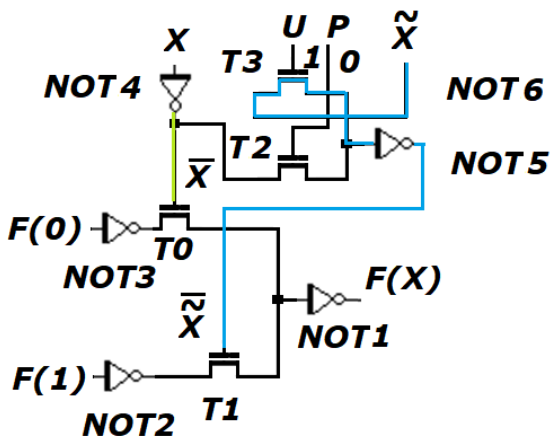


Рис. 3. Предлагаемый 1-LUT с выбором кодирования переменной в режиме инверсного унитарного кода $X \tilde{X}$ переменной X (one cold – один ноль, остальные единицы)

Реализация 2-LUT позиционного ($U = 0, P = 1$) из трех предлагаемых 1-LUT с выбором кодирования переменной показана рис. 4. Реализация 2-LUT унитарного ($U = 1, P = 0$) из двух предлагаемых 1-LUT с выбором кодирования переменной показана на рис. 5.

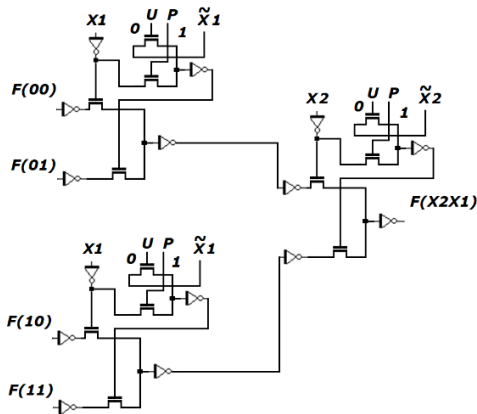


Рис. 4. 2-LUT позиционный из трех предлагаемых 1-LUT с выбором кодирования переменной

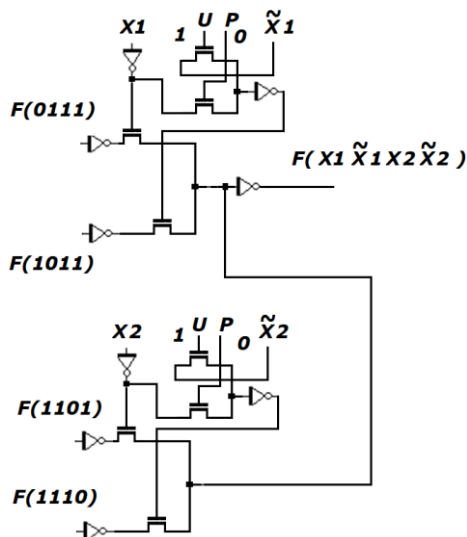
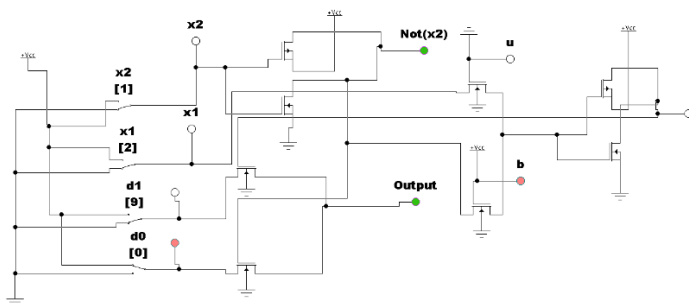


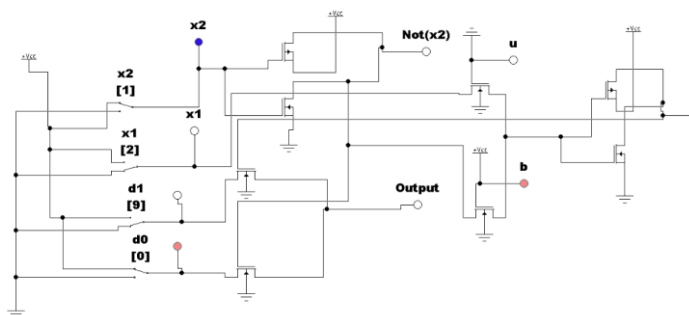
Рис. 5. 2-LUT унитарный из двух предлагаемых 1-LUT с выбором кодирования переменной

Выполним моделирование предлагаемого LUT с выбором варианта кодирования в системе схемотехнического моделирования Multisim [10].

На рис. 6, 7 показано моделирование предлагаемого устройства.

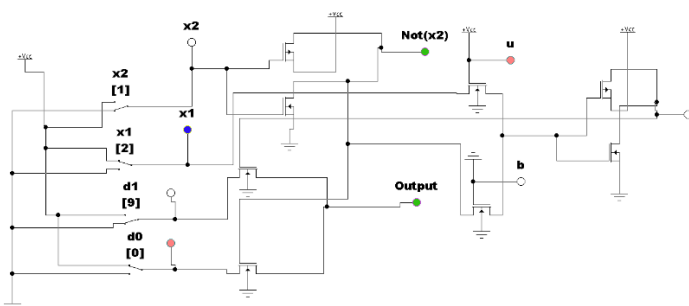


a



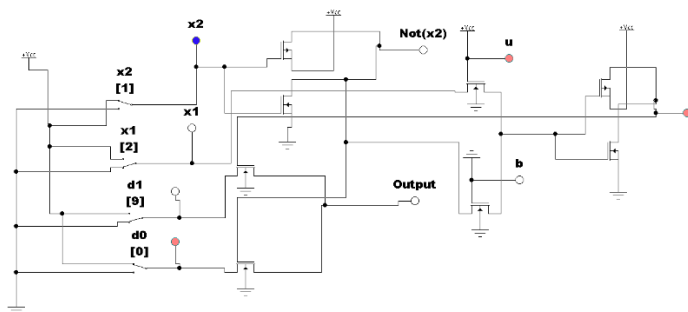
б

Рис. 6. 1-LUT в режиме бинарного кодирования ($b = 1, u = 0$),
реализация инверсии x_2 : *a* – $x_2 = 0$ (коммутация входа d_0),
выход = 1; *б* – $x_2 = 1$, выход = 0 (коммутация входа d_1)



a

Рис. 7. 1-LUT в режиме унитарного кодирования ($b = 0, u = 1$):
a – $x_2 = 0, x_1 = 1$ (коммутация входа $d_0 = 1$), выход = 1;
б – $x_2 = 1, x_1 = 0$ выход = 1 (коммутация входа $d_1 = 1$)



б

Рис. 7. Окончание

Моделирование подтверждает работоспособность предложенных технических решений. В дальнейшем требуется уточнение характеристик схем с использованием топологического моделирования, например, в системе Microwind [11].

Таким образом, предложен новый конфигурируемый логический элемент, который, в отличие от известного, обеспечивает выбор варианта кодирования переменной логической функции, либо сигналов связей в локальных и глобальных матрицах коммутаций ПЛИС. Это унифицирует структуру ПЛИС и позволяет создавать комбинированные элементы по проектам пользователей.

Библиографический список

1. Строгонов А., Цыбин С. Программируемая коммутация ПЛИС: взгляд изнутри [Электронный ресурс] // Компоненты и технологии. – 2010. – № 11. – URL: http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010_11_56.php (дата обращения: 17.11.2022).
2. Строгонов А., Городков П. Современные тенденции развития ПЛИС: от системной интеграции к искусственному интеллекту // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2020. – № 4 (195). – С. 46–56.
3. Danilova E.Y. FPGAs Logic Checking Method by Genetic Algorithms // Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2020. – P. 1787–1790.
4. Vikhorev R. Universal logic cells to implement systems functions // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016. – P. 404–406. DOI: 10.1109/EIConRusNW.2016.7448197

5. Vikhorev R. Improved FPGA logic elements and their simulation // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016. – P. 275–280. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317080

6. Skornyakova A.Yu., Vikhorev R.V. Self-Timed LUT Layout Simulation // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2020. – P. 176–179. DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039374

7. Тюрин С.Ф., Васенин И.А., Советов С.И. Логические элементы ПЛИС FPGA на основе комбинированного кодирования переменных // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – № 46. – С. 83–107.

8. Advanced Logic Gates for FPGAs / I.A. Vasenin, S.I. Sovetov, N.E. Oputin, S.F. Tyurin // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. – 2023. – P. 110–115. DOI: 10.1109/EDM58354.2023.10225215

9. Программируемое логическое устройство / С.Ф. Тюрин, И.А. Васенин, Ю.А. Степченков, Ю.Г. Дьяченко, С.И. Советов // Патент на изобретение RU 2811404 С1. – 11.01.2024. – Заявка от 02.08.2023.

10. National Instruments [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ni.com/multisim/> (дата обращения: 05.11.2022).

11. Microwind & Dsch Version 3.5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.yumpu.com/en/document/view/40386405/microwind-manual-lite-v35pdf-moodle> (дата обращения: 05.11.2022).

Сведения об авторах

Васенин Иван Андреевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vasenin.ioann@yandex.ru

Тюрин Сергей Феофентович – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru

Ивченко Даниил Янович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ya.danmail@yandex.ru

А.В. Тарутин, А.А. Шабалин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА БЛОК-СХЕМАХ

Рассматривается реализация визуального языка программирования на блок-схемах. Сравнение визуального программирования с текстовым. Подходы к лексическому и синтаксическому анализу кода. Интерпретация визуального языка программирования.

Ключевые слова: визуальное программирование, интерпретатор, блок-схема, low-code.

A.V. Tarutin, A.A. Shabalin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

FLOWCHART PROGRAMMING LANGUAGE

The implementation of a flowchart programming language is considered. Comparison of visual programming with text programming. Approaches to lexical and syntactic code analysis. Interpretation of a visual programming language.

Keywords: visual programming, interpreter, flowchart, low-code.

Существует тенденция в области разработки программного обеспечения (ПО) к минимизации кодирования. Согласно опросу Gartner, в 2024 г. более 65 % приложений в мире разрабатываются на платформах low-code. Прогнозируемые темпы роста составят 165 % каждые два года. В данной статье рассматривается разработка системы визуального программирования для реализации логики бизнес-процессов low-code платформы.

Термин «визуальное программирование» относится к любой системе, которая позволяет пользователю создавать программу в двух или более измерениях. Обычные текстовые языки не считаются двумерными, поскольку компилятор или интерпретатор обрабатывает их как длинный одномерный поток. Визуальное программирование – хорошая идея, так как зрительная система человека и обработка визуальной информации оптимизированы для работы с многомерными дан-

ными. Визуальное программирование включает в себя обычные блок-схемы и другие визуальные языки программирования [1, 2].

Существует несколько типов визуальных языков. Самые популярные из них: блочные (Scratch и Blockly), блок-схемные (Flowgorithm), языки конечных автоматов (Stateflow), языки программирования потоков данных (VHDL). Они применяются для таких целей, как обучение программированию, быстрое создание веб-приложений, программирование мультимедиа-композиций, моделирование систем и процессов.

В данной статье рассматривается интерпретация блок-схемного языка. Блок-схемы состоят из двух типов блоков: блок вычисления и блок ветвления. В блоке вычисления пользователь может использовать арифметические операции, операцию присваивания, вызов статических методов и полей java-классов. В блоке ветвления предполагается одно выражение с результатом логического типа. На вход блока можно подать неограниченное количество связей, однако несколько выходов имеет только блок ветвления. Возле каждого блока отображается результат его выполнения, что исключает необходимость отдельного блока вывода и повышает прозрачность выполнения программы. Такой функционал не исключает кодирование, но предоставляет большую вариативность программирования.

Графы, как правило, хранятся в виде матриц смежности, но в случае блок-схем такая матрица была бы очень разреженной, а это влечет лишние затраты на память. В рассматриваемой системе блок-схема хранится в виде списка блоков и списка связей. Алгоритм интерпретатора выглядит так:

1. Выбирается блок без входных связей. Такой блок устанавливается как текущий.

2. Выполняются операции в текущем блоке. Последнее вычисленное значение сохраняется в список результатов.

3. Определяется выходная связь текущего блока. Если такой связи нет, интерпретация останавливается, возвращается список результатов. Иначе – переход к шагу «4». Для блока ветвления найдется две таких связи. Связь выбирается по результату текущего блока.

4. Текущим блоком назначается блок на конце связи.

5. Если текущий блок – пустая ссылка (null), интерпретация останавливается, возвращается список результатов. Иначе – переход к шагу «2».

Выражения внутри блоков записываются на Си-подобном языке: выражения разделяются ‘;’, присваивание обозначается ‘=’, арифметические и логические операции выражаются символами ‘+’, ‘-’, ‘*’, ‘/’, ‘>’, ‘<’, ‘==’, ‘!=’. Для их выполнения используется классический подход: лексический анализ, синтаксический анализ, обход абстрактного синтаксического дерева.

В процессе лексического анализа в тексте выделяются значимые для языка лексемы. Для этого каждому символу в соответствие ставится тип токена (лексемы). Текст проходится посимвольно, и несколько символов с одним типом объединяются в одну лексему. Разработанный лексический анализатор различает числа, строковые литералы, круглые скобки, операторы и идентификаторы.

В процессе синтаксического анализа последовательности лексем объединяются в выражения и составляется абстрактное синтаксическое дерево (АСД). Узел АСД представляет собой операцию, а потомки узла – ее операции. Все операторы имеют приоритет выполнения. АСД составляется таким образом, чтобы ближе к корню дерева располагались операции с большим приоритетом. Алгоритм формирования АСД рекурсивный:

1. Вход – список токенов. Если список пуст, возвращается пустое выражение, иначе – переход к шагу «2».

2. Из списка выбирается токен с наибольшим приоритетом соответствующего выражения (центральный токен).

3. Список токенов делится на три части: все токены до центрального (левые токены), центральный, все токены после центрального (правые токены).

4. Инициализируются выражения для списка левых токенов и списка правых токенов. Если выражение не пустое, оно добавляется в аргументы текущего выражения. Операция выражения определяется по центральному токenu.

Разработанный синтаксический анализатор различает следующие виды выражений:

- сложение;
- вычитание;
- умножение;
- деление;
- присваивание;
- «равно»;

- «не равно»;
- «больше»;
- «меньше»;
- «следующее выражение»;
- список;
- идентификатор;
- число;
- строка.

Для вычисления результата выполняется обход АСД. Для этого вызывается процедура вычисления корневого выражения, которое для вычисления своего значения вызывает вычисление выражений-аргументов. В объектно-ориентированном языке java функция вычисления реализована с помощью полиморизма: каждый подтип типа «выражение» переопределяет функцию вычисления.

В результате была разработана система для визуального программирования, способная выполнять сложную бизнес-логику. Дальнейшее развитие данной разработки включает в себя создание шаблонов часто используемых конструкций, трансляцию в языки общего назначения.

Библиографический список

1. Characterizing Visual Programming Approaches for End-User Developers: A Systematic Review / M.A. Kuhail, S. Farooq, R. Hammad, M. Bahja // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 14181–14202. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3051043
2. Burnett Margaret. Software Engineering for Visual Programming Languages. – 2000. DOI: 10.1142/9789812389701_0004

Сведения об авторах

Тарутин Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: itasnpiru@yandex.ru

Шабалин Алексей Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: shabalin0704@outlook.com

А.И. Балдин, Е.В. Юзеев, А.В. Тарутин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПОДСИСТЕМА РАСШИРЕННОГО ИНТЕРАКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫМ КОНТУРОМ НА ПРИМЕРЕ 1С:ERP2

В этой статье исследуется возможность создания подсистемы расширенного интерактивного взаимодействия для управления оперативным контуром на примере 1С:ERP2. Рассматривается разработка эффективных интерфейсов с интерактивными элементами управления, такими как ползунки, способствует улучшению пользовательского опыта, ускорению обработки информации и повышению точности принимаемых решений. В статье анализируются существующие методы создания объектов производства и внешних элементов управления в 1С:ERP2, оцениваются варианты их визуализации, а также рассматриваются подходы для повышения интерактивности интерфейсов. Представлены сравнительные характеристики различных методов и обоснована необходимость разработки расширенных элементов управления для улучшения работы с производственной отчетностью.

Ключевые слова: интерактивные элементы управления, 1С:ERP2, объекты производства, визуализация данных, ползунки, оперативная отчетность, эффективный интерфейс.

A.I. Baldin, E.V. Yuzeev, A.V. Tarutin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

EXTENDED INTERACTIVE INTERACTION SUBSYSTEM FOR OPERATIONAL LOOP MANAGEMENT ON THE EXAMPLE OF 1C:ERP2

This article explores the development of an advanced interactive subsystem for managing the operational circuit using the example of 1C:ERP2. The creation of efficient interfaces with interactive control elements, such as sliders, enhances the user experience, accelerates information processing, and improves the accuracy of decision-making. The article analyzes existing methods for creating production objects and external control elements in 1C, evaluates their visualization options, and discusses approaches to increasing interface interactivity. Comparative characteristics of various methods are presented, and the necessity of developing advanced control elements to enhance production reporting is justified.

Keywords: interactive control elements, 1C:ERP2, production objects, data visualization, sliders, operational reporting, effective interface.

В современном мире удобство и скорость взаимодействия с информационными системами, в частности в сфере управления производственными процессами, играет ключевую роль в повышении эффективности работы. Быстрое формирование отчетов по объектам производства позволяет оперативно принимать решения, оптимизировать процессы, устранять узкие места и корректировать стратегию управления в режиме реального времени. Это особенно важно в условиях постоянно изменяющихся рыночных условий и высокой конкуренции.

Интерактивные элементы, такие как ползунки, вместо обывденных штатных элементов управления, таких как кнопки, поля для ввода, выпадающие списки значений и подобные средства для управления параметрами, значительно упрощают взаимодействие с системой. Благодаря таким элементам управления сотрудники могут гибко и быстро изменять параметры отчетов, не отвлекаясь на сложные настройки или дополнительное обучение. Это делает работу с системой не только более эффективной, но и приятной, снижая стресс и нагрузку на сотрудников.

Современные системы, которые обеспечивают быстрое и удобное получение аналитической информации, способствуют повышению качества работы предприятия в целом. Менеджеры получают возможность своевременно контролировать выполнение задач, анализировать работу производственных объектов и принимать обоснованные управленческие решения. Это приводит к повышению производительности труда, что, несомненно, сказывается на положении компании, предприятия в части бизнеса.

Таким образом, данные подходы обеспечивают не только эффективность и качество работы, но и создают комфортную рабочую среду, способствующую достижению высоких результатов.

Анализ методов создания объектов производства. Объекты производства подразумевают собой некие области – квадраты. При нажатии на каждый из объектов, должна открываться уже созданная форма обработки. Эта обработка содержит в себе отчет, сформированный на системе компоновки данных, и поле, в котором будет расположен созданный ползунок для изменения параметров отчета, который должен сформироваться по конкретному объекту. Исходя из анализа, можно понять, что объекты производства являются ключевыми элементами интерфейса, которые отображают структуру производственных процессов предприятия, включая само оборудование и его показа-

тели. Для реализации таких объектов в 1С:ERP2 необходимо выбрать наиболее подходящий метод создания, который будет учитывать удобство разработки, гибкость настройки и, что самое важное, – интеграцию с отчетностью и возможностью взаимодействия по клику на данный объект.

Для создания объектов производства был выбран подход, который использует макеты (схемы) [1]. Макеты позволяют создавать схемы производственных объектов, которые можно связать с данными системы. Для этого в макетах используются динамические элементы и их программная настройка.

Логика реализации объектов производства в данном методе заключается в том, что нужно объединить ячейки в небольшие области, привязать к ним расшифровку, чтобы при клике на данный объект открывалась уже созданная заранее форма с отчетом [2], а передача параметров конкретного объекта в отчет будет происходить путем простого присвоения данных из справочников и документов. Краткое сравнение возможных методов создания объектов производства представлено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение методов создания объектов производства

Метод	Уровень интерактивности	Сложность реализации	Гибкость настройки	Подходит для графики
HTML-поле	Очень высокий	Средняя	Очень высокая	Да
Таблица значений	Средний	Высокая	Средняя	Нет
Картинка с зонами	Высокий	Средняя	Низкая	Да
Поле формы (кнопки/ссылки)	Низкий	Очень высокая	Низкая	Нет
Макеты (схемы)	Высокий	Высокая	Высокая	Да

С учетом задач проекта, а именно: интерактивные области, связанные с объектами производства, вызов отчетов по клику на конкретный объект с отбором по его параметрам, было принято решение использовать макет схемы, так как этот метод является наиболее подходящим как в плане достоинств и удобства применения, так и в плане того, что не приходится лишний раз работать

с полем HTML и подключать библиотеки для JS, так как это нагружает систему и определяет проект некой зависимостью от внешних компонентов.

Итак, выбранный метод обеспечит: интерактивность (клики по объектам), гибкость настройки для отображения (расшифровки) и обработки данных, визуально строгий и понятный интерфейс, подходящий для создания планировок. А сама информация об объектах, их параметрах, будет храниться в справочниках, документах и регистрах, на основе которых и будут строиться отчеты.

Анализ методов создания внешних элементов управления. В платформе «1С:Предприятие 8» существуют ограничения на создание сложных интерактивных элементов управления, таких как ползунки, графические элементы и другие компоненты, которые выходят за рамки базового функционала.

Однако существуют методы для внедрения таких элементов в формы, позволяющие расширить возможности системы и повысить удобство взаимодействия с пользователем.

Для реализации внешнего элемента управления был выбран подход, который использует HTML-поле с использованием JS-кода, так как данный подход является одним из наиболее распространенных методов для создания внешних элементов на форме в 1С.

HTML-поле на форме обработки предоставляет возможность внедрять код на HTML, CSS и JS, что и позволяет реализовать ползунки, переключатели, графики и другие интерактивные элементы [3].

Данный метод подразумевает добавить HTML-поле на форму, вставить код для создания элемента управления на JS в макет с типом «текст», организовать взаимодействие JS с платформой 1С через вызов внешних функций для обмена и обработки данных.

Кроме выбранного подхода, есть еще перспективный вариант, а именно реализация внешней компоненты (ActiveX или COM-объект) [4]. Но данный подход очень сложен для новичка, ведь нужно разработать на каком-либо языке программирования внешнюю компоненту, зарегистрировать ее в системе, а уже потом только добавить компонент на форму и взаимодействовать через встроенные методы.

Краткое сравнение возможных методов создания внешних элементов управления представлено в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение методов создания внешних элементов управления

Метод	Гибкость и возможности	Простота реализации	Требуемые знания	Подходит для ползунков
HTML + JS	Очень высокая	Средняя	HTML, CSS, JS	Да
ActiveX или COM-компоненты	Средняя	Сложная	ActiveX, COM	Да
Макеты и динамические картинки	Низкая	Простая	BSL, графика	Ограниченно
Внешние приложения	Очень высокая	Сложная	Python, C# и т.д.	Да

HTML-поле с JS представляется самым эффективным решением для создания интерактивных ползунков на форме 1С. Этот метод обеспечивает гибкость и современный пользовательский интерфейс, позволяя пользователю динамически управлять параметрами отчета.

Как было рассмотрено выше, внешняя компонента также является неплохим решением, но все равно приходим к тому, что должен быть необходимый опыт создания внешних компонент, так как новичку в этом направлении сделать подобную задачу будет очень сложно. Исходя из анализа и опыта работы с этими технологиями, было принято решение использовать HTML и JS.

Для реализации необходимо создание поля на форме обработки с типом «Поле HTML документа» [5], создать макет обработки, написать JS-код для создания ползунка, связать изменение положения ползунка с обработчиком событий в 1С. Далее нужно передать текущее значение ползунка через вызовы функций из JS в параметры формирования отчета и в коде сформировать отчет на основе переданного значения ползунка. Этот метод позволяет повысить удобство и эффективность работы с отчетами, делая интерфейс более интерактивным и привлекательным для пользователей.

Вывод. В статье была рассмотрена роль эффективных интерфейсов и элементов управления в современном мире, где выяснили, что эффективные интерфейсы играют ключевую роль в повышении производительности и удобства использования программных продуктов.

Рассмотрен анализ подходов и методов создания объектов производства, рассмотрены современные методы создания объектов в системе 1С:ERP2, выделена необходимость использования гибких и адаптивных решений, которые позволяют эффективно настраивать объекты под различные производственные задачи.

Проанализированы подходы и методы создания внешних элементов управления, описаны подходы к созданию пользовательских интерфейсов и элементов управления. Даже несмотря на развитую систему представления отчетов, управление параметрами отчетности в 1С:ERP2 оставляет желать лучшего, ведь интерактивных элементов управления нет, а для взаимодействия с объектами производства штатных средств вообще не реализовано.

Именно поэтому разработка интерактивных элементов управления, таких как ползунки, для изменения параметров отчетов в реальном времени и создания интерфейса для повышения эффективности работы с объектами производства путем интерактивного взаимодействия по нажатию на выбранный объект являются актуальными и востребованными задачами.

Библиографический список

1. Основы формирования табличного документа на основе макета [Электронный ресурс]. – URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/2581/hdoc> (дата обращения: 01.11.2024).

2. Открытие форм [Электронный ресурс]. – URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/4135/hdoc> (дата обращения: 05.11.2024).

3. Хитрости и советы по созданию форм 1С [Электронный ресурс]. – URL: <https://rarus.ru/publications/20220530-ot-ekspertov-hitrosti-po-sozdaniyu-form-1c-532555/> (дата обращения: 10.10.2024).

4. Технология создания внешних компонент [Электронный ресурс]. – URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/3221/hdoc> (дата обращения: 15.10.2024).

5. Библиотеки визуализации Vis.js и Pixi.js [Электронный ресурс]. – URL: <https://rarus.ru/publications/20220630-ot-ekspertov-visjs-pixijs-hitrosti-po-sozdaniyu-form-1c-536206/> (дата обращения: 10.10.2024).

Сведения об авторах

Балдин Алексей Игоревич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ1-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: bmrvip@mail.ru

Юзеев Евгений Вячеславович – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: eyuzeev@oxtron.ru

Тарутин Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: itas-npiru@yandex.ru

А.В. Козин, В.И. Фрейман

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО СЕНСОРНОГО УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ

В этой статье предлагается и исследуется возможность применения нового способа функционирования вычислительной системы акустического сенсорного экрана. Этот способ должен обеспечить работоспособность в сложных условиях эксплуатации как вычислительной системы, так и самого устройства. Предлагаемый способ основывается на использовании первого полупериода звуковой волны, зарегистрированной микрофонами, возникающей при взаимодействии пользователя с экраном устройства и распространяющейся по всей основе экрана. Проведено компьютерное моделирование распространения звуковых волн с их регистрацией и поставлен эксперимент на опытном образце.

Ключевые слова: вычислительная система, сенсорное устройство ввода информации, акустический преобразователь, математическая модель, способ локализации звукового сигнала.

A.V. Kozin, V.I. Freiman

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPUTING SYSTEM OF ACOUSTIC SENSOR DEVICE FOR INFORMATION INPUT

In this article proposes and explores the possibility of applying a new way of functioning of an acoustic touchscreen computing system. This method should ensure the operability in difficult operating conditions of both the computer system and the device itself. The proposed method is based on the use of the first half-period of the sound wave recorded by microphones, which occurs when the user interacts with the device screen, and spreads over the entire base of the screen. A computer simulation of the propagation of sound waves with their registration was carried out and an experiment was performed on a prototype.

Keywords: computing system, sensory input device, acoustic transducer, mathematical model, sound signal localization method.

Развитие отечественной промышленности в сфере создания и производства приборов, устройств и систем открывает новые перспективы для эффективных разработок в различных областях, особен-

но с учетом современных экономических и политических условий. Сенсорные устройства ввода информации находят широкое применение и зачастую предназначены для работы в сложных эксплуатационных условиях. К их характеристикам предъявляются все более специфические и сложные требования, такие как габариты, точность, чувствительность и устойчивость к внешним воздействиям. Для выполнения этих требований необходимы новые материалы, компоненты, конструкции и/или инновационные подходы к вычислительным системам.

Принципы функционирования и изготовления сенсорных экранов. Большая часть сенсорных экранов используют один из следующих физических принципов действия:

1. Поверхностно-ёмкостные и резистивные [1, 2].
2. Сенсорные экраны, использующие оптическое и инфракрасное излучение [3, 4].
3. Сенсорные экраны на поверхностно-акустических волнах [3].

Детальный обзор положительных и отрицательных сторон каждого подхода приведен в таблице, где красным отмечены отрицательные характеристики, желтым нейтральные, зеленым положительные.

Сравнительный анализ сенсорных экранов

	Использующие матрицы		Использующие излучение		Использующие звук		
	Резистивные	Ёмкостные	ИК	Оптические	ПАВ	DST	Предлагаемый способ
Распознавание любого касания	Да	Только тела проводящий эл-во	Да	Да	Только тела поглощающие акустические волны	Да	Да
Точность показаний	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая
Срок жизни (в млн. нажатий)	35	200	∞	∞	50	∞	∞
Защита от грязи и жидкостей	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да
Устойчивость к вандализму	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Да
Вычислительная сложность	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая	Низкая

В связи с вышеперечисленным авторами предлагается оригинальный способ идентификации места касания вычислительной системой сенсорного устройства. В нем используются акустические волны, которые образуются при взаимодействии человека с сенсорным экраном. Способ локализации основан на регистрации чувствительными элементами (микрофонами) звуковых сигналов, по данным которых выполняется расчет координат места касания.

Способ идентификации места касания с помощью звуковых волн, распространяющихся на основе сенсорного устройства ввода информации. Касание – это кратковременное взаимодействие объектов, в результате которого происходит перераспределение кинетической энергии, создающее ударную волну. Пусть с панелью с площадью S и плотностью ρ , находящейся в состоянии покоя, сталкивается другой объект с силой F . За время Δt под действием силы F панель будет деформироваться, что приведет к ее перемещению от начального положения на расстояние ΔL . При деформации происходит смещение атомов кристаллической решетки материала панели, которое передается от атома к атому со скоростью V (рис. 1). Используя второй закон Ньютона, получим [4]:

$$F \Delta t = \frac{\rho S L \Delta L}{\Delta t}, \quad (1)$$

где L – упругая деформация панели, м. Разделим обе части неравенства на $S \Delta t$, умножим числитель и знаменатель правой части на L , заменим F на $F_{\text{упр}}$:

$$\sigma = \rho \left(\frac{L}{\Delta t} \right)^2 \frac{\Delta L}{L} = k \frac{\Delta L}{L}, \quad (2)$$

где σ – напряжение, возникающее при упругой деформации. Из этого уравнения получаем выражение скорости распространения звука в материале:

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (3)$$

где E – модуль Юнга, Па.

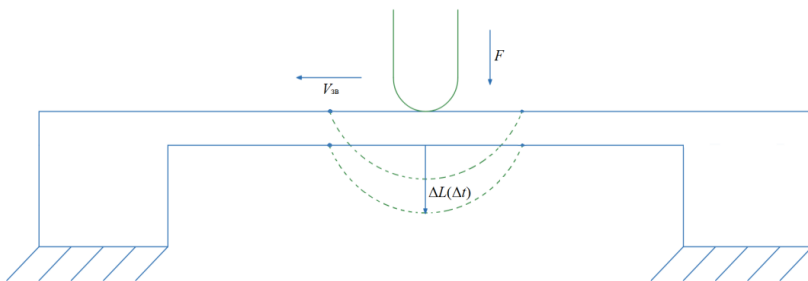


Рис. 1. Представление смещения атомов кристаллической решетки материала панели при касании

Таким образом, скорость распространения звуковой волны V зависит от плотности (свойств материала) и модуля Юнга и не зависит от силы касания. Сила касания, в свою очередь, будет влиять на дальность смещения атомов, что, в свою очередь, является амплитудой звуковой волны.

Для определения местоположения звука на поверхности достаточно иметь информацию о его скорости распространения и координатах точки, где он был зафиксирован. Таким образом, расстояние от точки нажатия до микрофона можно определить так:

$$S = tV, \quad (4)$$

где S – путь звуковой волны между микрофоном и местом нажатия на экран, м; t – время прохождения звукового сигнала.

Зная расстояние от точки нажатия как минимум до трех регистрирующих устройств, можно рассчитать ее координаты (рис. 2).

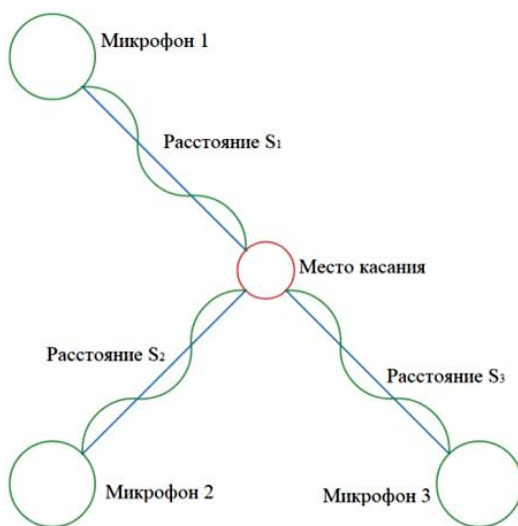


Рис. 2. Локализация акустического сигнала

Моделирование сенсорного акустического устройства ввода информации. Для оценки адекватности предлагаемого способа локализации места касания вычислительной системой было проведено моделирование распространения звуковых волн в сенсорном экране устройства.

На рис. 4 выделим пиковые значения первой полуволны синусоиды зарегистрированных звуковых волн микрофонами M_1 , M_2 и M_3 в местах касания D_1 , D_2 и D_3 . Все последующие значения могут быть отнесены к звуковой волне, отраженной от стенок.

Подставив полученные значения в разработанную программу для определения места касания [5, 6–9], получим следующие координаты касания: D_1 (0,059; 0,05342; 0), D_2 (0,1216; 0,14094; 0), D_3 (0,10016; 0,1; 0).

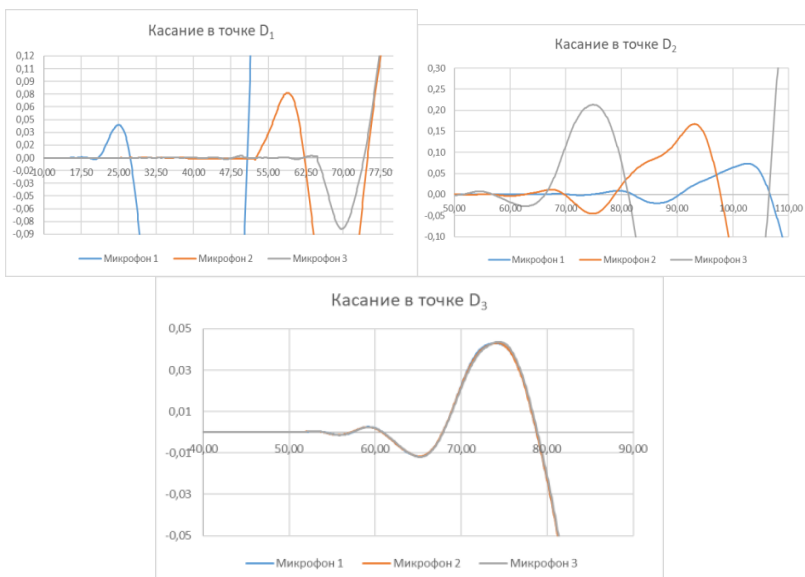


Рис. 4. Первая полуволна полученных сигналов

Получившиеся результаты удовлетворяют расчетным. Небольшую расхожимость результатов можно объяснить тем, что при вычислениях сетка модели была средних размеров, а увеличение частоты сетки ведет к увеличению продолжительности вычислений, которые не могут дать 100 % точный результат.

Экспериментальное исследование опытного образца сенсорного устройства и его вычислительной системы. Опытный образец полностью соответствовал параметрам модели за исключением того, что микрофоны были приклеены с помощью специального воска.

На рис. 5 можно увидеть общую картину звуковых волн, зарегистрированных в трех точках касания.

На рис. 6 можно увидеть зарегистрированную первую полуволну звука. Исходя из полученных графиков время регистрации пиков звуковых волн при касании в точке:

$$D_1: t_1 = 526,52 \text{ мкс}, t_2 = 558,44 \text{ мкс}, t_3 = 576,16 \text{ мкс};$$

$$D_2: t_1 = 317,2 \text{ мкс}, t_2 = 309,64 \text{ мкс}, t_3 = 288,12 \text{ мкс};$$

$$D_3: t_1 = 174,56 \text{ мкс}, t_2 = 172,88 \text{ мкс}, t_3 = 175,04 \text{ мкс}.$$

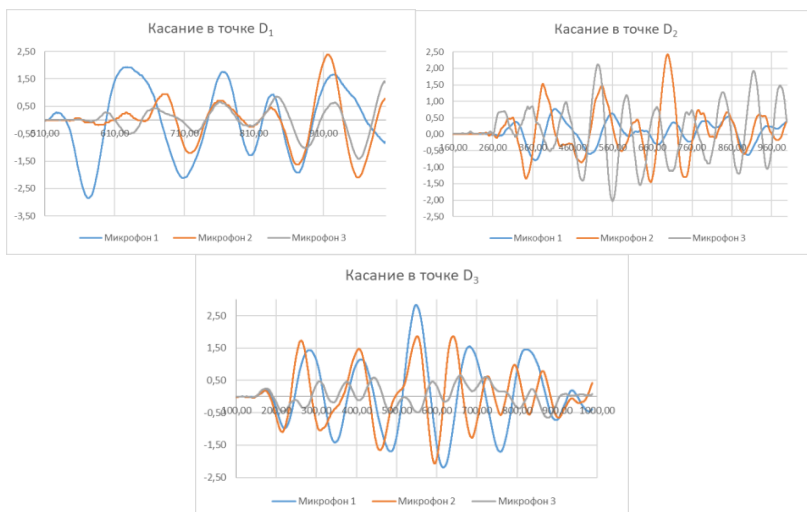


Рис. 5. Сигналы на микрофонах M_1 , M_2 и M_3 в местах касания D_1 , D_2 и D_3

Подставив полученные значения в разработанную программу, получим следующие координаты касания: D_1 (0,06382; 0,0468; 0), D_2 (0,11723; 0,1419; 0), D_3 (0,10278; 0,09938; 0).

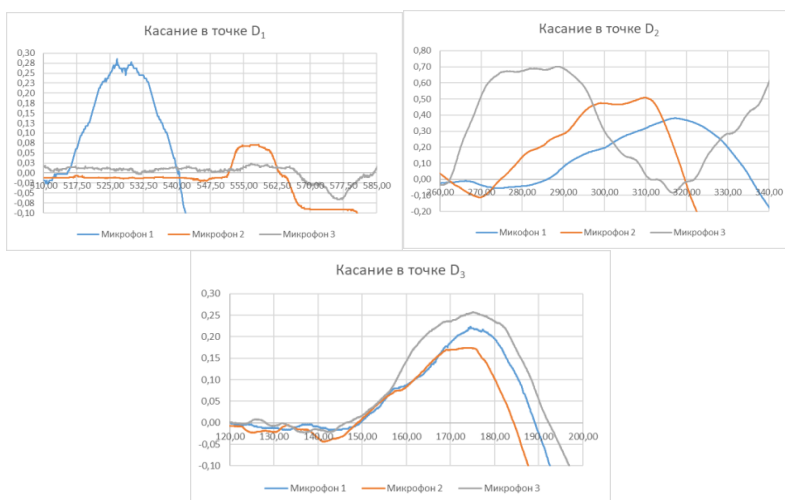


Рис. 6. Графики звуковых сигналов, зафиксированных микрофонами

Полученные результаты экспериментальных исследований опытного образца соответствуют расчетным значениям и результатам программного моделирования. Погрешность между результатами объясняется: а) при эксперименте микрофоны были закреплены на специальный воск, который увеличивал коэффициент задержки передачи волны; б) материалы, используемые при моделировании и эксперименте, имели небольшое различие (в реальных условиях добиться идеального материала, как при моделировании, практически невозможно); в) при моделировании данные с микрофонов поступали сразу в терминал, в реальных условиях сигналы с микрофонов имели потери и наводку на проводах при передаче сигналов.

Заключение. В работе был выполнен сравнительный анализ принципов функционирования и технологий изготовления сенсорных экранов, их положительных и отрицательных свойств. Для выполнения предъявляемых требований по долговечности, вандалоустойчивости, точности и вычислительной сложности авторами был предложен оригинальный способ локализации места касания. Предлагаемый способ основывается на считывании микрофонами звуковой волны, образованной при касательном контакте. По полученным данным звуковой волны вычислительная система рассчитывает координаты точки касания.

Для оценки адекватности способа было проведено программное моделирование работы вычислительной системы и показано соответствие полученных результатов с экспериментальными данными для опытного образца. На основании экспериментальных данных авторами апробируется созданный метод проектирования вычислительных систем акустических сенсорных устройств ввода информации, предназначенных для надежного функционирования в сложных и специфических условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Штрапенин Г., Мишан М. Интегральные контроллеры сенсорных экранов Texas Instruments // Компоненты и Технологии. – 2007. – № 74. – С. 64–68.
2. Глотова И.Ю. Сенсорные экраны // Актуальные проблемы энергетики. – 2017. – С. 857–862.

3. Давидович М.В., Корнев И.А. Оптические, ИК-и ТГц-экраны на основе слоистых структур металл–диэлектрик–полупроводник // Компьютерная оптика. – 2019. – № 5. – С. 765–772.

4. Подмарева Е.В., Бычкова М.Ю., Шарунова О.М. Технологии изготовления сенсорных экранов интерактивных столов // Робототехника и системный анализ: создание и исследование информационных моделей: сб. ст. междунар. и науч.-прак. молодёж. конф. – 2016. – Т. 2. – С. 53–60.

5. Рябов А.Р. Экран на поверхностно-акустических волнах // Материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и курса по программе «Умник». – УГЛТУ, 2017. – Т. 1. – С. 145–146.

6. Самарин А. Новые сенсорные технологии для компьютерных устройств ввода // Компоненты и технологии. – 2007. – № 66. – С. 52–58.

7. Радзишевский А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука. – М.: Вильямс. – 2006. – 288 с.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024616251 РФ. Модель вычислительной системы сенсорного устройства ввода информации: № 2024615370: заявл. 19.03.2024; опубл. 19.03.2024 / А.В. Козин, В.И. Фрейман; заявитель ФГАОУ ВО «ПНИПУ».

9. Козин А.В., Фрейман В.И. Разработка и исследование математической и программной моделей вычислительной системы сенсорного устройства ввода информации // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2024. – № 2(62). – С. 44–56. – DOI 10.25686/2306-2819.2024.2.44

Сведения об авторах

Козин Алексей Владимирович – аспирант, ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: AVKOZIN@pstu.ru

Фрейман Владимир Исаакович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: VIFREJMAN@pstu.ru

И.И. Сухих

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОГЛАСОВАННОСТИ ДИСЦИПЛИН В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ

Повышение конкурентоспособности на рынке образовательных услуг за счет показателей востребованности выпускников является важной задачей в стратегии развития учебного заведения. Одним из векторов решения данной задачи является выстраивание образовательного процесса студентов гармонично, начиная с азов и заканчивая наиболее актуальными вопросами в области их дальнейшей деятельности. Целью данного исследования является оценка текущего уровня согласованности дисциплин в учебном плане пилотного направления и поиск путей, способствующий повышению уровня гармонизации.

Ключевые слова: учебный план, гармонизация, математическая модель, преемственность дисциплин, ключевые понятия, критерий минимального ущерба, функция штрафа, TextRank, метод обогащения.

I.I. Sukhikh

Perm National Research Polytechnic University, Perm

ASSESSMENT OF THE STATE OF CONSISTENCY OF DISCIPLINES IN THE CURRICULUM

Increasing competitiveness in the educational services market through indicators of demand for graduates is an important task in the development strategy of an educational institution. One of the vectors for solving this problem is building the educational process of students harmoniously, starting from the basics and ending with the most pressing issues in the field of their future activities. The purpose of this study is to assess the current level of discipline consistency in the pilot curriculum and to find ways to increase the level of harmonization.

Keywords: curriculum, harmonization, mathematical model, discipline continuity, key concepts, minimum damage criterion, penalty function, TextRank, enrichment method.

Своевременная реакция на динамику требований работодателей, предъявляемых к молодым специалистам, а также приведение учебного плана к состоянию междисциплинарной согласованности является все более актуальной и безальтернативной задачей, позволяющей реа-

лизировать конкурентоспособные программы высшего образования на рынке образовательных услуг.

Предлагаемая модель оценки уровня гармонизации основана на следующих принципах: 1) оценка производится на нескольких критериях; 2) каждому критерию присваивается вес на основе важности; 3) текущий уровень гармонизации учебного плана определяется как сумма произведений значений критериев на их веса.

Оценку будем производить по следующей формуле:

$$H = \sum_{i=1}^n C_i \cdot W_i, \quad (1)$$

где H – степень гармонизации учебного плана; C_i – значение i -го критерия; W_i – весовой коэффициент i -го критерия; n – количество критериев.

Введем базовые критерии оценки и их весовые коэффициенты, используемые для оценки, и их значения (таблица).

Критерии и их показатели

Наименование критерия	Показатель критерия	Значение показателя	Весовой коэффициент критерия
Соответствие содержания дисциплин федеральным государственным образовательным стандартам	Содержание дисциплин полностью соответствует федеральному государственному стандарту	1	0,2
	Содержание дисциплин в основном соответствует федеральному государственному стандарту	0,5	
	Содержание дисциплин не соответствует федеральному государственному стандарту	0	
Логичность и последовательность изложения материала	Хронологическая и логическая последовательность соблюдается	1	0,3
	Хронологическая и логическая последовательность в основном соблюдается	0,5	
	Хронологическая и логическая последовательность не соблюдается	0	
Наличие дублирования и (или) пробелов в содержании	Дублирование и (или) пробелы в содержании отсутствуют	1	0,3
	Дублирование и (или) пробелы в содержании незначительны	0,5	
	Дублирование и (или) пробелы в содержании существенны	0	
Соответствие содержания дисциплин современным требованиям и запросам рынка труда	Содержание дисциплин полностью соответствует современным требованиям и запросам рынка труда	1	0,2
	Содержание дисциплин в основном соответствует современным требованиям и запросам рынка труда	0,5	
	Содержание дисциплин не соответствует современным требованиям и запросам рынка труда	0	

Произведем расчет текущего уровня гармонизации для образовательной программы 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» по каждому из заявленных критериев.

Соответствие содержания дисциплин федеральным государственным образовательным стандартам. По данным из открытых источников, в Пермском национальном исследовательском политехническом университете (ПНИПУ) разработан и реализуется самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования научно-педагогическими работниками кафедр. Документ описывает основные положения реализации стандарта, требования к результатам освоения, структуре и условиям реализации программы. Таким образом, значение показателя данного критерия будет равно единице.

Логичность и последовательность изложения материала. Проанализировав рабочие программы исследуемого направления и их тематическое содержание, а также учебный план, можно сделать вывод о частичном несоблюдении хронологической и логической последовательности. В учебном плане присутствует ряд дисциплин, которые нарушают последовательность изложения материала. Примером подобных нарушений являются дисциплины Б1.Б.26 «Сети и телекоммуникации, расположенная» в 6-м и 7-м семестрах и Б1.В.07 «Администрирование информационных систем», расположенная в 5-м семестре и имеющая отсылки на материал, который будет выдаваться в последующих семестрах. Таким образом, значение показателя данного критерия будет равно 0,5.

Значение критерия будем повышать с помощью учета преемственности дисциплин. Для выявления связей между дисциплинами необходимо определить наличие преемственности дисциплин в учебном плане. Для данной цели рассмотрим четыре состояния, в которых могут находиться дисциплины a и b [1]. При этом рассматривается ситуация, при которой порядковые номера курсов дисциплин отвечают условию:

$$K_a \leq K_b, \quad (2)$$

1. $a \rightarrow b$ при такой зависимости рассматривается прямая преемственность дисциплин a и b . Для этого должно выполняться условие, при котором ключевые термины дисциплины b должны так или иначе быть связаны с ключевыми терминами дисциплины a .

2. $a \leftrightarrow b$ в данном случае, рассматривается взаимная преемственность дисциплин a и b . Ключевые термины, в свою очередь, имеют обоюдную зависимость, а порядковый номер курса, на котором дисциплины выдаются, должен совпадать.

3. $a - b$ рассматривается отсутствие преемственности дисциплин между собой. Ключевые термины, в свою очередь, не имеют зависимости между собой, а порядковый номер курса, на котором дисциплины выдаются, не играет никакой роли.

4. $a \leftarrow b$ наиболее критичная ситуация для процесса гармонизации. Рассматривается обратная преемственность дисциплин a и b . Для этого должно выполняться условие, при котором ключевые термины дисциплины a должны так или иначе быть связаны с ключевыми терминами дисциплины b .

В условиях попытки оценить состояние гармонизации наиболее критическим состоянием является состояние под номером «4», так как временные интервалы выдачи дисциплин имеют нарушения, что влечет за собой некорректную процедуру обучения студентов.

Состояния «1» и «4» требуется дополнить условиями критерия минимального ущерба, в рамках которого происходит минимизация разрывов между временными интервалами изучения дисциплин и соблюдение баланса равномерного распределения дисциплин на протяжении всего срока обучения, тем самым исключая дисбаланс в наполнении курсов. Для этого определим функцию штрафа J , рассчитывающуюся по формуле

$$J = \sum (w \cdot p), \quad (3)$$

где J – общий штраф или ущерб, который нужно минимизировать; w – весовой коэффициент, отражающий значимость каждого фактора или штрафа; p – значение штрафа или ущерба, связанного с каждым фактором или действием [2–4].

Наличие дублирования и (или) пробелов в содержании. Вопрос наличия дублирования информации возможно решить путем извлечения и структуризации данных и выделения ключевых слов и понятий. В связи с тем что учебный план будет представлен в виде ярусно-параллельного графа, наиболее подходящим алгоритмом для выделения ключевых понятий будет являться TextRank – алгоритм, основанный на методе PageRank и рассматривающий текст как граф, где

каждое слово или фраза является узлом, а связи между ними определяются на основе синтаксической близости. Стоит отметить процесс выделения важных узлов графа. Используется следующая метрика:

$$S(V_i) = (1 - d) + d \times \sum_{j \in In(V_i)} \frac{1}{|Out(V_j)|} S(V_j), \quad (4)$$

где $S(V_i)$ – важность i -й вершины; $In(V_i)$ – множество вершин, имеющих входящие в i -ю вершину ребра; $Out(V_i)$ – множество вершин, связанных с i -й вершиной исходящими из нее ребрами; d – коэффициент затухания [5, 6].

Произведем структуризацию данных из рабочей программы Б1.Б.09 «Информатика» и представим ключевые понятия в форме облака слов (рис. 1).



Рис. 1. Облако ключевых понятий
для дисциплины Б1.Б.09 «Информатика»

По аналогии произведем выборку ключевых понятий из дисциплины, находящейся в том же семестре, что и вышеуказанная дисциплина. В качестве примера используем рабочую программу дисциплины Б1.Б.13 «Основы программирования и алгоритмизации». Представим облако слов данной дисциплины (рис. 2).



Рис. 2. Облако ключевых понятий для дисциплины
Б1.Б.13 «Основы алгоритмизации и программирования»

Исходя из полученных облаков ключевых понятий, видов дублирования в двух дисциплинах, располагающихся в одном и том же семестре, значение показателя критерия будет равно нулю.

Соответствие содержания дисциплин современным требованиям и запросам рынка труда. Вопрос соответствия дисциплин современным требованиям и запросам рынка труда обозначен в самостоятельно установленном образовательном стандарте, реализуемом в ПНИПУ, кроме того, анализ исследований ученых Пермского политеха показывает, что данный вопрос является важным вектором в списке исследований, в том числе в тематике диссертационных исследований [7]. Таким образом, показатель данного критерия будет равен единице.

После получения показателей критериев открывается возможность произвести оценку состояния согласованности дисциплин в учебном плане, для этого используем формулу (1) и подставим имеющиеся значения:

$$H = 1 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,2 = 0,55.$$

Таким образом, текущее состояние согласованности дисциплин в учебном плане можно оценить выше среднего, однако критерии «логичность» и «последовательность изложения материала», наличие дублирования и (или) пробелов в содержании требуют дополнительных мер, способствующих улучшению качества предоставления образовательных услуг, открывая при этом дополнительные области исследований в данном направлении.

Библиографический список

1. Кузьмина Е.А., Низамова Г.Ф. Формирование учебного плана на основе графовой модели // Информатика и образование. – 2020. – № 5. – С. 33–43. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-5-33-43
2. Зыкина А.В., Петин Г.А., Ткаченко Д.М. Выбор параметров для решения непрерывных оптимизационных задач методами штрафных функций // Прикладная математика и фундаментальная информатика. – 2022. – С. 19–20.
3. Егорова Г.Е., Зайцева Т.С. Разработка ПО для решения задач методом штрафных функций // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – № 1 (7). – С. 84–87. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-7-1-84-87
4. Плотникова Е.А., Саженков А.Н., Саженкова Т.В. О комбинированных штрафных функциях в решении задач выпуклого программирования [Электронный ресурс] // Тр. семинара по геометрии и математическому моделированию. – 2022. – № 8. – С. 76–79. – URL: <http://journal.asu.ru/psgmm/article/view/12329> (дата обращения: 18.12.2023).
5. Сеньковская А.А., Фураева И.И. Анализ исходных данных в задаче оптимизации рабочих учебных планов // Математические структуры и моделирование. – 2019. – № 2 (50). – С. 85–94. DOI: 10.25513/2222-8772.2019.2.85-94
6. Аксютин И.В., Зарипова В.М., Петрова И.Ю. Модель контроля распределения и освоения компетенций по дисциплинам учебного плана // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. – 2020. – № 4 (34) – С. 111–116.
7. Яруллин Д.В. Информационная система сбора и обработки требований работодателей к компетенциям ИТ-специалистов на основе методов денотативного анализа: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 2.3.4 / Яруллин Денис Владимирович. – Пермь, 2023. – 22 с.

Сведения об авторе

Сухих Илья Игоревич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vargostelemax@gmail.com

Н.М. Фаттахов, А.В. Тарутин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТОВ С ГИБКОЙ МЕТОДОЛОГИЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

В этой статье рассматриваются основные подходы к тестированию, применяемые в гибких методологиях управления, их преимущества и недостатки, а также ключевые аспекты интеграции тестирования в цикл гибкой разработки. Проведен сравнительный анализ традиционных и гибких методов тестирования. Отдельное внимание уделено API тестированию, его преимуществам и инструментам внедрения.

Ключевые слова: тестирование, автоматизация, подходы, API, Agile.

N.M. Fattakhov, A.V. Tarutin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

ANALYSIS OF TESTING APPROACHES FOR PROJECTS WITH AGILE MANAGEMENT METHODOLOGY

This article examines the main testing approaches used in agile management methodologies, their advantages and limitations, and the key aspects of integrating testing into the agile development cycle. A comparative analysis of traditional and flexible testing methods was carried out. Special attention is paid to API testing, its advantages and implementation tools.

Keywords: testing, automation, approaches, API, Agile.

Гибкие методологии управления проектами, такие как Scrum, Kanban и другие, становятся стандартом в разработке программ. Основными принципами Agile являются итеративность, гибкость и ориентация на удовлетворение требований и желаний заказчика. В таких условиях тестирование становится неотъемлемой частью разработки и требует соответствующей адаптации. Гибкие методологии добавляют два основных осложнения в процесс тестирования:

- 1) короткие итерации разработки, что приводит к более сжатым срокам и требует от тестирования автоматизации;
- 2) постоянная корректировка требований требует гибкости и адаптивности, так как разрабатываемый продукт будет регулярно изменяться – потребуется поддерживать тесты в обновленном состоянии.

Тестирование программного обеспечения – процесс анализа программного средства и сопутствующей документации с целью выявления дефектов и повышения качества продукта [1].

Стратегии тестирования существенно различаются в зависимости от специфики разрабатываемого продукта и предметной области. В автоматизированном тестировании обычно выделяют следующие уровни:

- модульное тестирование (юнит-тестирование) предназначено для проверки отдельных частей программного обеспечения на соответствие их функциональным требованиям. Оно позволяет обнаруживать ошибки в самых мелких компонентах системы, которые можно проверять изолированно от других. Такими элементами могут быть модули, функции, классы и другие части приложения [2]. Разработчики создают модульные автотесты параллельно с написанием основного кода, что способствует поддержанию его качества;

- тестирование API (тестирование интеграций) представляет собой тестирование, выполняемое путем отправки команд непосредственно тестируемому программному обеспечению, используя программные интерфейсы приложения [3]. Данный вид тестирования направлен на проверку, как взаимодействуют модули программ или компоненты системы. Его цель – убедиться, что они функционируют корректно в едином комплексе. В сравнении с модульными тестами, ориентированными на проверку отдельных компонентов в изоляции, тестирование интеграции выявляет ошибки, возникающие при объединении этих элементов в общую систему. Автоматизация процесса позволяет регулярно и быстро запускать тесты после внесения изменений в код, что упрощает обнаружение дефектов на стыке модулей. Такой подход помогает заранее выявить потенциальные проблемы и значительно снижает риск ошибок на последующих этапах интеграции;

- тестирование пользовательского интерфейса (UI-тестирование) воспроизводит действия реальных пользователей для проверки работы всей системы в целом. В рамках таких тестов моделируются пользовательские сценарии: выполняются различные действия, вводятся данные и анализируется реакция интерфейса. UI-тесты охватывают весь процесс взаимодействия с программной системой, включая работу внутренних компонентов и интеграцию с другими системами. Этот подход позволяет убедиться в том, что приложение функционирует в полном соответствии с ожиданиями.

Пирамида автоматизированного тестирования изображена на рисунке. Она отображает структуру и пропорции уровней тестирования для стандартного проекта.



Рис. Пирамида тестирования

Тесты верхнего уровня (UI) отличаются высокой стоимостью и трудоемкостью разработки, а их выполнение занимает больше времени, поскольку они проводятся через браузер. Еще один недостаток заключается в том, что пользовательский интерфейс может быть недоступен на начальных этапах разработки, тогда как проверки необходимы уже сейчас. Часто бывает, что интерфейс со временем изменяется, что приводит к сбоям ранее написанных тестов, особенно в условиях Agile-методологий. Несмотря на свои ограничения, UI-тесты очень ценны, так как дают возможность воспроизвести сценарий взаимодействия пользователя с системой полностью.

Тесты нижнего уровня (UNIT), напротив, являются самыми экономичными и оперативными в выполнении. Они помогают разработчикам убедиться, что функции и классы работают согласно их задумке. Однако такие тесты не всегда могут выявить проблемы на уровне функциональности проекта. Например, код может отрабатывать корректно, но итоговый результат может не соответствовать ожидаемому с точки зрения пользователя.

Тестирование API дает возможность осуществлять проверки на самых начальных стадиях разработки, еще до завершения создания интерфейса пользователя. Это предоставляет возможность устранить дефекты до того, как они перерастут в серьезные проблемы. Такой подход позволяет значительно сэкономить бюджет проекта и избежать дополнительных затрат.

Многие компании отдают предпочтение микросервисной архитектуре для своих приложений, так как она обеспечивает гибкость и эффективность развертывания. Поскольку функционирование большинства микросервисов основывается на программных интерфейсах, его тестирование является ключевым элементом для гарантии корректной работы системы и ее составляющих.

Данный вид тестирования превосходно сочетается с Agile методологией, в которой быстрая связь между процессами играет важнейшую роль в поддержании непрерывности всех процессов. В подобных ситуациях предпочтение отдается API проверкам, ведь они проще в поддержке и обладают высокой эффективностью. Кроме того, автоматизация такого вида тестирования требует меньше программного кода по сравнению с автоматизацией тестов интерфейса, что делает их более экономичными. Данные проверки легко интегрируются в CI/CD пайплайн, обеспечивая ускорение процессов и снижение общих затрат на создание продукта.

Тесты API независимы от используемых языков программирования. Для передачи данных обычно применяются текстовые форматы обмена данными, включающих использование запросов HTTP. Это позволяет тестировщикам выбирать наиболее подходящие инструменты для реализации процесса тестирования. Несмотря на множество преимуществ, тестирование API имеет свои сложности, оно требует определенного уровня подготовки. Тестировщики должны обладать опытом работы с соответствующими инструментами, что делает процесс более сложным для начинающих специалистов.

Существуют различные инструменты, которые широко используются для автоматизации API тестирования, ниже приведены некоторые из них:

1. Postman – удобен и прост для ручного и автоматизированного тестирования и создания коллекций автоматизированных тестов. Имеет интеграции с CI/CD системами и хорошо подходит для внедрения автоматизированного тестирования на начальных этапах;

2. JMeter – используется для тестирования нагрузки на проекты и позволяет показать, способно ли тестируемое веб-приложение справляться с высокой нагрузкой, подходит для тестировщиков специализирующихся на проверке нагрузки и производительности;

3. RestAssured – библиотека, предоставляющая широкие возможности для автоматизации тестов API на Java, хорошо подходит для тестировщиков, владеющих навыками программирования на Java,

написание тестов в начале может быть более трудным, но поддерживать их будет проще, чем в других инструментах.

Для успешного внедрения тестирования в гибкие методологии рекомендуется:

- разрабатывать автоматизированные тесты, включая тесты API;
- интегрировать API тестирование в процесс CI/CD;
- поддерживать автоматизированные тесты в актуальном состоянии в соответствии с появляющимися требованиями и наработками.

API тестирование в проектах с гибкой методологией управления является важной и приоритетной частью в проверке работоспособности программ. Включение тестирования API в процессы создания и выпуска проекта предоставляет весомые преимущества командам разработки и инженеров. Его преимущества, такие как скорость, эффективность, покрытие, относительно простая поддержка и интеграция с CI/CD, делают его неотъемлемой частью Agile подхода. Успешная реализация API тестирования требует использования современных инструментов, автоматизации и тесной интеграции с процессами разработки.

Библиографический список

1. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый. – 3-е изд. – Минск: Четыре четверти, 2020. – 312 с.
2. The Art of Software Testing / Glenford J. Myers, Corey Sandler, Tom Badgett. – 3rd ed. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011 – 256 p.
3. ISTQB® Certified Tester базовый уровень [Электронный ресурс] // RSTQB. – URL: <https://www.rstqb.org/ru/istqb-ctfl.html> (дата обращения: 10.12.2024).

Сведения об авторах

Фаттахов Никита Маратович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ1-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: fattahovnikita@mail.ru

Тарутин Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: itas-pnpu@yandex.ru

К.Г. Булатова, М.Д. Кайсина

Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова, Ижевск

ЕСМ И ERP – КОМПОНЕНТЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В этой статье рассматриваются инструменты цифрового управления предприятием в контексте современных технологий и платформ, выделяются ключевые компоненты и подчеркивается необходимость их внедрения для повышения эффективности работы. Обсуждается важность внедрения систем планирования ресурсов и систем управления документооборотом и информацией, проводится обзор и анализ ERP и ЕСМ-систем. В заключении подчеркивается важность внедрения инструментов управления цифровыми предприятиями для достижения конкурентоспособности в современной цифровой экономике и адаптации к новым требованиям для достижения устойчивого развития.

Ключевые слова: корпоративная информационная система, ERP, ЕСМ, оптимизация бизнес-процессов, планирование ресурсов, обработка данных, документооборот.

K.G. Bulatova, M.D. Kaysina

Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk

ECM AND ERP – COMPONENTS OF A CORPORATE INFORMATION SYSTEM

This article examines the tools of digital enterprise management in the context of modern technologies and platforms, highlights the key components and emphasizes the need for their implementation to improve work efficiency. The importance of implementing resource planning systems and document and information management systems is discussed, and ERP and ECM systems are reviewed and analyzed. In conclusion, the importance of implementing digital enterprise management tools to achieve competitiveness in the modern digital economy and adapt to new requirements to achieve sustainable development is emphasized.

Keywords: corporate information system, Enterprise Resource Planning (ERP), Enterprise Content Management (ECM), optimization of business processes, resource planning, data processing, document management.

В наше время корпоративные информационные системы играют ключевую роль в управлении предприятием, помогая обеспечивать эффективное управление информацией и ресурсами, адаптироваться

к быстро меняющимся условиям рынка, повысить продуктивность персонала, совершенствовать качество продукции и услуг. Вот несколько причин, по которым использование цифрового инструментария важно для управления предприятием: автоматизация процессов, улучшение обмена информацией, мониторинг и анализ данных, улучшение взаимодействия с клиентами, более эффективное управление ресурсами.

Цифровой инструментарий в корпоративных информационных системах представляет собой совокупность инструментов и технологий, которые используются для сбора, обработки, хранения и передачи информации внутри организации. Компонентами корпоративных информационных систем являются различные программные продукты, такие как системы управления документами, CRM-системы, ERP-системы, ЕСМ-системы, аналитические инструменты, интеграция с облачными сервисами и мн. др.

Основные характеристики ERP и ЕСМ-систем. Основными и ключевыми информационными системами для повышения эффективности работы предприятия являются ERP и ЕСМ-системы. Использование ERP (Enterprise Resource Planning) и ECM (Enterprise Content Management) систем на предприятии играет ключевую роль в оптимизации бизнес-процессов и управлении информацией [1]. Основные причины использования данных систем:

1. Централизация данных: ERP-системы позволяют собирать и хранить все данные о бизнес-процессах и операциях компании в одном месте. Это упрощает доступ к информации и помогает избежать дублирования данных.

2. Улучшение эффективности: ERP-системы автоматизируют многие бизнес-процессы, от управления закупками до учета и контроля складских запасов. Это позволяет сократить время и ресурсы, затрачиваемые на выполнение операций.

3. Улучшение принятия решений: ERP-системы предоставляют руководителям компании актуальную информацию о текущем состоянии бизнеса, что помогает им принимать обоснованные решения на основе данных.

4. Усиление безопасности: ЕСМ-системы позволяют управлять документами и конфиденциальной информацией, обеспечивая безопасное хранение и доступ к данным только авторизованным пользователям.

5. Соблюдение законодательства: ERP и ECM-системы помогают компаниям соблюдать законодательные требования в области учета, отчетности и хранения данных.

ERP (Enterprise Resource Planning) – это программный комплекс, который позволяет компаниям автоматизировать и интегрировать бизнес-процессы, управлять ресурсами и получать централизованное представление о деятельности компании.

Основные характеристики ERP включают в себя:

- 1) централизованное управление бизнес-процессами;
- 2) интеграцию различных функциональных областей компании (финансы, управление персоналом, продажи, закупки и т.д.);
- 3) автоматизацию рутинных операций;
- 4) повышение эффективности и производительности компании;
- 5) увеличение прозрачности: ERP обеспечивает доступ к актуальным данным и отчетам о деятельности компании, что улучшает прозрачность бизнес-процессов.

ERP используется для улучшения планирования, контроля и учета ресурсов, увеличения прозрачности и оперативности в принятии решений [2]. Внедрение ERP позволяет компаниям управлять своей деятельностью более эффективно, улучшать взаимодействие между различными подразделениями и повышать конкурентоспособность компании. Перед внедрением ERP необходимо провести детальный анализ текущих бизнес-процессов в организации для определения узких мест и возможных областей для улучшения. Это поможет оптимизировать процессы и адаптировать систему ERP под требования организации [3].

На рынке корпоративных информационных систем представлены следующие ERP-системы: 1C: ERP; «Галактика ERP»; SAP ERP; «Парус»; «Компас» и др.

ECM (Enterprise Content Management) – это комплексное программное обеспечение, предназначенное для управления информационными ресурсами организации.

Основные характеристики ECM включают в себя:

- 1) управление документами: ECM позволяет организациям эффективно управлять электронными документами, включая классификацию, индексацию, хранение и поиск;

2) управление рабочим процессом: ECM автоматизирует рабочие процессы, позволяя оптимизировать бизнес-процессы;

3) управление записями: ECM обеспечивает правильное хранение и управление архивированными записями в соответствии с требованиями нормативных документов;

4) управление версиями: ECM позволяет отслеживать и управлять версиями документов, обеспечивая целостность контента;

5) безопасность: ECM обеспечивает защиту конфиденциальности и целостности данных, а также контроль доступа к информации для предотвращения несанкционированного использования.

ECM используется для управления, организации и контроля контента и информации, которые создаются и используются в рабочих процессах [4]. Система включает в себя такие функции, как создание, редактирование, хранение, поиск, распространение и управление контентом и документами в цифровой форме.

На рынке корпоративных информационных систем представлены следующие ECM-системы: Directum RX; TESSA; ELMA365 ECM; Авандок; 1F СЭД и др.

В целом использование ERP и ECM-систем на предприятии повышает эффективность работы компании, улучшает контроль за процессами и помогает компании быть конкурентоспособной на рынке.

Сравнительный анализ ERP и ECM-систем. Прежде чем внедрять ERP-систему или ECM-систему, необходимо определить цели и потребности бизнеса [5]. Каждая из систем имеет свои особенности.

Составим собственный рейтинг ERP и ECM-систем на основе следующих критериев: отрасли применения; формат поставки программного обеспечения (ПО); кроссплатформенность; доступность в Российской Федерации (входит в реестр отечественного ПО); стоимость (рублях). Проводить оценку каждого критерия будем с помощью балльной системы. Каждой программе будет начислено определенное количество баллов по вышеперечисленным критериям. Чем больше итоговая сумма баллов, тем выше место в рейтинге. Представим основные правила начисления баллов по каждому критерию:

1) отрасли применения: средний и крупный бизнес (СиКБ) – 2 балла; средний или крупный бизнес (С/КБ) – 1 балл;

2) формат поставки программного обеспечения (ПО): коробка (К) (разовая покупка вечных лицензий, установка на свой сервер) – 2 балла;

облако (О) (ежемесячная подписка, установка на сервера провайдера) – 1 балл; On-prem (On-pr.) (ежемесячная подписка, установка на свой сервер) – 1 балл.

3) кроссплатформенность (платформа, на которой может работать система. За каждую платформу начисляется 1 балл): Windows, Android, Linux, Mac и iOS.

4) доступность в Российской Федерации. Если система входит в реестр отечественного ПО, то начисляется 1 балл, в противном случае – 0 баллов;

5) стоимость. Баллы по данному критерию рассчитаны по прогрессивной шкале в зависимости от цены на систему минимальной конфигурации на 5 пользователей и полномасштабной версии на 200 пользователей.

Сравнение ERP-систем представлено в табл. 1, а ECM-систем – в табл. 2.

Таблица 1

Сравнение ERP-систем

ERP-система/ критерий	Отрасли примене- ния	Формат поставки ПО	Платформа	Доступ в РФ	Стоимость	Итого баллов
1С: ERP	СиКБ	К; О; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	+	Средние цены	2+4+5+1+1= 13
Галактика ERP	СиКБ	К; On-pr.	Windows, Android, Mac и iOS	+	Средние цены	2+3+4+1+1= 11
SAP ERP	СиКБ	К; О; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	–	Средние цены	2+4+5+0+1= 12
Парус	СиКБ	К; On-pr.	Windows, Linux	+	Средние цены	2+3+2+1+1= 9
Компас	СиКБ	К; On-pr.	Windows	+	Средние цены	2+3+1+1+1= 8

Таким образом, из табл. 1 можно сделать вывод о том, что рейтинг ERP-систем представлен в следующем порядке: максимальное количество баллов (13 баллов) набирает 1С: ERP, далее 12 баллов – SAP ERP, «Галактика ERP» – 11 баллов, «Парус» и «Компа» с – 9 и 8 баллов соответственно. Важно отметить, что на данный момент систему SAP ERP невозможно установить в Российской Федерации. Работать в этой системе могут только текущие пользователи, у которых уже установлена программа и была приобретена лицензия.

Сравнение ЕСМ-систем

ЕСМ-система/ критерий	Отрасли приме- нения	Формат поставки ПО	Платформа	Доступ в РФ	Стоимость	Итого баллов
Directum RX	СиКБ	К; О; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	+	Средние цены	2+4+5+1+1= 13
TESSA	СиКБ	К; О; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	+	Средние цены	2+4+5+1+1= 13
ELMA365 ЕСМ	СиКБ	К; О; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	+	Средние цены	2+4+5+1+1= 13
Авандок	СиКБ	К; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	+	Средние цены	2+3+5+1+1= 12
1F СЭД	СиКБ	К; О; On-pr.	Windows, Android, Linux, Mac и iOS	+	Цены выше среднего	2+4+5+1+0= 12

Дополнительно следует ввести следующий критерий оценки ЕСМ-систем: решения (модули), входящие в систему (CRM, HRM, СЭД, ВРМ), – за каждый модуль по 1 баллу. Так, «ELMA365 ЕСМ» и «1F СЭД» имеют все модули, за что получают дополнительных 4 балла. В Directum RX отсутствует модуль CRM (+3 балла). В TESSA отсутствует модуль HRM (+3 балла). В «Авандок» отсутствуют модули CRM и HRM (+2 балла).

Таким образом, лидирующую позицию занимает ЕСМ-система «ELMA365 ЕСМ» – 17 баллов. Directum RX, TESSA и «1F СЭД» получают по 16 баллов. «Авандок», в свою очередь получает 14 баллов.

Однако стоит помнить о том, что у каждой из вышеперечисленных ERP и ЕСМ-систем есть свои преимущества и недостатки. Поэтому, чтобы сделать обоснованный вывод о том, какая система лучше подойдет для конкретной организации, следует детально проанализировать каждую систему в разрезе специфики этой организации. Кроме того, при выборе системы и поставщика необходимо обеспечить соответствие системы стандартам безопасности данных и законодательству. Стоит четко понять, какие цели и задачи должны быть достигнуты с помощью новой системы ERP или ЕСМ. Это поможет определить, какие модули и функции нужно внедрить, а также какие процессы и бизнес-процессы нужно оптимизировать.

Интеграция ERP и ЕСМ. Интеграция между системами управления документами (ЕСМ) и системами планирования ресурсов предприятия (ERP) очень важна для эффективной работы организации. ЕСМ-система отвечает за управление и хранение всех документов

и информации в компании, в то время как ERP-система управляет бизнес-процессами, финансами, расходами и другими аспектами деятельности предприятия.

Интеграция между ЕСМ и ERP-системами позволяет автоматизировать передачу и обмен информацией между ними, что улучшает эффективность работы сотрудников и уменьшает вероятность ошибок. Например, когда документ завершается в ЕСМ-системе, информация о нем автоматически передается в ERP-систему для дальнейшей обработки и анализа. Также интеграция позволяет легко найти нужную информацию, связанную с конкретным документом или бизнес-процессом, что экономит время и улучшает оперативность принятия решений [3]. В целом, интеграция между ЕСМ и ERP-системами помогает компании повысить производительность, улучшить управление информацией и ускорить бизнес-процессы.

Заключение. В целом ERP-системы представляют собой мощный инструмент для автоматизации и оптимизации бизнес-процессов, содействуя улучшению операционной эффективности и принятию обоснованных решений на основе актуальных данных. Также управление корпоративным контентом (ЕСМ) является важным элементом информационной стратегии любой организации, помогая сохранять ценные данные, обеспечивать их безопасность, улучшать доступность и содействовать совместной работе с контентом. Следует помнить, что при выборе ERP и ЕСМ-систем необходимо учитывать большое количество взаимосвязанных факторов, таких как гибкость, разнообразие модулей, входящих в систему, удобство и простоту использования интерфейса и мн. др.

Внедрение компонентов корпоративных информационных систем в управление предприятием является необходимым для успешного развития бизнеса в современных условиях. Этот инструментарий помогает повысить эффективность работы с данными, автоматизировать процессы, улучшить взаимодействие между сотрудниками и клиентами, а также повысить конкурентоспособность.

Библиографический список

1. Граничин О.Н., Кияев В.И. Информационные технологии в управлении: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2024. – 400 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR

SMART. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/133941.html> (дата обращения: 01.04.2024).

2. Ильин В.В. Внедрение ERP-систем: управление экономической эффективностью [Электронный ресурс]. – 3-е изд. – М.: Интермедиа-тор, 2018. – 296 с. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/89565.html> (дата обращения: 01.04.2024).

3. Role of cloud ERP on the performance of an organization: contingent resource-based view perspective / G. Shivam, S. Kumar, S.K. Singh, C. Foropon, C. Chandra // The International Journal of Logistics Management. – 2018. – Vol. 29, no. 2. – P. 659–675.

4. Cleverley P.H., Burnett S.M. Enterprise search and discovery capability: The factors and generative mechanisms for user satisfaction. Robert Gordon University, 2019 // Journal of Information Science 18 citations.

5. Jaafar M.G., Burhanuddin M.A. Cloud-Based ERP Implementation in SME's: A Literature Survey / G. Shivam, S. Kumar, S. K. Singh, C. Foropon, C. Chandra 2018 // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7, no. 3.20. – P. 753–755.

Сведения об авторах

Булатова Кристина Геннадьевна – студентка Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М23-791-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: kkkbbb000@mail.ru

Кайсина Мария Дмитриевна – студентка Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М23-791-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: ma-ri.kaysina@mail.ru

С.А. Сторожев, А.В. Лубянский

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РАЗРАБОТКА 3D НАВИГАЦИОННОГО ДАТЧИКА НА БАЗЕ 2D ЛИДАРА

В статье рассматриваются исследования в области навигационных технологий, включая методы локализации, картографирования и планирования маршрутов. Особое внимание уделено использованию сенсоров, таких как LiDAR, а также их интеграции в механические поворотные системы.

Ключевые слова: машинное зрение, сканирование, 2D лидары, опорно-поворотные отклоняющиеся системы, сервисные роботы.

S.A. Storozhev, A.V. Lubyanskiy

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DEVELOPMENT OF A 3D NAVIGATION SENSOR BASED ON 2D

The article discusses research in the field of navigation technologies, including methods of localization, mapping and route planning. Special attention is paid to the use of sensors such as LiDAR, as well as their integration into mechanical rotary systems.

Keywords: machine vision, scanning, 2D lidars, pivoting deflection systems, service robots.

С развитием технологий автономной навигации и робототехники возникает необходимость в более точных и эффективных системах позиционирования и картографирования. Одним из ключевых компонентов таких систем являются лазерные дальномеры, или лидары. В данной статье мы рассмотрим процесс разработки 3D навигационного датчика на базе 2D лидара, его преимущества и области применения.

На сегодняшний день детектирование роботами препятствий осуществляется при помощи 3D камер, Smart камер, лидаров и других сенсоров. Лидаром является технология измерения расстояния путем излучения света и замера времени возвращения этого отраженного света на приемник. Лидары нашли свое применение еще в XX в.

и использовались в аэрокосмической отрасли в виде лазерных дальномеров. Именно такая система применялась для картирования поверхности Луны [1]. На рис. 1 представлен принцип работы лидара.



Рис. 1. Принцип работы лидара

Согласно рис. 1, мы можем увидеть, как направленный от излучателя луч отражается от объектов и возвращается к приемнику. Расстояние до точки поверхности цели (объекта) рассчитывается следующим образом:

$$L = 0,5 \cdot c \cdot t,$$

где L – расстояние до точки отражения, c – скорость света, t – время прохождения светом пути до точки отражения и обратно.

В связи с этим становится возможно рассчитать зависимость времени отклика от расстояния до объекта, сканируемого лидаром (таблица).

Расчет зависимости времени отклика

Расстояние	100 км	1 км	10 м	1 м
Время отклика	0,67 с	6,7 мкс	67 нс	6,7 нс

На рис. 2 представлена структура лидара. Как правило, лидары состоят из трех основных частей: системы управления, передатчика и приемника [2].

2D лидары обладают высокой точностью и быстротой работы, но они имеют свои ограничения. Главной проблемой является их неспособность захватывать данные о высоте объектов, что делает их менее эффективными в сложных трехмерных средах, таких как городские ландшафты. Для решения этой проблемы необходимо интегрировать 2D лидар с опорно-поворотной системой для преобразования 2D данных в 3D. Это позволит создать более полное представление о трехмерной структуре окружающей среды.

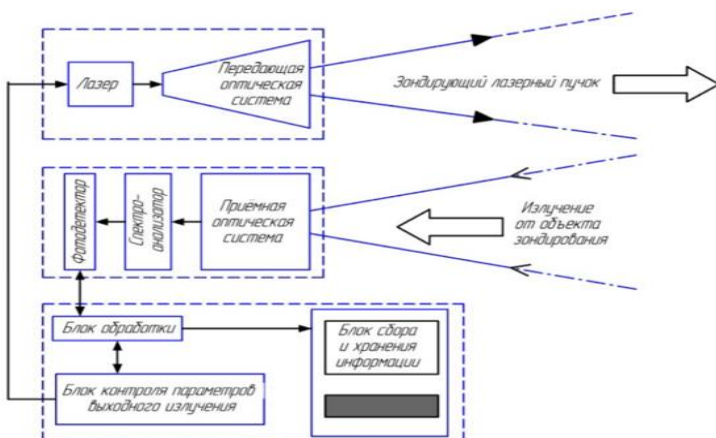


Рис. 2. Структура лидара

Рассмотрим пример опорно-поворотной отклоняющей системы. Ниже представлено изображение 3D модели с описанием.

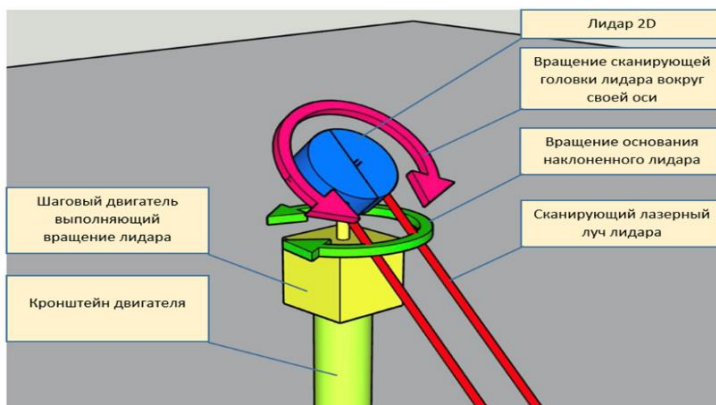


Рис. 3. Модель 3D навигационного датчика

Согласно рис. 3, вращение сканирующей головки лидара вокруг своей оси и вращение основания наклоненного лидара позволяют 2D лидару стать 3D навигационным датчиком, поскольку появляется возможность захватывать облако точек в трех координатных измерениях за счет вращения и поворота устройства в целом.

Далее рассмотрим детальнее, как происходит сканирование поверхности 3D лидаром. На первых этапах испытаний макет необходимо заранее вручную выставлять на нужный угол для сканирования. Рассмотрим, какие типы двигателей чаще всего используются и какие алгоритмы управления применяются.

Шаговые двигатели часто используются в лидарах, поскольку они позволяют точно контролировать положение ротора, что критично для корректного сканирования. Каждый импульс, подаваемый на двигатель, вызывает перемещение ротора на определенный угол (шаг). Преимущество шаговых двигателей – высокая точность позиционирования и отсутствие необходимости обратной связи для контроля положения.

Алгоритмы управления двигателем в лидаре должны обеспечивать точное и быстрое перемещение головки лидара для сбора данных.

PID-контроллеры являются наиболее распространенными и универсальными регуляторами [3]. Пропорциональный компонент реагирует на текущую ошибку между фактическим и требуемым значением. Интегральный компонент учитывает накопленную ошибку во времени. Дифференциальный компонент предсказывает будущие изменения на основе текущих тенденций.

Адаптивные регуляторы изменяют свои параметры в зависимости от изменений в системе или внешней среде. Они полезны в ситуациях, когда характеристики системы могут меняться со временем. Примерами адаптивных регуляторов являются самонастраивающиеся PID-регуляторы и нейроадаптивные контроллеры.

Ниже представлено изображение диаграммы сканирования поверхности с описанием.

На рис. 4 мы можем увидеть красную зону, которая используется чаще всего, эта зона, в которой расположено облако точек, которое способен захватывать разработанный 3D навигационный датчик. Желтым цветом обозначается возможная область сканирования вокруг своей оси. Зеленым и розовым цветом обозначены границы зоны видимости, при необходимости эти области можно компенсировать дополнительными датчиками.

Создание 3D навигационного датчика на базе 2D лидара и поворотного механизма представляет собой инновационное решение, позволяющее эффективно решать задачи, требующие объемного представления окружающего пространства.

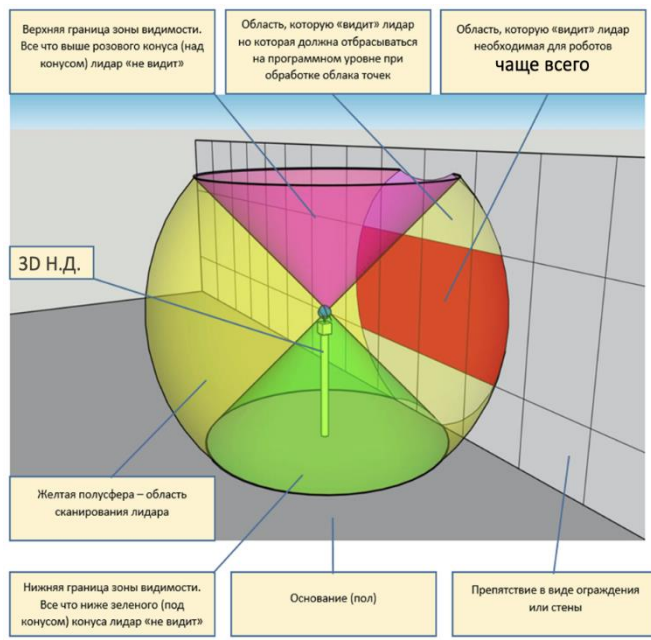


Рис. 4. Сканирование поверхности 3D лидаром

Данный подход демонстрирует высокую гибкость и экономичность, делая его доступным для широкого спектра приложений, от робототехники до геодезии и архитектуры. Несмотря на наличие некоторых технических ограничений, связанных со скоростью сканирования и механическим износом, преимущества этого метода очевидны: низкая стоимость, простота реализации и возможность адаптации под различные условия эксплуатации [4].

Дальнейшее развитие данной технологии обещает еще большее улучшение характеристик и расширение областей применения, что делает её незаменимой в будущем.

Библиографический список

1. Тихомиров Н.В. Применение принципов и механизмов системы лидар в прицельно-навигационном комплексе [Электронный ресурс] // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2021. –

№ 4 (56). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-printsipov-i-mehanizmov-sistemy-lidar-v-pritselno-navigatsionnom-komplekse> (дата обращения: 11.02.2023).

2. Урваев И.Н. Навигация мобильного робота на основе методов лазерной дальнометрии [Электронный ресурс] // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2021. – № 1 (35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/navigatsiya-mobilnogo-robota-na-osnove-metodov-lazernoy-dalnometrii> (дата обращения: 09.04.2023).

3. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Основы теории автоматического управления. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004.

4. Бесконтактные средства локальной ориентации роботов / С.М. Власов, В.И. Бойков, С.В. Быстров, В.В. Григорьев. – СПб.: Изд-во Университета ИТМО, 2017.

Сведения об авторах

Сторожев Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университет, Пермь, Российская Федерация, e-mail: serga5@mail.ru

Лубянский Антон Валерьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСП-24-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: antonvl02@ya.ru

А.В. Тарутин, Д.О. Сньозик

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПУТЕМ СОВМЕЩЕНИЯ ПРОВЕРОК ИНТЕРФЕЙСА И API

В этой статье исследуется возможность объединения разных видов автоматизации тестирования. Рассматривается возможность объединения тестирования интерфейсов с интеграционным тестированием. Тестирование интерфейсов представляет собой проверку приложения с пользовательской стороны, а интеграционное тестирование проверяет взаимодействие компонентов приложения между собой и с внешними системами. Такой подход к автоматизации способен как повысить надежность проверок интерфейса приложения, так и увеличить процент покрытия кода интеграционным тестированием.

Ключевые слова: автоматизация тестирования, интеграционное тестирование, тестирование интерфейсов, покрытие кода.

A.V. Tarutin, D.O. Snjozik

Perm National Research Polytechnic University, Perm

IMPROVING THE QUALITY OF TEST AUTOMATION BY COMBINING INTERFACE AND API TESTING

This article explores the possibility of combining different types of test automation. The article considers the possibility of combining interface testing with integration testing. Interface testing is an application check from the user side, and integration testing checks the interaction of application components with each other and with external systems. This approach to automation can both increase the reliability of application interface checks and increase the percentage of code coverage by integration testing.

Keywords: test automation, integration testing, interface testing, code coverage.

В современном мире, где технологии постоянно стремительно развиваются, а объем задач, охватываемых программными продуктами, постоянно растет, одним из ключевых факторов развития для любого приложения является повышение его надежности и стабильности работы. Регулярные обновления функционала приложения играют важную роль в обеспечении конкурентоспособности программного

продукта и его способности адаптироваться к меняющимся условиям рынка, но без регулярных проверок стабильности его работы и работоспособности в целом приложение может лишиться своей надежности, а следовательно, и своей конкурентоспособности. Одним из стремительно набирающих популярность методов тестирования является его автоматизация. В этом направлении выделено несколько основных видов тестирования, самой популярной моделью представления которых является пирамида тестирования, впервые описанная Майком Коном в 2009 г. [1]. Пирамида тестирования демонстрирует иерархическую структуру уровней тестирования, где верхние уровни, характеризующиеся высокой стоимостью, имеют более низкий приоритет применения. Напротив, нижние уровни тестирования, отличающиеся меньшими затратами, должны быть приоритетно использованы для обеспечения широкого тестового покрытия. Пирамида тестирования представлена на рисунке.



Рис. Пирамида тестирования

В небольших проектах либо в маленьких компаниях зачастую используется исключительно ручное тестирование, в некоторых случаях присутствуют также автоматизированные модульные тесты для отдельных компонентов программы. Такой подход к тестированию требует больших затрат и при этом не обеспечивает достаточного покрытия функционала приложения и различных сценариев его использования. Чтобы закрыть пробелы в покрытии приложения тестами, оставленные модульным и ручным тестированием, необходимо задейство-

вать интеграционное тестирование и тестирование интерфейса программы. Современные инструменты автоматизации тестирования интерфейса позволяют включить в сценарии также элементы интеграционного тестирования (отправка запроса на сервер, проверка приходящего ответа на запрос к внешней системе и т.д.), что не может целиком закрыть потребность в полноценном интеграционном тестировании, но чего будет достаточно на раннем этапе автоматизации. Такой подход к построению проверок интерфейса также поможет повысить их надежность, путем подтверждения корректной работы приложения как со стороны клиента, так и со стороны сервера. Например, для случая, когда мы имеем форму для оплаты, разработанную внешним сервисом (банком), за разработку которого мы не отвечаем, нам будет недостаточно проверить только то, что корректно сработал элемент интерфейса, а нужно будет также проверить, что сервер принял наши данные и успешно передал их дальше.

Рассмотрим возможность реализации такого метода тестирования с помощью библиотеки Cypress, так как она является одной из самых популярных библиотек для автоматизации тестирования интерфейсов приложения, а также поддерживает методы взаимодействия с сервером без необходимости установки дополнительных инструментов. Рассмотрим возможности библиотеки в части взаимодействия с сервером. В таблице приведены функции, позволяющие взаимодействовать с серверной частью приложения.

Основные функции для работы с запросами в библиотеке Cypress

Название функции	Назначение
cy.request()	Отправка запроса на сервер
cy.intercept()	Перехват запроса с целью дальнейшей проверки содержимого
cy.api()	Отображает запрос и ответ в окне браузера, помогая удобнее наблюдать за процессом тестирования

Пример функции, использующей объединение двух видов тестирования, представлен в листинге.

Листинг. Пример функции на JavaScript, объединяющей тестирование интерфейса и API

```
describe("тестовый сценарий", () => {  
  it("тестовая функция", () => {
```

```

        //сохранение ожидаемого запроса в
переменную
        cy.intercept("GET",
"/transactions/public*").as("transactions")

        cy.visit('/transactions')
        cy.get('button[id=load]').click()

        //ожидание запроса и проверка его стату-
са

        cy.wait('@transactions').its('response.status
Code').should('be.equal', 200)
    })
})

```

Библиографический список

1. Кон М. Успех с помощью Agile: разработка программного обеспечения с использованием Scrum. – Addison-Wesley Professional, 2009. – 503 с.

Сведения об авторах

Тарутин Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: itas-pnpu@yandex.ru

Сньозик Дмитрий Олегович – студент Пермского национально-исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: dmitriisnozik@gmail.com

Г.В. Шамшурина, А.В. Шкляев

Ижевский государственный технический университет
им. М.Т. Калашникова, Ижевск

КЛАССИФИКАЦИЯ И СЕГМЕНТАЦИЯ ДЕФЕКТОВ СТЕКЛА

В статье рассматривается проблема обнаружения дефектов стекла, которые значительно влияют на качество и безопасность продукции. Предлагается подход к автоматизации процесса выявления и анализа дефектов стеклянной тары с использованием нейронных сетей. Описаны основные виды дефектов, этапы подготовки и аннотирования данных, а также применение платформы Roboflow для повышения эффективности обучения моделей.

Ключевые слова: дефекты стекла, нейронные сети, классификация, сегментация, датасет, аннотирование изображений, Roboflow.

G.V. Shamshurina, A.V. Shklyayev

Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk

CLASSIFICATION AND SEGMENTATION OF GLASS DEFECTS

This article addresses the problem of detecting glass defects, which significantly impact the quality and safety of products. A neural network-based approach is proposed to automate the detection and analysis of glass container defects. The study describes the main types of defects, the stages of data preparation and annotation, and the application of the Roboflow platform to improve model training efficiency. Prospects for the development of technologies for working with limited data are highlighted.

Keywords: domain glass defects, neural networks, classification, segmentation, dataset, image annotation, Roboflow.

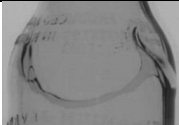
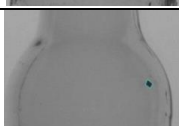
Дефекты стекла серьезно влияют на функциональность и безопасность продукции, снижая её качество и спрос [1]. Автоматизация обнаружения дефектов с использованием нейронных сетей позволяет улучшить качество и сократить затраты [2]. Для обучения таких систем требуется подготовить датасет с размеченными изображениями. В статье рассматриваются виды дефектов стеклянной тары, а также методы и инструменты их аннотирования. Дефект стекла – дефект, возникший в результате неоднородности стекломассы, отклонения от заданного состава и цвета стекла, наличия кристаллических, стекло-видных, инородных или газовых включений [3].

Основные дефекты стекла и изделий из него указаны в ГОСТ Р 54494-2011. Их можно подразделить на следующие группы:

- поверхностные дефекты: царапины, трещины, сколы и пятна, которые возникают на поверхности стекла;
- внутренние дефекты: включения, пузырьки, стеклянные нити, неоднородности материала;
- геометрические дефекты: неровности или искажения, возникающие в процессе формовки.

В таблице приведены некоторые наиболее часто встречающиеся дефекты стекла.

Дефекты стекла

Тип дефекта	Изображение без разметки		Изображение с разметкой	
Скол на венчике				
Стеклянная нить				
Включение				
Пузырь				
Деформация бутылки				

Подготовка данных для датасета является критически важным этапом, определяющим качество результатов в процессе распознава-

ния. Согласно ряду исследований, на этот этап может быть затрачено до 80 % всего времени, выделенного на реализацию проекта [4].

Датасет представляет собой структурированный набор данных, предназначенный для анализа, обучения моделей машинного обучения и решения различных вычислительных задач [5].

Первым этапом формирования датасета является сбор исходного материала. Данные могут быть получены из открытых источников или созданы самостоятельно путём фотографирования образцов, включающих как изделия без дефектов, так и с различными видами повреждений.

При подготовке материала рекомендуется соблюдать следующие принципы:

1. Образцы следует предварительно сгруппировать по типам дефектов, а их изображения сохранять в отдельные должным образом подписанные папки. Это существенно ускорит процесс аннотирования.

2. Изображения должны быть высокого разрешения и качества, что минимизирует вероятность ошибок при разметке и упростит дальнейшую работу.

3. Чем более разнообразным и объёмным будет исходный набор данных, тем выше точность обучения нейронной сети и качество итоговых результатов.

4. Для достижения максимальной эффективности обучающая выборка должна максимально соответствовать объектам, которые предстоит анализировать алгоритму [6].

5. Для увеличения объёма данных рекомендуется фотографировать объекты под различными углами, в условиях различного освещения, а также использовать методы аугментации, такие как модификация существующих изображений для расширения выборки.

Вторым этапом формирования датасета является разметка данных – процесс аннотирования изображений, направленный на определение наличия и точного расположения объектов интереса на изображении [7]. Для реализации этой задачи эффективно использовать Roboflow – специализированную платформу, предназначенную для подготовки данных и оптимизированную для обработки изображений в рамках обучения нейронных сетей. Платформа предоставляет широкий набор инструментов для конвертации, аугментации и управления данными, что значительно упрощает и ускоряет процесс их предварительной обработки. Roboflow поддерживает автоматическую разметку объек-

тов, которая достаточно точно выделяет крупные объекты простой формы, например тело бутылки. Для выделения дефектов больше подходят ограничивающие прямоугольники и полигоны [8].

Для повышения точности аннотирования данных рекомендуется организовать процесс в несколько этапов: первичная разметка, последующая проверка и корректировка. Подход к разметке варьируется в зависимости от поставленных задач нейронной сети. Если целью является различие между дефектными и нормальными бутылками для предотвращения брака, достаточно применения меток и тегов, что позволяет быстро выполнить разметку. Однако для детекции дефектов и определения их точного местоположения требуется более сложный и ресурсоёмкий процесс, включающий нахождение координат объектов на изображении и сегментацию.

Закключение. Подготовка данных играет ключевую роль в успешной реализации задач классификации и сегментации, определяя качество работы нейронных сетей. Этапы формирования датасета, включая сбор, обработку и аннотирование изображений, требуют значительных временных и ресурсных затрат, однако они являются необходимыми для достижения высоких результатов. Использование современных инструментов, таких как платформа Roboflow, существенно упрощает процесс подготовки данных, предоставляя возможности для аугментации, разметки и управления данными. Таким образом, современные технологии и методы подготовки данных открывают широкие перспективы для дальнейшего совершенствования процессов распознавания объектов и оптимизации работы нейронных сетей.

Библиографический список

1. Струнин Р.М. Анализ процесса производства стеклобутылок // Студенческий форум. – 2020. – № 32-1 (125). – С. 72–75.
2. Ситников В.В., Люминарский В.В., Коробейников А.В. Обзор методов распознавания объектов, используемых в системах машинного зрения // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2019. – № 21 (4). – С. 222–229. DOI: 10.22213/2413-1172-2018-4-222-229
3. ГОСТ Р 54494-2011. Тара стеклянная. Дефекты стекла и изделий из него. Термины и определения. – М., 2011.
4. Ворожцова Н.А., Вологдин С.В. Подготовка набора данных для распознавания показаний с фотографий лицевых панелей приборов

учета электроэнергии // Вестник Российского нового университета. Сер. Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2020. – № 4. – С. 121–126. DOI 10.25586/RNU.V9187.20.04.P.121.

5. Бородина Н.А., Новгородов А.А. Создание и подготовка наборов данных для решения задачи классификации изображений с применением нейросетевых технологий // Электронные средства и системы управления: материалы докл. Междунар. науч.-прак. конф. – 2021. – № 1-2. – С. 226–229.

6. Робертс Л. Автоматическое восприятие трехмерных объектов // Интегральные роботы: пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – С. 162–208.

7. Филичкин С.А., Вологдин С.В. Применение нейронной сети YOLOv5 для распознавания наличия средств индивидуальной защиты // Интеллектуальные системы в производстве. – 2022. – 20 (2). – С. 61–67. DOI: 10.22213/2410-9304-2022-2-61-67

8. Цурихин О.И., Сокольников В.В. Процесс создания выборки для обучения нейросети с помощью Roboflow // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2024. – № 1-2(31-32). – С. 58–61.

Сведения об авторах

Шамшурина Галина Владимировна – студентка Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. Б22-021-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: shamshurinagv@mail.ru

Шкляев Александр Вячеславович – студент Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М24-785-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: a.shklyaev@internet.ru

Г.В. Шамшурина, А.В. Шкляев

Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова, Ижевск

ОБЗОР МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СТЕКЛОТАРЫ

В статье рассматривается проблема контроля качества стеклотары, в частности искривление бутылок, которое может негативно сказаться на упаковке, транспортировке и потребительских свойствах продукции. Традиционные методы визуального осмотра не обеспечивают необходимой эффективности, что делает актуальным разработку автоматических методов распознавания дефектов. Основное внимание уделяется методам компьютерного зрения и машинного обучения для анализа изображений бутылок. Описаны этапы распознавания дефектов, включая сбор данных, предобработку изображений, обнаружение контуров и анализ формы. Рассматриваются различные алгоритмы и фильтры, такие как Кэнни, Собеля и Hough Transform, а также архитектуры нейронных сетей, такие как U-net и Yolo, для сегментации изображений. В заключение подчеркивается важность автоматизации процессов контроля качества в производстве стеклотары для повышения эффективности и надежности.

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, opencv, yolo, искусственный интеллект.

G.V. Shamshurina, A.V. Shklyayev

Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk

OVERVIEW OF METHODS AND TOOLS FOR DETECTING GLASS CONTAINER DEFECTS

The article discusses the problem of quality control of glass containers, in particular, the curvature of bottles, which can negatively affect packaging, transportation and consumer properties of products. Traditional visual inspection methods do not provide the necessary efficiency, which makes it urgent to develop automatic defect detection methods. The main focus is on computer vision and machine learning methods for analyzing bottle images. The stages of defect recognition are described, including data collection, image preprocessing, contour detection, and shape analysis. Various algorithms and filters such as Canny, Sobel, and Hough Transform are considered, as well as neural network architectures such as U-net and Yolo for image segmentation. In conclusion,

the importance of automating quality control processes in the production of glass containers is emphasized in order to increase efficiency and reliability.

Keywords: neural networks, machine learning, opencv, yolo, artificial intelligence.

С увеличением производства стеклотары для различных отраслей промышленности возрастает необходимость в контроле качества продукции. Искривление тела бутылки может привести к проблемам с упаковкой, транспортировкой и даже к снижению потребительских свойств продукта. Традиционные методы контроля, такие как визуальный осмотр дефектов, являются неэффективными. Поэтому разработка методов для автоматического распознавания дефектов становится актуальной задачей.

Методы распознавания объекта

1. *Компьютерное зрение.* Компьютерное зрение предоставляет мощные инструменты для анализа изображений и видео. В статье [1] рассмотрены основные аспекты работы компьютерного зрения и OpenCV. В статье [2] описывается универсальный алгоритм, который может использоваться в качестве мониторинга объектов. Исходя из статьи [3], можно выделить основные этапы распознавания дефектов:

1.1. *Сбор данных.* Получение изображений бутылок с различными дефектами. Для этого используются встроенные инструменты opencv. Для подготовки датасета используется специальное программное обеспечение roboflow, которое было рассмотрено в статье [4]. В статье [5], посвященной обзору алгоритмов и проблеме подготовки набора данных для обучения моделей нейросетей, авторами рассматриваются виды и методы разметки данных, представленных в виде изображений, инструментальные средства их реализации.

1.2. *Предобработка изображений.* Устранение шумов (используются такие фильтры, как Gaussian Blur [6], Median Blur [7] и Bilateral Filter [8]), нормализация яркости (метод CLAHE – Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization [9]) и контрастности. В статье [10] рассматриваются встроенные методы opencv для предобработки изображения, а также его обнаружения.

1.3. *Обнаружение контуров.* Для обнаружения контуров применяются такие операторы, методы, как Кэнни [11], Собеля [12] и Mean Shift [13]. В статье [14] рассматриваются более подробно, приведены

примеры их реализации. Эти алгоритмы основаны на математических операциях, используемых для обработки изображений:

- метод Кэнни использует градиенты и пороговые значения;
- метод Собеля применяет свертку с фильтрами для вычисления градиентов [15];
- Mean Shift использует статистические методы для нахождения центров плотности.

Зависимость от градиентов и изменения яркости:

– метод Кэнни и метод Собеля – оба ориентированы на обнаружение границ, что подразумевает анализ изменений яркости в изображении. Они используют градиенты для определения мест, где происходят значительные изменения в яркости;

– Mean Shift, хотя и не ориентирован непосредственно на градиенты, также работает с изменениями в пространстве признаков, что может включать анализ изменений яркости.

1.4. *Анализ формы.* Применение методов, таких как Hough Transform [16], для определения искривлений и других геометрических дефектов, findContours() для нахождения координат контура и вычисления значения истинной оси бутылки. В статье [17] рассмотрена работа метода findContours совместно с методами Кэнни и Собеля.

Машинное обучение. Машинное обучение позволяет создавать модели, которые могут сегментировать необходимый объект. Главная цель сегментации – это выделить и классифицировать каждую область изображения, чтобы упростить или изменить его представление для дальнейшего анализа.

Данный подход рассмотрен в статье [18]. Также даны пояснения, что понимается под обучением нейронной сети, и подробно рассмотрены основные этапы машинного обучения. Для решения задач сегментации существуют готовые архитектуры: U-net, о которой более подробно можно почитать в статье [19], и Yolo segmentation, более подробное описание в статье [20]. В данном подходе строится бинарная маска изображения – если пиксель принадлежит объекту, то он обозначается белым цветом, если фону – то черным. Благодаря такой обработке можно достаточно точно определить контур объекта встроенными средствами opencv. А для дальнейшей обработки бинарная маска переводится в мас-

сив пипру [21]. В статье [22] рассмотрены самые популярные архитектуры нейронных сетей, а в статье [23] сравниваются различные сверточные нейронные сети: U-net, Yolo.

Распознавание дефектов. После обнаружения и извлечения объекта на изображении к нему применяются различные геометрические методы. Для обнаружения искривления тела бутылки находится ось следующим образом: для каждой ординаты объекта вычисляется среднее значение абсциссы. То есть суммируются самые левые и правые координаты абсцисс и делятся на два. Для визуализации оси можно использовать метод `opencv – drawContours`, который рассмотрен в статье [24]. Высота находится как разность между самой высокой и низкой координатой объекта.

Важно отметить, что по умолчанию система координат пикселя изображения имеет начало координат в верхнем левом углу. Диаметр вычисляется аналогично, только координаты берутся оси абсцисс.

Библиографический список

1. Евстраткин К.С., Султанова А.Р., Ерпелев А.В. OPENCV: варианты использования компьютерного зрения // Цифровые технологии: наука, образование, инновации: материалы III Междунар. науч. форума проф.-преподав. состава и молодых ученых, Москва, 09 ноября 2020 г. / под ред. А.В. Олейник, А.А. Зеленского. – М.: Изд-во Моск. гос. технолог. ун-та «СТАНКИН», 2021. – С. 28–31.
2. Кофанов П.И., Тупикин Д.А., Звягина Е.А. Компьютерное зрение, определение изменений посредством компьютерного зрения (на примере создания лазерного тира) // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2019. – № 3. – С. 158–160. DOI: 10.26160/2541-8637-2019-3-158-160
3. Ярыгин О.В., Согомонян С.А. Анализ применения нейронных сетей в области компьютерного зрения в 2020 г. // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 36. – С. 1631–1638.
4. Цурихин О.И., Сокольников В.В. Процесс создания выборки для обучения нейросети с помощью Roboflow // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2024. – № 1-2 (31-32). – С. 58–61.

5. Куприянова К.С., Рылов К.А., Курячий М.И. Разметка данных для обучения нейросетей распознаванию медицинских инструментов // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2024. – № 1-1. – С. 99–103.
6. Черкашин А.М. Использование размытия по Гауссу в изображении // Постулат. – 2021. – № 8 (70).
7. Face Recognition Based Attendance System Using Haar Cascade Algorithm with Histogram Equalization and Median Blur Filter / R.R. Nirmalasari, R. Nurhadhi, R.M. Ramadhan [et al.] // Jurnal Pendidikan Multimedia (Edsence). – 2023. – Vol. 5, no. 2. – P. 27–38. DOI: 10.17509/edsence.v5i2.65907
8. New temporal high-pass filter nonuniformity correction based on bilateral filter / Ch. Zuo, Q. Chen, G. Gu, W. Qian // Optical Review. – 2011. – Vol. 18, no. 2. – P. 197–202. DOI: 10.1007/s10043-011-0042-y
9. Reza A.M. Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement // The Journal of VLSI Signal Processing. – 2004. – Vol. 38, no. 1. – P. 35–44.
10. Новоторцев Л.В., Волобой А.Г. Модификация фильтра Кэнни в рамках задачи обнаружения строений // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – № 19. – С. 22–25.
11. Амонуллозода О.А. Методы распознавания объектов по изображению при помощи библиотеки opencv // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2019. – № 1(36). – С. 73–80.
12. Бо Я., Неусыпин К.А. Совершенствование метода предварительной обработки звездной карты с использованием оператора Собеля // Автоматизация. Современные технологии. – 2023. – Т. 77, № 7. – С. 308–314. DOI: 10.36652/0869-4931-2023-77-7-308-314
13. Андросов К.Ю., Горбунов А.Н. Применение метода «сдвига среднего» (mean shift) для обработки металлографических изображений // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. – 2015. – № 2(6). – С. 14–16.
14. Алгоритмические методы сегментации изображений: учеб. пособие / Д.Н. Тумаков, З.Д. Каюмов, А.А. Егорчев [и др.]. – Электрон-

ные текстовые данные (1 файл: 2 Мб). – Казань: Изд-во Казанского университета, 2023. – 40 с.

15. Орлов А.А., Сафронов Е.М. Вычисление градиента яркости на цифровых изображениях // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2005. – № 10. – С. 52–56.

16. Гордеев М.М., Санников А.Н., Бушуева М.Е. Оптимизация алгоритма обработки изображений «Hough Transform» с использованием openCV // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2018. – № 4 (123). – С. 16–21. DOI: 10.46960/1816-210X_2018_4_16

17. Manuaba P.P., Indah K.A.T. The object detection system of balinese script on traditional Balinese manuscript with findcontours method // MATRIX: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika. – 2021. – Vol. 11, no. 3. – P. 177–184. DOI: 10.31940/matrix.v11i3.177-184

18. Клехо Д.Ю., Карелина Е.Б., Батырев Ю.П. Использование технологии сверточных нейронных сетей в сегментации объектов изображения // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 140–145. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-140-145

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024613980 РФ. Программа для обнаружения и сегментации объектов на изображениях с применением нейронной сети класса U-Net: № 2023682583: заявл. 30.10.2023: опубл. 19.02.2024 / К.В. Вик.

20. Image Detection and Segmentation using YOLO v5 for surveillance / S. Mohanapriya, S.S. Mohana, T. Kumaravel, P. Sumithra // Applied and Computational Engineering. – 2023. – Vol. 8, no. 1. – P. 142–147. DOI: 10.54254/2755-2721/8/20230109

21. Печенин В.А., Печенина Е.Ю. Создание высокопроизводительного фреймворка глубокого обучения // Уральский научный вестник. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 192–198.

22. Москалев Н. С. Виды архитектур нейронных сетей // Молодой ученый. – 2016. – № 29 (133). – С. 30–34.

23. A perspective on the diagnosis of cracked tooth: imaging modalities evolve to AI-based analysis / Ju. Guo, Yu. Wu, L. Chen [et al.] // Bio-Medical Engineering Online. – 2022. – Vol. 21, no. 1. – P. 1–22. DOI: 10.1186/s12938-022-01008-4

24. Benazzouz Y., Guendouz D. A computer vision approach with OpenCV and deep learning for determining inductance in planar coils // Military Technical Courier. – 2024. – Vol. 72, no. 4. – P. 1645–1670. DOI: 10.5937/vojtechg72-51477

Сведения об авторах

Шамшурина Галина Владимировна – студентка Ижевского государственного университета им. М.Т. Калашникова, гр. Б22-021-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: shamshurinagv@mail.ru

Шкляев Александр Вячеславович – студент Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М24-785-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: a.shklyayev@internet.ru

Ю.С. Королев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ DATA MINING
НА ПРИМЕРЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМОВ
ДОБЫЧИ НЕФТИ В РОССИИ**

В статье рассматриваются технологии Data Mining для анализа и прогнозирования объемов добычи нефти в России. Исследование основано на данных о добыче нефти и ценах на Urals с января 2019 по август 2021 г. Рассмотрены методы анализа временных рядов, построение лаговой модели и оценка качества моделей с использованием критериев Фишера, Стьюдента, Дарбина – Уотсона и теста на гетероскедастичность. Выявлено влияние цены на нефть с лагами 2 и 3 месяца на добычу.

Ключевые слова: добыча нефти, временные ряды, лаговая модель, цена на нефть, сглаживание данных, прогнозирование, статистический анализ, коэффициент детерминации.

Yu.S. Korolev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**APPLICATION OF DATA MINING TECHNOLOGIES
ON THE EXAMPLE OF VOLUME FORECASTING
OIL PRODUCTION IN RUSSIA**

The article discusses Data Mining technologies for analyzing and predicting oil production in Russia. The study is based on data on oil production and Urals prices from January 2019 to August 2021. Methods of time series analysis lag model construction and model quality assessment using the Fisher, Student, Darbin-Watson criteria and the heteroscedasticity test are considered. The influence of oil prices with lags of 2 and 3 months on production has been revealed.

Keywords: oil production, econometric modeling, time series, lag model, oil price, data smoothing, forecasting, statistical analysis, coefficient of determination.

Информационные технологии в последнее время продолжают расширять круг применения. Все больше направлений развития общества используют новые информационные технологии для своего функционирования. В представленном исследовании рассмотрен анализ и прогнозирование объемов добычи нефти в России.

Нефтяная отрасль играет ключевую роль в экономике России, обеспечивая значительную часть бюджетных поступлений и валютных доходов страны. В связи с этим задачи анализа и прогнозирования объемов добычи нефти приобретают особую актуальность. Прогнозирование добычи нефти позволяет не только более точно планировать государственные и корпоративные бюджеты, но и учитывать влияние ключевых макроэкономических факторов, таких как мировые цены на нефть и курс валют [1].

Одним из эффективных подходов к анализу динамики добычи нефти является использование методов Data Mining, позволяющих выявить закономерности и зависимость объемов добычи от внешних факторов. В данной работе основное внимание уделено построению и оценке моделей временных рядов, а также построению регрессионных моделей с лагами, что позволяет учесть запаздывающее влияние изменений цены на нефть на добычу.

Для достижения указанной выше цели решены следующие задачи:

- построение и оценка моделей при использовании методов и технологий Data Mining;
- анализ качества моделей с использованием статистических критериев;
- интерпретация результатов и выводы о влиянии ключевых факторов.

Полученные результаты демонстрируют возможности применяемых методов для анализа нефтяной отрасли и открывают перспективы их использования в других исследованиях.

Для исследования использованы данные о добыче нефти в России и ценах на нефть марки Urals [2, 3]. Исходные данные получены из 32 наблюдений по август 2021 г.

Предварительная обработка данных включала следующие этапы: приведение данных к единому временному масштабу (помесечно) и создание лаговых переменных для учета запаздывающего эффекта цен на нефть.

Первый метод – это простая скользящая средняя, позволяет сгладить краткосрочные колебания и выделить общую тенденцию временного ряда.

Формула расчета для момента времени t :

$$\bar{y}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=-p}^p y_{t+i}, t > p, \quad (1)$$

где $\bar{y}_t$ – значение сглаженного ряда в момент времени t ; t – середина интервала сглаживания; p – число уровней до середины и после середины интервала сглаживания; y_t – исходный уровень ряда на момент времени t .

Следующий метод – взвешенная скользящая средняя, отличается от предыдущего метода сглаживания тем, что уровни, входящие в интервал сглаживания, суммируются с разными весами.

Используется формула средней арифметической взвешенной:

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{i=-p}^p a_i y_{t+i}}{\sum_{i=-p}^p a_i}, \quad (2)$$

где веса a_i определяются с помощью метода наименьших квадратов.

Третий метод – экспоненциальное среднее (ЕМА), при котором более новые значения данных получают экспоненциально больший вес, чем более старые. Это делает ЕМА более чувствительным к последним изменениям данных по сравнению с простым или взвешенным скользящим средним.

Формула расчета ЕМА:

$$ЕМА_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot ЕМА_{t-1}, \quad (3)$$

где $ЕМА_t$ – значение экспоненциального среднего на текущий момент; y_t – текущее значение временного ряда; α – коэффициент сглаживания от нуля до единицы; $ЕМА_{t-1}$ – значение ЕМА на предыдущем шаге.

Программная реализация осуществлялась в среде Python. Для простого и взвешенного скользящих средних интервал сглаживания составил пять уровней.

Для взвешенной скользящей средней веса определим на основе параболы второго порядка: $\frac{1}{35} [-3, 12, 17, 12, -3]$.

Коэффициент сглаживания для экспоненциального среднего, рассчитанный по формуле Р. Брауна, $\alpha = 0,06$.

Результаты сглаживания ряда представлены на рис. 1.

В результате сглаживания простой и взвешенной скользящими средними потерялись первые значения. Лучше к резким изменениям адаптировалось экспоненциальное среднее. Простая скользящая средняя оптимально сглаживает временной ряд.

Следующий этап – это построение лаговой модели от цены на нефть марки Urals [3]. В данной модели анализируется влияние цены

на нефть марки Urals на объем добычи нефти в России с учетом лагов в 2 и 3 месяца. Это позволяет учесть запаздывающее влияние изменения цены на динамику добычи.

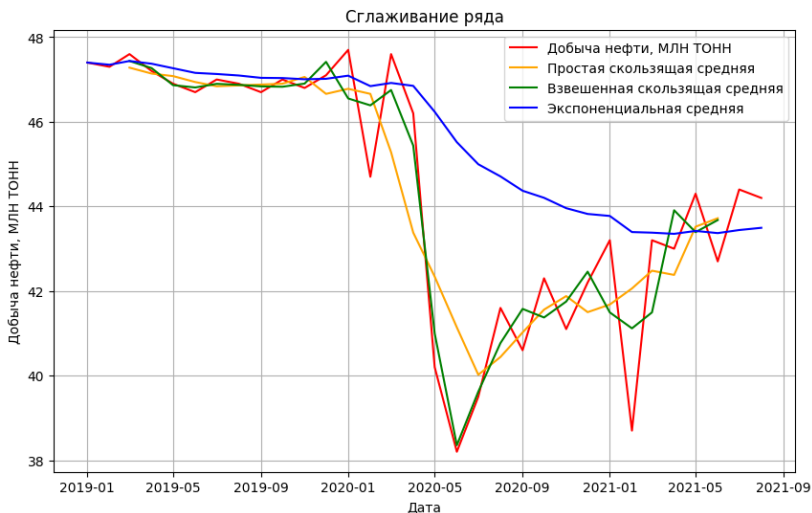


Рис. 1. Сглаживание ряда объема добычи нефти

Общее уравнение:

$$y_t = \alpha + \beta_1 \cdot x_{t-2} + \beta_2 \cdot x_{t-3} + \epsilon_t, \quad (4)$$

где y_t – объем добычи нефти (млн т) в месяце t ; x_{t-2}, x_{t-3} – цена на нефть марки Urals с лагом в 2 и 3 месяца соответственно (долл. США/баррель); α, β_1, β_2 – параметры модели; ϵ_t – случайная ошибка.

Далее исходные данные были разделены на обучающую (22 наблюдения) и тестовую (10 наблюдений) выборки:

- обучающая выборка: январь 2019 г. – октябрь 2020 г.;
- тестовая выборка: ноябрь 2020 г. – август 2021 г.

Модель была обучена на первых 22 наблюдениях, а затем использована для предсказания объемов добычи на тестовой выборке.

Для определения параметров регрессии используем библиотеку `statsmodels` на языке программирования Python. Код программы представлен в листинге.

Листинг. Код для определения параметров регрессии лаговой модели

```

import pandas as pd
import statsmodels.api as sm

# Загрузка данных
data = pd.read_excel('СтатистикаНефть.xlsx',
parse_dates=['Дата'], index_col='Дата')

# Подготовка данных
data['Lag2_Price'] = data['Цена на нефть Юралс,
USD/Bbl'].shift(2)
data['Lag3_Price'] = data['Цена на нефть Юралс,
USD/Bbl'].shift(3)
data_lags = data.dropna()

X = sm.add_constant(data_lags[['Lag2_Price',
'Lag3_Price']])
y = data_lags['Добыча нефти, МЛН ТОНН']

# Обучение модели
model = sm.OLS(y[:22], X[:22]).fit()

# Вывод результатов
print(model.summary())
В результате было получено следующее уравнение:

```

$$y_t = 34,39 + 0,09 \cdot x_{t-2} + 0,1 \cdot x_{t-3} + \epsilon_t, \quad (5)$$

где y_t – предсказанный объем добычи нефти (млн т); x_{t-2}, x_{t-3} – цены на нефть Urals (долл. США/баррель) с лагом 2 и 3 месяца соответственно.

На рис. 2 представлен график фактических и предсказанных значений на обучающей выборке.

Мультипликаторы показывают величину изменения объема добычи нефти при изменении цены на нефть на 1 долл. США. Долгосрочный мультипликатор рассчитывается по формуле:

$$\beta_1 + \beta_2 = 0,09 + 0,1 = 0,19, \quad (6)$$



Рис. 2. График модели

Это означает, что рост цены нефти марки Urals на 1 долл. США в текущем периоде приведет к увеличению добычи нефти на 0,19 млн т в следующие 2–3 месяца.

Проверяем коэффициенты регрессии на значимость с помощью статистики Стьюдента. Коэффициенты статистически значимы.

Для проверки общего качества уравнения используем коэффициент детерминации $R^2 = 0,88$. Он статистически значим при использовании статистики Фишера. Модель объясняет 88 % изменчивости объема добычи нефти в России.

Это высокий показатель, свидетельствующий о том, что модель хорошо описывает изменение данных.

Проверим на наличие автокорреляции соседних остатков, статистика Дарбина – Уотсона $DW = 1,78$, гипотеза об отсутствии автокорреляции остатков принимается.

Воспользуемся тестом Голдфелда – Квандта для обнаружения гетероскедастичности $F_p = 2,27$, $F_{кр}(0,05; 8; 8) = 5,05$. Можно говорить об отсутствии гетероскедастичности и эффективности полученных оценок.

Лаговая модель объемов добычи нефти в России от цены нефти марки Urals показывает высокое качество и значимость. Все коэффициенты статистически значимы, модель объясняет большую часть изменчивости данных ($R^2 = 0,88$), остатки не имеют автокорреляции

первого порядка и отсутствуют признаки гетероскедастичности. Это позволяет использовать модель для прогнозирования и анализа объемов добычи нефти.

Библиографический список

1. Гельвановский М.И., Фишман Е.Е. Эконометрический анализ и модели. – М.: Юнити-Дана, 2019. – 432 с.

2. О рынке нефти [Электронный ресурс] // Росстат. – URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/33.htm (дата обращения: 23.12.2024).

3. Данные о ценах на нефть марки Urals [Электронный ресурс] // ТрейдингЭкономикс: – URL: <https://tradingeconomics.com/commodity/urals-oil> (дата обращения: 23.12.2024).

Сведения об авторе

Королев Юрий Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: iur.corolyov2015@yandex.ru

Л.Ю. Прозорова, Р.М. Кудрявцева

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ DATA MINING ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В статье рассматривается применение методов Data Mining и их программной реализации для проведения анализа данных на примере объема валового внутреннего продукта России. Одной из основных задач Data Mining является задача прогнозирования. С целью построения моделей использовался различный инструментарий. В работе были построены модели, с помощью которых можно получать прогнозные значения. Проведена оценка качества предложенных моделей с использованием статистических критериев: F-статистики Фишера, t-статистики Стьюдента, статистики Дарбина – Уотсона и теста Голдфелда – Квандта.

Ключевые слова: методы Data Mining, статистический анализ, регрессионная модель, прогнозирование, коэффициент детерминации, статистика Дарбина – Уотсона.

L.Yu. Prozorova, R.M. Kudryavtseva

Perm National Research Polytechnic University, Perm

APPLICATION OF DATA MINING METHODS IN STATISTICAL ANALYSIS

This article discusses the application of Data Mining methods and their software implementations for data analysis, using the example of Russia's GDP volume. One of the main tasks of Data Mining is prediction. Various tools were used to build models. The study developed models capable of generating forecasted values. The quality of the proposed models was assessed using statistical criteria: Fisher's F-statistic, Student's t-statistic, Durbin-Watson statistic, and the Goldfeld-Quandt test.

Keywords: Data Mining methods, statistical analysis, regression model, forecasting, coefficient of determination, Durbin-Watson statistic.

Развитие информационных технологий позволяет совершенствовать методы прогнозирования. Например, инструменты реализации Data Mining позволяют использовать и обрабатывать большой объемов хранимых данных, усложнять методы и алгоритмы прогнозирования.

В результате использования информационных технологий в прогнозировании снижается риск принятия неверных, необоснованных или субъективных решений.

С целью получения прогнозных значений рассматриваемого объекта в статье были решены задачи выбора вида модели, построения модели, проверки качества построенной модели и получения прогнозных значений [1].

Для проведения исследования использовались данные с сайта (таблица).

**Зависимость валового внутреннего продукта (ВВП)
и инновационных товаров**

Год	Инновационные товары, работы, услуги (в текущих ценах, млн руб.)	Валовой внутренний продукт на душу населения (в текущих ценах, руб.)
2011	2106740,727	420324,15
2012	2872905,124	474990,84
2013	3507866,000	507530,18
2014	3579923,800	539424,12
2015	3843428,696	565361,83
2016	4364321,681	580916,04
2017	4166998,653	621870,53
2018	4516276,363	702627,74
2019	4863381,867	741097,43
2020	5189046,233	728860,20
2021	6003342,000	922263,98
2022	6377248,524	1057766,49
2023	8323885,502	1176687,37

Импортируем нужные библиотеки и создадим датафрейм (листинг 1).

Листинг 1. Импорт библиотек и создание датафрейма

```
import pandas as pd
from sklearn.neural_network import MLPRegressor
import matplotlib.pyplot as plt
import statsmodels.api as sm
import statsmodels.formula.api as smf
import numpy as np
from statsmodels.stats.diagnostic import
het_goldfeldquandt
data = pd.read_excel('data.xlsx')
```

```
data = data.rename(columns={'Год': 'year',
'Инновационные товары, работы, услуги (в текущих
ценах, млн рублей)': 'inno', 'Валовой внутренний
продукт на душу населения\n(в текущих ценах,
руб.)': 'vvp'})
```

В начале исследования была построена модель зависимости инновационных товаров, работ и услуг от времени (в данном случае года) при помощи класса `MLPRegressor` из библиотеки `ScikitLearn` (листинг 2).

Листинг 2. Обучение модели

```
y = pd.DataFrame(data['inno'],
columns=['inno'])
X = pd.DataFrame(data['year'], col-
umns=['year'])
X['year'] = [i for i in range(len(X['year']))]
regr = MLPRegressor(random_state=1,
max_iter=1000000).fit(X, y)
```

Коэффициент детерминации для данной модели составил 0,605. По статистике Фишера он значим, что говорит об адекватности построенной модели. Получим прогнозные значения для 2024 и 2025 гг. (рис. 1).

```
[6] regr.score(X, y)
```

```
⇒ 0.6054934985917461
```

```
[7] pr = pd.DataFrame()
pr['Год'] = [13, 14]
```

```
ans1 = regr.predict(pr)
ans1
```

```
⇒ array([8292770.33438877, 8881523.07302257])
```

Рис. 1. Предсказание значений

Согласно модели, объем инновационных товаров в 2024 г. составит 8292770,33 млн руб., а в 2025 г. – 8881523,07 млн руб.

Далее в исследовании построили модель зависимости ВВП РФ от времени. Для реализации этой цели применили другой инструмент для

построения модели. В листинге 3 использовали библиотеку statsmodels и определили коэффициенты уравнения регрессии (1).

$$vvp = a + b \cdot year. \tag{1}$$

Листинг 3. Создание модели

```
y = pd.DataFrame(data['vvp'], columns=['vvp'])
X = pd.DataFrame(data['year'], columns=['year'])
X['year_num'] = [i for i in range(len(X['year']))]
data['year_num'] = X['year']
regr = smf.ols(data=data, formula='vvp ~ year_num').fit()
```

После обучения модели получили данные статистического анализа модели (рис. 2).

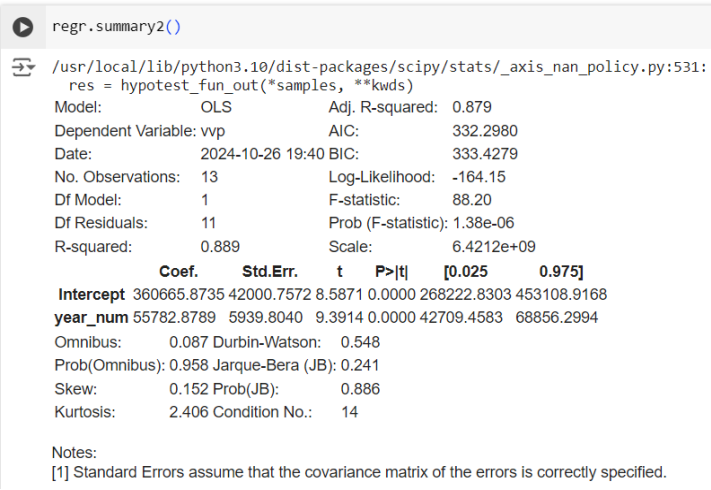


Рис. 2. Характеристики модели

Таким образом, получили модель линейной регрессии (2).

$$y_i = 360655,87 + 55782,88 \cdot x_i. \tag{2}$$

Коэффициенты регрессии статистически значимы. Далее оценили значимость коэффициента детерминации $R^2 = 0,889$. Но, проверив построенную модель на наличие автокорреляции соседних остатков,

получили положительный результат, что говорит о смещенности оценок в уравнении. Изменим вид модели для повышения качества модели (рис. 3).

```
[ ] regr = smf.ols(data=data, formula='vvp ~ np.exp(year_num)').fit()
```

 `regr.summary2()`

 `/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/scipy/stats/_axis_nan_policy.py:531:`
`res = hypotest_fun_out(*samples, **kwargs)`

Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.654
Dependent Variable:	vvp	AIC:	345.9579
Date:	2024-10-22 07:43	BIC:	347.0878
No. Observations:	13	Log-Likelihood:	-170.98
Df Model:	1	F-statistic:	23.69
Df Residuals:	11	Prob (F-statistic):	0.000497
R-squared:	0.683	Scale:	1.8364e+10

	Coef.	Std.Err.	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	613621.2594	41166.3976	14.9059	0.0000	523014.6292	704227.8896
np.exp(year_num)	4.1272	0.8480	4.8669	0.0005	2.2607	5.9937

Omniibus:

1.090

Durbin-Watson:

0.634

Prob(Omniibus):

0.580

Jarque-Bera (JB):

0.810

Skew:

0.307

Prob(JB):

0.667

Kurtosis:

1.942

Condition No.:

53171

Notes:

[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.

[2] The condition number is large, 5.32e+04. This might indicate that there are strong multicollin

Рис. 3. Изменение спецификации модели

Получили уравнение регрессии (3).

$$y_i = 613621,26 + 4,1272 \cdot e^{x_i}. \tag{3}$$

Коэффициенты регрессии статистически значимы. Согласно модели, объем ВВП на душу населения увеличивается ежегодно в среднем на 4,1272 руб. Коэффициент детерминации: $R^2 = 0,683$ статистически значим. В данном случае изменение времени на 68,3 % объясняет изменение объема ВВП. Проверим модель на наличие гомоскедастичности при помощи теста Голдфелда – Квандта (рис. 4).

```
[ ] gq_test = het_goldfeldquandt(y, X)
```

 `print(f"F statistic: {gq_test[0]}")`

 `F statistic: 0.051341454184289884`

Рис. 4. Тест Голдфелда – Квандта

Гипотеза о наличии гомоскедастичности принимается с вероятностью 95 %. Предскажем значения для последующих двух лет (рис. 5).

```
[ ] Y1 = regr.predict(x)

data['calc_vvp'] = Y1

[ ] pr = pd.DataFrame()
pr['year_num'] = [13, 14]

print(regr.predict(pr))
```



```
0      2.439548e+06
1      5.577005e+06
dtype: float64
```

Рис. 5. Получение прогнозных значений объема ВВП

Для 2024 г. прогнозное значение составляет 2439548 млн руб., а для 2025 г. – 5577005 млн руб. Рассчитаем коэффициент эластичности (рис. 6).

```
[ ] mean_x = data['year_num'].mean()
mean_y = data['vvp'].mean()
```



```
elast = regr.params.iloc[1] * np.exp(mean_x) * mean_x / mean_y
print(f'Коэффициент эластичности: {elast * 100}')
```



```
Коэффициент эластичности: 1.4366851392579147
```

Рис. 6. Расчет коэффициента эластичности

Ежегодно величина ВВП РФ в среднем увеличивается на 1,44 %.

Среднегодовой темп роста ВВП России в 1,44 % предположительно может быть обусловлен несколькими факторами, которые влияют на экономическое развитие страны:

– зависимость от сырьевого сектора. Россия обладает значительными запасами нефти, газа и других природных ресурсов, которые составляют важную часть экспорта и доходов бюджета. Однако зависимость

от этих секторов делает экономику уязвимой перед колебаниями мировых цен на сырье. Когда цены на нефть падают, доходы государства сокращаются, что негативно сказывается на экономическом росте;

– санкции и внешнеполитическая обстановка. После событий 2014 г., когда были введены международные санкции против России, страна столкнулась с ограничениями в доступе к международным рынкам капитала, технологиям и инвестициям. Это затруднило модернизацию производства и внедрение инноваций, что также повлияло на темпы экономического роста;

– демография. Старение населения и снижение численности трудоспособного населения создают дополнительные сложности для поддержания устойчивого экономического роста. Меньшее количество работников означает меньший объем производимых товаров и услуг, что отражается на ВВП.

Библиографический список

1. Статистические методы анализа данных и технологии DataMining: метод указания к лаборатор. работам / автор-сост. Л.Ю. Прозорова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – 62 с.

Сведения об авторах

Прозорова Любовь Юрьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ljup@mail.ru

Кудрявцева Рената Максимовна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: kudryavtseva.renata@yandex.ru

А.К. Лосев, В.В. Извозчикова

Оренбургский государственный университет, Оренбург

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПОИСКА И ВЫБОРА КОМПАНИЙ И УСЛУГ НА ОСНОВЕ
АЛГОРИТМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА**

В этой статье исследуется возможность построения информационной системы поиска и выбора компаний и услуг на основе баз знаний и алгоритмов интеллектуального поиска, что требует внимательного учета множества функциональных и технических требований. Такая система должна предоставлять пользователям точные и релевантные результаты, обеспечивать удобство и безопасность использования, а также поддерживать актуальность и достоверность информации. Успешная реализация этих требований позволит создать мощный инструмент для улучшения процессов поиска и выбора компаний и услуг в сети Интернет, способствуя повышению эффективности и удовлетворенности пользователей.

Ключевые слова: информационная система анализа компаний, база знаний, алгоритмы интеллектуального поиска.

A.K. Losev, V.V. Izvozhikova

Orenburg State University, Orenburg

**RESEARCH OF THE INFORMATION SYSTEM OF SEARCH
AND SELECTION OF COMPANIES AND SERVICES BASED
ON THE ALGORITHM OF INTELLIGENT SEARCH**

This article examines the possibility of building an information system for searching and selecting companies and services based on knowledge bases and intelligent search algorithms, which requires careful consideration of many functional and technical requirements. Such a system should provide users with accurate and relevant results, ensure ease of use and safety, and maintain the relevance and reliability of information. Successful implementation of these requirements will create a powerful tool for improving the processes of searching and selecting companies and services on the Internet, contributing to increased efficiency and user satisfaction.

Keywords: information system for company analysis, knowledge base, intelligent search algorithms.

В современном мире, где объем информации растет в геометрической прогрессии, эффективный поиск и выбор компаний и услуг в сети

Интернет становятся все более востребованными задачами. Пользователи сталкиваются с необходимостью принятия решений на основе массы данных, которые часто бывают разрозненными и труднотрактуруемыми. Традиционные методы поиска уже не всегда способны удовлетворить потребности в точности и актуальности информации, что подчеркивает актуальность разработки новых подходов на основе передовых технологий баз знаний и алгоритмов интеллектуального поиска.

Целью исследования является рассмотрение существующих подходов к поиску и выбору компаний и услуг, анализ их преимуществ и недостатков для формализации требований к реализации информационной системы, которая будет интегрировать передовые методы баз знаний и алгоритмов интеллектуального поиска. Основное внимание уделено повышению точности поиска, улучшению персонализации и обеспечению достоверности предоставляемой информации.

Текущие поисковые системы имеют несколько основных проблем, среди которых можно выделить следующие:

1) часто возникает проблема, когда поисковые системы не могут точно интерпретировать запрос пользователя или не обеспечивают достаточно точных и релевантных результатов. Это может приводить к неудовлетворительному опыту пользователя и потере времени на изучение неподходящих вариантов;

2) с ростом объемов информации в Интернете пользователи сталкиваются с проблемой избыточности результатов поиска. Поисковые системы могут выдавать слишком много результатов, из-за чего сложно ориентироваться и выбрать наиболее подходящий вариант;

3) некоторые поисковые системы ограничены в применяемых алгоритмах и методах ранжирования результатов. Это может приводить к потере качества поиска и упущению важной информации;

4) в связи с сбором и хранением больших объемов данных о пользователях возникают вопросы о конфиденциальности и безопасности личной информации. Некоторые поисковые системы могут не обеспечивать достаточной защиты данных пользователей.

Решение этих проблем требует разработки и внедрения более точных и инновационных алгоритмов поиска, улучшения методов анализа и интерпретации запросов пользователей, а также повышения уровня безопасности и конфиденциальности данных.

Исследования и практические разработки в области поиска и выбора компаний на основе баз знаний и алгоритмов интеллектуального поиска демонстрируют значительные достижения. В литературе рассматриваются различные аспекты, среди которых система семантического поиска, и ее исследование «Web Service discovery research and implementation based on semantic search engine» подробно описывает применение семантических техник для улучшения точности и релевантности результатов поиска компаний и услуг [1].

Преимущества работы включают глубокий анализ смысловой связности запросов и результатов, что способствует улучшению пользовательского опыта. Однако недостатком может быть сложность в реализации семантических алгоритмов из-за необходимости больших вычислительных ресурсов.

В работе N.L. Rane «Artificial intelligence, machine learning, and deep learning for advanced business strategies: a review» подчеркивается роль машинного обучения в оптимизации процессов поиска и анализа информации о компаниях. Преимущества включают использование алгоритмов машинного обучения для персонализации рекомендаций и улучшения качества поисковых запросов [2]. Недостаток заключается в необходимости большого объема данных для обучения моделей и сложности интерпретации результатов.

В статье A. Felfernig «Knowledge-based configuration: From research to business cases» приводятся практические примеры использования баз знаний в системах поиска компаний [3]. Преимущества включают достоверность и актуальность информации, предоставляемой пользователям. Недостатком может быть сложность в поддержании и обновлении баз знаний, особенно при быстро меняющейся информационной среде.

Анализ пользовательского поведения и требований: в работе V. Nesterov «Analyzing user behavior patterns for personalized recommender systems in e-commerce» исследуется методика анализа поведения пользователей для оптимизации интерфейсов и алгоритмов поиска [4]. Преимущества включают адаптацию систем к индивидуальным потребностям пользователей. Недостаток может быть связан с необходимостью защиты конфиденциальности данных пользователей при анализе их поведения.

Чтобы успешно разработать информационную систему поиска и выбора компаний и услуг на основе баз знаний и алгоритмов интел-

лектуального поиска, необходимо проанализировать существующие системы, чтобы выявить их сильные стороны, недостатки и возможности для улучшения.

Google Knowledge Graph – это технология, разработанная Google, которая позволяет системе поиска понимать связи между различными сущностями (людьми, местами, вещами и т.д.) и представлять эту информацию в виде графа знаний. Knowledge Graph представляет собой базу знаний, которая понимает контекст и намерения пользователей при поиске, что позволяет системе предоставлять более релевантные и полезные результаты поиска. Основные особенности Google Knowledge Graph:

- использует обширные базы данных, такие как Freebase и другие структурированные источники данных, чтобы собирать информацию о различных сущностях. Эти данные позволяют Google предоставлять более глубокие и контекстуально значимые результаты поиска;

- вместо списка веб-страниц Knowledge Graph формирует пользователям наиболее релевантные факты, имеющие непосредственное отношение к сформулированному запросу. Кроме того, поисковая система формирует карточку поиска для будущих аналогичных запросов для ускорения выдачи результата.

Преимущества Google Knowledge Graph:

- пользователи могут быстро получить сведения о сущностях без необходимости перехода на различные сайты;

- результаты поиска становятся более точными и контекстуально подходящими благодаря связям между сущностями.

Недостатки Google Knowledge Graph:

- информация в Knowledge Graph основывается на открытых источниках данных, что может привести к наличию ошибок или устаревшей информации;

- качество предоставляемых данных зависит от качества и актуальности источников, которые использует Google.

Amazon Recommendations представляет собой систему, применяемую для персонализации пользовательского опыта и стимулирования за счет рекомендаций продаж на площадках e-commerce. Основной задачей системы является анализ данных о предыдущих покупках, накопление информации о просмотрах товаров и интересах пользовате-

лей на основе их поведения для формирования персонализированных предложений продуктов и услуг.

Основные особенности Amazon Recommendations:

- система анализирует историю покупок и просмотров пользователей на платформе Amazon, включая товарные группы с ранжированием по приоритетам и основываясь на том, что пользователь добавил в корзину, приобрел или рассматривал в качестве потенциальной покупки. Такой механизм позволяет системе формировать предложения, основанные на их интересах и предпочтениях;

- система Amazon Recommendations использует для выбора наиболее релевантных предложений алгоритмы машинного обучения. Анализ данных пользователей позволяет сформировать персонализированные рекомендации. Эти алгоритмы учитывают различные факторы: схожесть товаров, частота покупок, последовательность просмотров и т.д.;

- Amazon Recommendations использует разнообразие типов рекомендаций: предлагает разнообразные типы рекомендаций в зависимости от целевой группы товаров или пользователей.

Преимущества Amazon Recommendations:

- система помогает пользователям обнаруживать новые товары и услуги, которые соответствуют их предпочтениям, что способствует увеличению удовлетворенности и повторных покупок;

- предложения на основе данных о предыдущих покупках увеличивают вероятность конверсии пользователей в покупателей;

- система динамически адаптируется к изменяющимся предпочтениям и интересам пользователей на основе их актуальных действий на платформе.

Недостатки Amazon Recommendations:

- рекомендации ограничены товарами, доступными на платформе Amazon, что может не учитывать полную картину доступных вариантов;

- возможны ошибки в рекомендациях из-за ограничений алгоритмов или недостаточного количества данных о пользователе.

Yelp – это онлайн-платформа, предназначенная для поиска и размещения отзывов о компаниях, услугах и заведениях в различных городах и регионах. Основные особенности Yelp:

- пользователи могут оставлять отзывы о компаниях, оценивать их по пятибалльной шкале и делиться своим опытом в использовании услуг или посещении заведений;

– Yelp предлагает функцию поиска по различным категориям (например, рестораны, магазины, услуги) и расположению, что помогает пользователям находить компании и услуги в их местоположении;

– платформа интегрирует интерактивные карты, показывающие расположение компаний и помогающие пользователям легко найти нужное место;

– пользователи могут создавать свои списки любимых мест, делиться отзывами и рекомендациями с друзьями через социальные сети.

Преимущества Yelp:

– обширная база данных отзывов. Yelp содержит миллионы отзывов и рейтингов, что помогает пользователям принимать информированные решения при выборе компаний и услуг;

– подробная информация о компаниях. Пользователи могут получить полную информацию о компаниях, включая часы работы, контактную информацию, фотографии и услуги;

– социальное взаимодействие. Yelp способствует общению и обмену мнениями между пользователями, что улучшает доверие к отзывам.

Недостатки Yelp:

– достоверность отзывов. Возможны проблемы с достоверностью отзывов из-за потенциальной подделки или манипуляций со стороны компаний или конкурентов;

– ограниченная географическая доступность. Некоторые регионы могут иметь ограниченное количество отзывов или компаний на платформе.

Анализ существующих систем поиска и выбора компаний и услуг на основе баз знаний и алгоритмов интеллектуального поиска подчеркивает важность инноваций в области информационных технологий. Изучение примеров позволяет выявить ключевые аспекты, которые следует учесть при разработке новой информационной системы, направленной на улучшение качества информационного поиска и выбора в Интернете.

Таким образом в ходе проведенного исследования была рассмотрена тема разработки информационной системы поиска и выбора компаний и услуг в сети Интернет на основе баз знаний и алгоритмов интеллектуального поиска.

Библиографический список

1. Web Service discovery research and implementation based on semantic search engine / C. Ma [et al.] // 2010 IEEE 2nd Symposium on Web Society. – IEEE, 2010. – P. 672–677.

2. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning for advanced business strategies: a review / N.L. Rane [et al.] // Partners Universal International Innovation Journal. – 2024. – Vol. 2, no. 3. – P. 147–171.

3. Knowledge-based configuration: From research to business cases / A. Felfernig [et al.]. – Newnes, 2014.

4. Nesterov V. Analyzing user behavior patterns for personalized recommender systems in E-commerce: a literature review // Automation of Technological & Business Processes. – 2024. – Vol. 16, no. 3.

Сведения об авторах

Лосев Александр Константинович – студент Оренбургского государственного университета, гр. 23ИСТ(м), Оренбург, Российская Федерация, e-mail: gor.99.gra@mail.ru

Извозчикова Вера Васильевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информатика» Оренбургского государственного университета, Оренбург, Российская Федерация, e-mail: viza-8.11@mail.ru

А.В. Якубчик, Р.А. Файзрахманов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ ЗА СЧЁТ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ТЕКУЩЕМ СОСТОЯНИИ ОБЪЕКТА

Эвакуация из здания, где произошла катастрофа (пожар, землетрясение, теракт) – непростая задача. Известный всем «План эвакуации» может оказаться бесполезным при эвакуации, поскольку некоторые части показанного маршрута могут оказаться непроходимыми из-за распространившегося огня, дыма или обрушения, и эвакуирующимся людям очень сложно найти другой маршрут, если известный маршрут не работает. Между тем во многих зданиях установлены камеры и датчики системы противопожарной сигнализации для мониторинга ситуации в помещениях. Эта информация сейчас используется только для определения факта пожара, но может быть использована также для автоматической оценки того, какие места являются наиболее опасными или труднопроходимыми, а затем для автоматического планирования маршрута эвакуации людей. Его также можно пересчитать в режиме реального времени, если ситуация изменится. Мы предлагаем метод для поиска и пересчета маршрута в динамической обстановке, использующий метод потенциальных полей и нейронные сети. Он оказывается эффективным и вычислительно лёгким для многоэтажных зданий.

Ключевые слова: планирование маршрутов, планирование движения в реальном времени, навигация, чрезвычайные ситуации, эвакуация.

A.V. Iakubchik, R.A. Fayzrakhmanov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

REALTIME ROUTE PLANNING IN DISASTER EVACUATION USING REALTIME DISASTER INFORMATION

Evacuation from a building where disaster (fire, earthquake etc.) happened is not an easy task. The “evacuation route” known to everybody might not be useful in real life because some parts of the shown route might be impassable due to the spread fire, smoke or crumbling, and it is very hard for the evacuating people to find another route if the well-known route doesn’t work. Meanwhile, many buildings have installed cameras and sensors for the localization of the fire threat and overall monitoring. This information can be used to automatically assess which places are more dangerous or hard to go through, and then automatically plan a route for evacuating the people. It can also be recalculated in real-time if the situation changes. We propose a method

using potential field method and neural networks to find and recalculate a route. It proves effective and computationally efficient for multi-storey buildings.

Keywords: route planning, real-time motion planning, navigation, emergency, evacuation.

Пожары, землетрясения и другие чрезвычайные ситуации происходят повсеместно. Проблема эвакуации с места происшествия по сей день решается построением стандартного плана эвакуации, однако он может быть неуместным в случае конкретных происшествий.

Для построения маршрутов в обычных условиях можно использовать стандартные методы, такие как метод геометрического поиска [1], метод потенциальных полей [2], метод случайных деревьев (RRT) [3], алгоритм Дейкстры [4] и др. Однако в условиях чрезвычайной ситуации в произвольных местах возникают труднопроходимые участки (задымлённые/горящие участки, завалы и т.д.), проходимость также может меняться с течением времени и распространением пожара.

Метод потенциальных полей использует «потенциал» для определения препятствий, точки начала и точки назначения пути и заключается в градиентном спуске от точки начала до точки назначения. Потенциал можно задавать произвольно, что позволяет применять этот метод для широкого спектра задач. Кроме того, метод потенциальных полей имеет низкую вычислительную сложность, что полезно для частого перерасчета маршрута. Однако градиентный спуск легко может остановиться на локальном минимуме потенциала, что может привести к невозможности дойти до точки назначения.

Другие методы, такие как метод случайных деревьев или алгоритм Дейкстры, более уверенно находят путь к точке назначения, но имеют большую вычислительную сложность, что сильно ограничивает их применение в реальном времени. Кроме того, ни один из этих методов не учитывает изменение обстановки с течением времени.

Существуют подходы, комбинирующие достоинства и компенсирующие недостатки некоторых методов. Так, Щепанский [4] предлагает алгоритм, не дающий методу потенциальных полей останавливаться на локальных минимумах, и показывает его применение для навигации автономных роботов, а Салливан [5] предлагает нейронную сеть, использующую обучение с подкреплением и некоторую функцию оценки (зависящую от расстояния до препятствий и точки назначения), для построения траектории движения автономных космических спутников.

Однако они также не рассчитаны на построение маршрута для эвакуации людей из здания в меняющейся обстановке.

Мы предлагаем метод, использующий два цикла расчёта маршрута. Один цикл – более медленный, но более точный, использующий нейронную сеть и потенциальную функцию, зависящую от расстояния до выхода, препятствий и проходимости на текущий момент. Он используется, чтобы посчитать маршрут первый раз с нуля, а также в случаях, когда требуются очень серьёзные изменения в маршруте. Второй цикл – более быстрый, использующий метод потенциальных полей с градиентным спуском для поиска маршрута, основанный на такой же потенциальной функции, а также на предыдущем маршруте. Он запускается чаще и используется, чтобы оперативно корректировать маршрут при получении новых данных (об увеличении задымленности, внезапном распространении пожара, завале некоторых путей и т.д.). Способ применения показан на рисунке.

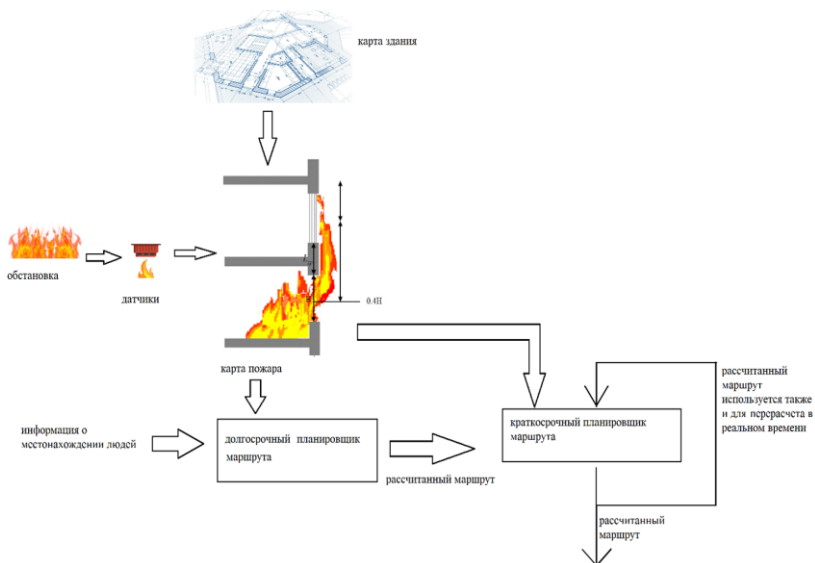


Рис. Схема применения двухуровневого планировщика маршрута для эвакуации

Долгосрочный планировщик может строить маршрут каждую минуту, а краткосрочный – каждые несколько секунд.

Потенциальную функцию можно записать следующим образом.

$$U = U_{att} + U_{rep}. \quad (1)$$

В формуле (1) U_{att} – потенциал, зависящий от расстояния до выхода:

$$U_{att} = \frac{1}{2} \zeta d^2(q, q_{goal}), \quad (2)$$

где $d(q, q_{goal})$ – функция, определяющая расстояние до точки назначения, ζ – коэффициент притягивания.

А U_{rep} – потенциал, зависящий от расстояния до препятствий и других мест, которые следует избегать:

$$U_{rep} = \begin{cases} \left(\frac{1}{D(q)} - \frac{1}{Q} \right), & D(q) \leq Q^* \\ 0, & D(q) > Q^* \end{cases} + N(q), \quad (3)$$

q показывает местоположение, $D(q)$ показывает близость к непроходимым препятствиям, N означает коэффициент труднопроходимости мест, которые возможно пройти (задымлённые помещения и т.д.).

Маршрут находится итеративно, следующая точка пути находится как $qn + 1 = qn - \nabla U$.

К существующему методу определения потенциала предлагается добавить дополнительную функцию $N(q)$, учитывающую коэффициент проходимости каждого участка. С течением времени и распространением пожара N и U изменяются и пересчитываются в реальном времени.

Библиографический список

1. Mitchell J.S.B. Geometric Shortest Paths and Network Optimization. – Citeseer, 1998.
2. Koren Y., Borenstein J. Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation. – ICRA, IEEE, 1991.
3. Bruse J., Veloso M. Real-time randomized path planning for robot navigation. – IEEE, 2002.
4. Szczepanski R. Safe Artificial Potential Field – Novel Local Path Planning Algorithm Maintaining Safe Distance From Obstacles. – IEEE, 2023.

5. Sullivan C.J., Bosanac N. Using Reinforcement Learning to Design a Low-Thrust Approach into a Periodic Orbit in a Multi-Body System. – AIAA, 2020.

Сведения об авторах

Якубчик Анна Владимировна – магистр технических наук, аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: anna@etp.su

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

Секция 2

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Н.В. Мальцев, О.А. Билоус

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ
НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ЗАПСИБТРАНСГАЗ»**

В данной статье проведён всесторонний анализ технологического процесса приёма и хранения сжиженного газа, а также определены направления модернизации системы управления складом сжиженных газов. В процессе работы был осуществлён выбор технических средств автоматизации и обновление технологической схемы автоматизации. Разработана функциональная схема автоматизации, а также алгоритм управления запорным клапаном. Особое внимание уделено синтезу регулятора давления, что является ключевым элементом для обеспечения стабильной работы системы.

Ключевые слова: система управления, регулятор давления, склад сжиженного газа.

N.V. Maltsev, O.A. Bilous

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**SYNTHESIS OF A PRESSURE REGULATOR
FOR THE CONTROL SYSTEM OF A LIQUEFIED
GASES WAREHOUSE AT THE ENTERPRISE
OOO "ZAPSIBTRANSGAZ"**

This article provides a comprehensive analysis of the technological process of receiving and storing liquefied gas, and defines the directions for upgrading the liquefied gas warehouse management system. In the process, the automation hardware was selected and the automation process flow chart was updated. A functional automation chart and a shut-off valve control algorithm were developed. Particular attention is paid to the synthesis of the pressure regulator, which is a key element for ensuring stable operation of the system.

Keywords: control system, pressure regulator, liquefied gas warehouse.

Современные технологические процессы требуют высокоэффективных систем управления, особенно в условиях работы с опасными веществами на нефтегазохимическом производстве, такими как сжи-

женные газы. Склад сжиженных газов (ССГ) представляет собой сложный технологический объект, предназначенный для приема, хранения и подачи широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ). Эффективное функционирование такого объекта невозможно без автоматизации процессов.

Сжиженные газы имеют специфические физико-химические свойства, что требует постоянного мониторинга и регулирования параметров. Температурные колебания и изменения давления могут привести к аварийным ситуациям, включая утечки и взрывы. Поэтому обеспечение безопасности и надежности работы склада возможно только при наличии автоматизированной системы управления.

Существующая система управления складом имеет существенные недостатки, такие как:

- невозможность управлять всем технологическим процессом вручную ввиду его масштабируемости;
- большое количество параметров (более 50) не может быть обработано человеком так же быстро, как это делает SCADA система.

Модернизация производства предусматривает внедрение автоматизированной системы управления (АСУ ТП), включающей системы автоматического регулирования (САР), мониторинга и противоаварийной защиты (ПАЗ). Разработка такой системы предполагает использование современных технологий, включая программируемые логические контроллеры (ПЛК) и SCADA-системы, обеспечивающие визуализацию и управление процессами в реальном времени.

Важный этап в разработке системы управления – это синтез регулятора давления. Рассмотрим его подробнее. Функциональная схема регулирования давления в трубопроводе представлена на рис. 1.

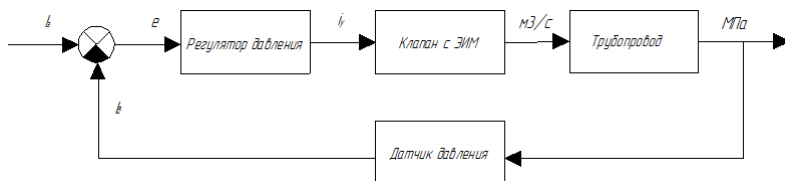


Рис. 1. Функциональная схема регулирования давления

Из схемы видно, что управляющей величиной является расход ШФЛУ, а управляемой – давление в трубопроводе. Возмущением при-

нято изменение давления на входе в трубопровод. Рассчитаем передаточные функции элементов системы.

Трубопровод описывается звеном чистого запаздывания [1]:

$$W_m = e^{-p\tau}. \quad (1)$$

Постоянную запаздывания найдем как отношение длины трубопровода к скорости прохождения ШФЛУ по трубопроводу. Длина трубопровода равна 310 м. Скорость движения ШФЛУ найдем как отношение потока к площади сечения трубопровода. Для этого сначала найдем площадь сечения, м²:

$$S = \frac{\Pi d^2}{4} = \frac{\Pi \cdot 0,152^2}{4} = 0,018. \quad (2)$$

Поток ШФЛУ найдем по формуле:

$$Q = \frac{K_{vy}}{P_{\max}} \cdot \frac{S}{S_{\max}}. \quad (3)$$

Для нахождения максимального потока допустим, что $S = S_{\max}$. Из данных от поставщика возьмем пропускную способность $K_{vy} = 250$. Пропускная способность определяется объемным расходом жидкости в м³/ч с плотностью, равной 1000 кг/м³, пропускаемой регулирующим органом при перепаде давления на нем в 1 кгс/см². Максимальное давление равно 39,5 атм, или 4 МПа. Поэтому поток будет равен, м³/с:

$$Q = \frac{K_{vy}}{P_{\max}} \cdot \frac{S}{S_{\max}} = \frac{250}{39,5} \cdot 1 = 6,33. \quad (4)$$

Скорость движения ШФЛУ равна, м/с:

$$U = \frac{Q}{S} = \frac{6,33}{0,018} = 351,62. \quad (5)$$

Постоянная запаздывания равна, м/с:

$$\tau = \frac{L}{U} = \frac{6,33}{0,018} = 351,62. \quad (6)$$

Таким образом, передаточная функция трубопровода примет вид:

$$W_m = e^{-0,882p}. \quad (7)$$

Для облегчения расчетов и анализа САУ модель трубопровода можно представить в виде апериодического звена второго порядка:

$$W_m(p) = \frac{K_m}{(T_m p + 1)^2}. \quad (8)$$

Найдем коэффициент усиления трубопровода. Он равен отношению давления, выраженного в МПа, к потоку:

$$K_m = \frac{P}{Q} = \frac{4}{6,33} = 0,63. \quad (9)$$

Постоянную времени, с, трубопровода найдем, используя время запаздывания:

$$T_m = 0,5 \cdot \tau = 0,441. \quad (10)$$

Математическая модель трубопровода с найденными параметрами выглядит следующим образом:

$$W_m(p) = \frac{0,63}{(0,441p+1)^2} = \frac{0,63}{0,1945p^2+0,882p+1}. \quad (11)$$

Перейдем к идентификации параметров клапана. Представим модель клапана в виде аperiодического звена [1]:

$$W_k(p) = \frac{K_k}{T_k p + 1}. \quad (12)$$

Постоянную времени клапана можно найти с помощью такого параметра, как время закрытия. Оно равно отношению длины штока к скорости управления механизмом:

$$t_{\text{закрытия}} = \frac{L}{v} = \frac{50}{40} = 1,25 \text{ мин} = 85 \text{ с}. \quad (13)$$

Постоянная времени равна трети этого времени:

$$T_k = \frac{t_{\text{закрытия}}}{3} = \frac{85}{3} = 28,33 \text{ с}. \quad (14)$$

Коэффициент усиления клапана можно найти как отношение выходного сигнала (потока ШФЛУ) к входному (сигнал от ПЛК). Значение потока при максимально открытой задвижке было рассчитано ранее, а максимальное значение управляющего сигнала от ПЛК возьмем равным 20 мА. Таким образом, коэффициент усиления будет равен:

$$K_k = \frac{Q}{X} = \frac{6,33}{20} = 0,3165. \quad (15)$$

Математическая модель клапана с найденными параметрами выглядит следующим образом:

$$W_k(p) = \frac{0,3165}{28,33p+1}. \quad (16)$$

Перейдем к идентификации параметров датчика давления. Представим модель датчика в виде апериодического звена [2]:

$$W_{\partial}(p) = \frac{K_{\partial}}{T_{\partial}p + 1}. \quad (17)$$

Постоянную времени датчика найдем исходя из данных производителя. Там указано, что время реакции датчика равно 0,2 с. Постоянная времени датчика равна его времени реакции:

$$T_{\partial} = 0,2 \text{ с}. \quad (18)$$

Коэффициент усиления датчика берем из соотношения тока, который будет поступать от датчика, к давлению в трубопроводе, которое этот датчик и измеряет:

$$K_{\partial} = \frac{I}{P} = \frac{40}{4} = 5. \quad (19)$$

Таким образом, математическая модель датчика давления с найденными параметрами выглядит следующим образом:

$$W_{\partial}(p) = \frac{5}{0,2p + 1}. \quad (20)$$

Промоделируем разомкнутый контур регулирования давления, состоящий из клапана и трубопровода. Модель разомкнутой системы регулирования давления, реализованная в программе MATLAB, представлена на рис. 2. Переходный процесс разомкнутой системы регулирования давления представлен на рис. 3.

Определим основные показатели качества САР:

$$t_{\text{ПП}} = 84 \text{ с}. \quad (21)$$

$$\sigma = 0 \%. \quad (22)$$

$$e(\infty) = 0. \quad (23)$$

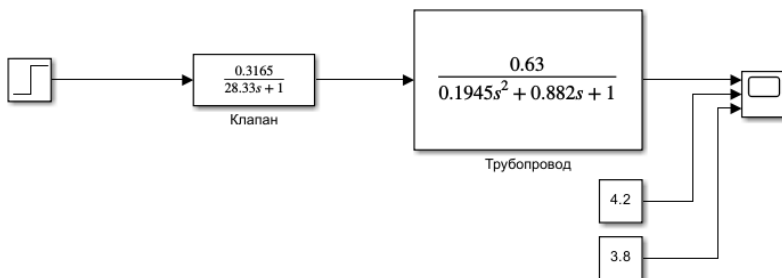


Рис. 2. Модель разомкнутой системы регулирования давления

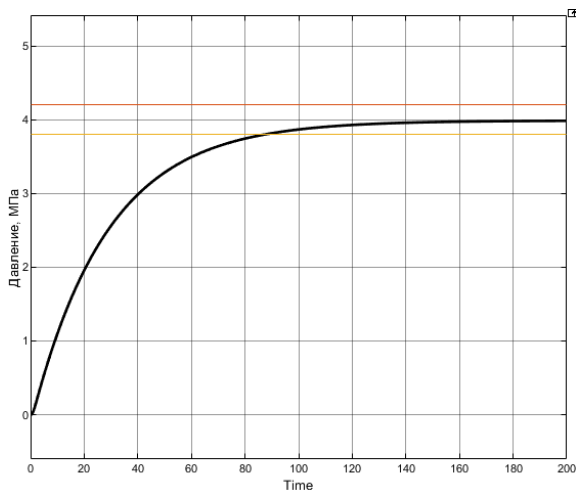


Рис. 3. Переходный процесс разомкнутой САР

Настройку системы произведём на апериодический оптимум [2]. Желаемая передаточная функция в этом случае имеет вид:

$$W_{\text{ж}}(p) = \frac{1}{4T_{\mu}p(T_{\mu}p + 1)}. \quad (24)$$

Полученная модель представлена на рис. 4. Переходный процесс синтезированной САР представлен на рис. 5.



Рис. 4. Схема моделирования системы с регулятором

В момент времени 100 с на объект подается возмущение.

Основные показатели качества САР:

$$t_{\text{ПП}} = 16 \text{ с.} \quad (25)$$

$$\sigma = 0 \%. \quad (26)$$

$$e(\infty) = 0. \quad (27)$$

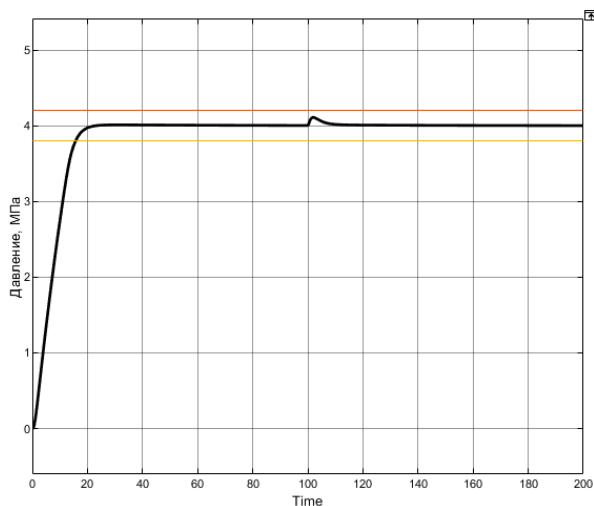


Рис. 5. Переходный процесс синтезированной САР

Время переходного процесса значительно уменьшилось, возмущение скомпенсировано, следовательно, рассчитанные коэффициенты являются оптимальным выбором для настройки ПИ-регулятора.

Библиографический список

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
2. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 832 с.

Сведения об авторах

Мальцев Николай Владимирович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: malkevn11@gmail.com

Билоус Ольга Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: bilous_oa@pstu.ru

Д.М. Казутин, О.А. Билоус, Г.А. Тимофеева

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧАСТКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ
И ТРАНСПОРТИРОВКИ РАСТВОРА
КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ
НА ПРИМЕРЕ БКПРУ-3 ПАО «УРАЛКАЛИЙ»**

Рассматривается проблема отсутствия автоматизации участка приготовления и транспортировки раствора карбамидоформальдегидной смолы в БКПРУ-3 ПАО «Уралкалий». Отсутствие надежных систем контроля и управления параметрами процесса приводит к снижению эффективности и стабильности работы, а также повышает риски, связанные с человеческим фактором. Обсуждаются разработанные решения по внедрению автоматизированной системы управления технологическим процессом с использованием современных средств автоматизации, включающих в себя выбор контрольно-измерительных приборов, программируемых логических контроллеров и систему верхнего уровня SCADA. Особое внимание уделяется моделированию и синтезу регулятора давления, позволяющего стабилизировать процесс и обеспечить его бесперебойность.

Ключевые слова: автоматизация, карбамидоформальдегидная смола, автоматизированная система управления технологическим процессом, программируемые логические контроллеры, SCADA, синтез регулятора, теория автоматического управления.

D.M. Kazutin, O.A. Bilous, G.A. Timofeeva

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**AUTOMATION OF THE PREPARATION AND TRANSPORTATION
SECTION OF CARBAMIDE-FORMALDEHYDE RESIN
SOLUTION AT ВКПРУ-3, PJSC “URALKALI”**

The article addresses the problem of the lack of automation in the preparation and transportation section of the carbamide-formaldehyde resin solution at the ВКПРУ-3 facility of PJSC “Uralkali.” The absence of reliable control and monitoring systems results in decreased operational efficiency, reduced stability, and increased human factor risks. The paper discusses the development and implementation of an Automated Process Control System utilizing modern automation tools, including instrumentation, Programmable Logic Controllers, and a SCADA-based supervisory level. Special attention is given to the modeling and synthesis of a pressure controller, ensuring stable and uninterrupted operation.

Keywords: automation, carbamide-formaldehyde resin, Automated Process Control System, Programmable Logic Controllers, SCADA, regulator synthesis, control theory.

Стремительное развитие химической и перерабатывающей промышленности требует повышения эффективности производственных процессов, снижения влияния человеческого фактора и обеспечения безопасности. В частности, при производстве хлористого калия и связанных с ним реактивов важную роль играет точное соблюдение технологических параметров. Отдельный участок – приготовление и транспортировка раствора карбамидоформальдегидной смолы (КС-МФ) – является ключевым звеном производства, отвечающим за качество сырьевого компонента, поступающего на последующие стадии обогащения [1].

В существующей схеме на участке БКПРУ-3 ПАО «Уралкалий» приготовление раствора КС-МФ ведется в основном вручную, оператор контролирует уровень смолы и воды в баках по визуальным показателям и запускает насосы, ориентируясь на субъективный опыт [2]. Отсутствие мониторинга параметров процесса в реальном времени и системы аварийной сигнализации негативно влияет на стабильность и эффективность производства. Кроме того, недостаточная автоматизация не позволяет своевременно реагировать на нештатные ситуации, связанные с концентрацией токсичных паров формальдегида или изменениями параметров в трубопроводе. Предельно допустимая концентрация формальдегида в воздухе рабочей зоны регламентируется соответствующими гигиеническими нормами [3].

Для решения поставленной проблемы была разработана автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП), ориентированная на повышение эффективности, надежности и безопасности работы участка. В основу решения положены принципы теории автоматического управления (ТАУ), что позволило выполнить моделирование отдельных звеньев системы, провести синтез регулятора и обеспечить оптимизацию параметров управления.

Первым этапом стала разработка структурной и функциональной схем автоматизации. На нижнем уровне предлагается использование контрольно-измерительных приборов (датчиков уровня, давления, концентрации паров формальдегида, расходомеров) и исполнительных механизмов (кранов с пневмоприводом, насосов), а также внедрение программируемого логического контроллера (ПЛК) с высокой надежностью и поддержкой промышленных протоколов [4].

Далее был произведен выбор программного обеспечения для верхнего уровня: SCADA-система обеспечивает визуализацию технологического процесса, регистрацию архивных данных, формирование отчетности, а также сигнализацию при отклонениях параметров от заданных норм [5]. Такая интеграция позволяет оператору отслеживать состояние процесса в реальном масштабе времени, своевременно получать уведомления о нештатных ситуациях и принимать обоснованные решения.

Особое внимание в работе уделено моделированию и синтезу регулятора давления раствора КС-МФ в кольцевом трубопроводе. Была использована схема контура регулирования давления, показанная на рис. 1. В процессе анализа был сформирован математический образ объекта регулирования. На его основе осуществлен выбор ПИ-регулятора с параметрами, настроенными на аperiodический оптимум.



Рис. 1. Типовая схема контура регулирования давления

При моделировании исследовались переходные процессы, оценивались показатели качества регулирования: время переходного процесса, статическая ошибка, перерегулирование. Оптимизация параметров регулятора позволила добиться устойчивой работы системы даже при наличии возмущающих факторов, таких как переменное потребление раствора на стадии флотации.

Экономические расчеты показали, что внедрение АСУ ТП требует первоначальных инвестиций в оборудование (датчики, приводная техника, ПЛК) и программное обеспечение. Однако ожидаемый эффект от повышения производительности, снижения простоев, а также минимизации влияния человеческого фактора в долгосрочной перспективе обеспечивает экономическую целесообразность проекта. Повышение уровня автоматизации также способствует улучшению

условий труда и снижению вероятности возникновения опасных ситуаций, связанных с выделением формальдегида.

Разработанный верхний уровень автоматизации с мнемосхемой (рис. 2) позволяет оператору эффективно взаимодействовать с системой: контролировать параметры, управлять технологическими узлами, получать оповещения о достижении предельных значений уровня или давления, а также вести архив всех изменений.

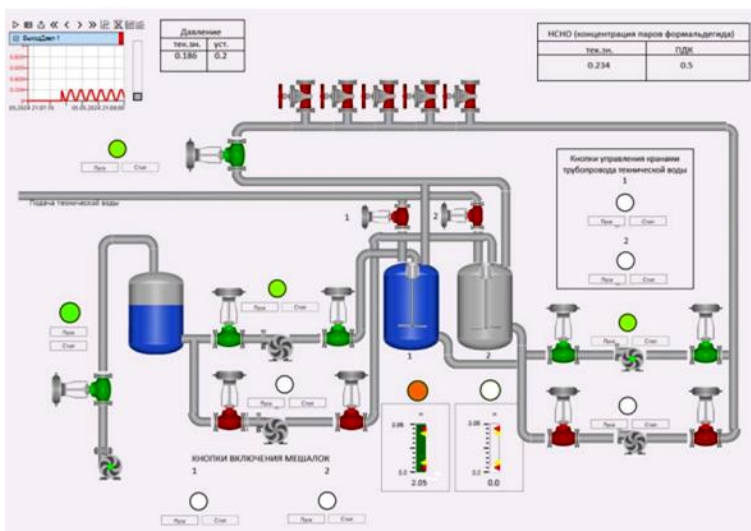


Рис. 2. Вид рабочего окна оператора

Таким образом, достигается комплексный подход к решению проблемы: от выбора приборов нижнего уровня до создания удобного интерфейса верхнего уровня и проведения синтеза регулятора.

В перспективе представляется возможным расширить систему, дополнив ее функциями предиктивной аналитики, адаптивной настройки регуляторов на основе искусственного интеллекта и интеграции с системами планирования производства. Это позволит не только стабилизировать текущий процесс, но и прогнозировать изменения, оптимизировать потребление ресурсов и повышать качество продукции.

Таким образом, проведение работ по автоматизации участка приготовления и транспортировки раствора КС-МФ в БКПРУ-3 ПАО

«Уралкалий» с применением теоретических основ ТАУ, выбором ПЛК, SCADA-системы и синтезом регулятора давления обеспечивает повышение эффективности, надежности и безопасности технологического процесса. Разработанная система снижает влияние человеческого фактора, повышает качество производимой продукции и закладывает фундамент для дальнейшей модернизации производства.

Библиографический список

1. ГОСТ 14231-88 «Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия». – М., 1988.
2. Официальный сайт ПАО «Уралкалий» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.uralkali.com/ru/> (дата обращения: 09.12.2024).
3. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М., 2018.
4. ПЛК REGULR500 [Электронный ресурс]. – URL: https://reglab.ru/controller/regul_r500 (дата обращения: 09.12.2024).
5. SCADA-система MasterSCADA [Электронный ресурс]. – URL: <https://masterscada.ru/?yclid=14739573088470171647> (дата обращения: 09.12.2024).

Сведения об авторах

Казутин Данил Михайлович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: danil.kazutin@mail.ru

Билоус Ольга Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: bilous_oa@pstu.ru

Тимофеева Галина Анатольевна – доцент кафедры «Экономика и управление промышленным производством» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: galati99@mail.ru

С.Г. Климин

Лысьвенский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета, Лысьва

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Автоматизация и управление производственными процессами – важные элементы современного производства, способствующие повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества товаров. С прогрессом технологий, таких как Интернет вещей, искусственный интеллект и анализ больших данных, значение автоматизации растет, становясь необходимостью для компаний в разнообразных секторах.

Ключевые слова: автоматизация, системы управления, улучшение качества, безопасность, гибкость, контроль, анализ.

S.G. Klimin

Lysva Branch of Perm National Research Polytechnic University, Lysva

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

Automation and control of production processes are important elements of modern production, contributing to increased efficiency, reduced costs and improved product quality. With the progress of technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence and big data analysis, the importance of automation is growing, becoming a necessity for companies in diverse sectors.

Keywords: automation, control systems, quality improvement, safety, flexibility, control, analysis.

Основные понятия автоматизации. Автоматизация представляет собой процесс, при котором ручная работа заменяется на машинное или автоматизированное выполнение, что дает возможность осуществлять операции с большей скоростью и меньшими затратами [1, 2]. В сфере управления технологическими процессами автоматизация охватывает следующие аспекты:

– системы управления: программные и аппаратные решения, осуществляющие контроль и руководство над технологическими процессами;

– датчики и исполнительные механизмы: устройства, которые собирают данные о состоянии процесса и выполняют необходимые действия для его регулирования;

– человеко-машинный интерфейс (HMI): инструменты, которые позволяют операторам взаимодействовать с автоматизированными системами.

Преимущества автоматизации

1. *Повышение эффективности.* Внедрение автоматизации способствует уменьшению времени, необходимого для выполнения задач, что, в свою очередь, ведет к повышению производительности и снижению трудовых расходов.

2. *Улучшение качества.* Автоматизированные процедуры обеспечивают более высокую степень точности и стабильности, что способствует уменьшению качества дефектов.

3. *Снижение затрат.* Автоматизация помогает снизить затраты на труд и уменьшить расходы на обслуживание оборудования.

4. *Безопасность.* Внедрение автоматизации может снизить вероятность получения травм на производстве, так как опасные задачи могут выполняться машинами вместо людей.

5. *Гибкость.* Современные автоматизированные решения способны быстро адаптироваться для выполнения различных функций, что позволяет компаниям реагировать на изменения в рыночной среде.

Технологии автоматизации. Промышленные роботы предназначены для выполнения однообразных операций, таких как монтаж, сварка и упаковка товаров.

Системы управления производственными процессами (SCADA) обеспечивают отслеживание и управление производственными процессами в реальном времени.

Принцип работы системы представлен на рисунке.

Интернет вещей (IoT) соединяет устройства и системы, что позволяет собирать и анализировать данные с целью повышения эффективности процессов.

Управление технологическими процессами. Управление технологическими процессами охватывает такие аспекты, как планирование,

организация, мониторинг и оценка производственной деятельности. Его цель заключается в достижении заданных результатов и оптимизации использования ресурсов.

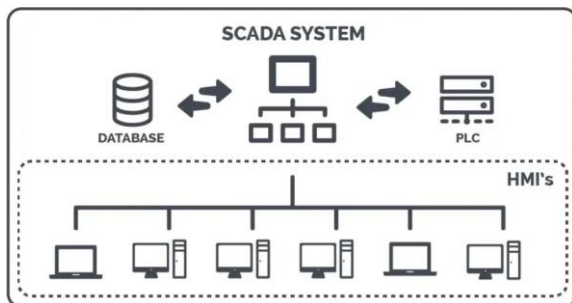


Рис. Принцип работы SCADA-системы

Ключевые аспекты управления. Планирование – определение целей, задач и ресурсов, необходимых для достижения результатов. Организация – создание структуры и распределения задач среди сотрудников и автоматизированных систем. Анализ и улучшение – оценка результатов и внедрение изменений для повышения эффективности процессов.

Примеры применения автоматизации. Автомобильная промышленность – использование роботов для сборки автомобилей, что позволяет сократить время производства и повысить качество за счет исключения человеческого фактора. Пищевая промышленность – автоматизация процессов упаковки и контроля качества, что обеспечивает высокие стандарты безопасности и качества выпускаемой продукции. Энергетика – использование SCADA-систем для мониторинга и управления энергетическими сетями, что позволяет повысить эффективность и надежность поставок энергии.

Закключение. Автоматизация и управление производственными процессами становятся ключевыми элементами современного производства, предоставляя значительные конкурентные преимущества для фирм из разных секторов. В условиях глобальной конкуренции и динамично меняющегося рынка организации, которые реализуют автоматизированные решения, получают возможность не только увеличить свою продуктивность, но и улучшить качество продукции, снизить

расходы и обеспечить большую безопасность на рабочих местах. Современные технологии, такие как промышленные роботы, системы мониторинга и управления, Интернет вещей и искусственный интеллект, открывают новые перспективы для автоматизации. Эти инновации позволяют компаниям собирать и анализировать обширные объемы данных, предсказывать потенциальные сбои и оптимизировать производственные процессы в режиме реального времени. Тем не менее успешное внедрение автоматизации требует комплексного подхода, который включает не только технические аспекты, но и эффективное управление, планирование и организацию. Важно учитывать человеческий фактор и проводить обучение сотрудников для успешного взаимодействия с новыми системами. Таким образом, автоматизация и управление процессами представляют собой мощные инструменты для устойчивого развития компаний. Организации, которые готовы инвестировать в эти направления и адаптироваться к новым вызовам, смогут не только выжить, но и достичь заметных успехов на рынке.

Библиографический список

1. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. – М.: Профессия, 2024. – 377 с.
2. Евгеньев Г.Б. Основы автоматизации технологических процессов и производств. – М.: Профессия, 2015. – 444 с.

Сведения об авторе

Климин Сергей Геннадьевич – студент Лысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИП-24-1мз, Лысьва, Российская Федерация, e-mail: klimin.serega@inbox.ru

В.В. Машицкая, И.А. Шмидт

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТНЫХ
ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ В СРЕДЕ TEAMCENTER
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ИЗ CAPELLA**

В этой статье исследуется возможность автоматизации процесса получения системных требований, рассматриваются методы и инструменты системной инженерии. Описан процесс получения системных требований вручную и с помощью интеграции внедренных продуктов в рамках системной инженерии.

Ключевые слова: автоматизация, системная инженерия, требование, Capella, Teamcenter.

V.V. Mashitskaya, I.A. Schmidt

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**OPTIMIZE THE CREATION OF DESIGN REQUIREMENTS
FOR THE SYSTEM IN THE TEAMCENTER ENVIRONMENT
USING DATA FROM CAPELLA**

This article explores the possibility of automating the process of obtaining system requirements, discusses methods and tools of system engineering. The process of obtaining system requirements manually and through the integration of embedded products, within the framework of system engineering, is described.

Keywords: automation, system engineering, requirement, Capella, Teamcenter.

Разработка нового продукта включает в себя этапы, на которых устанавливаются критерии для создания окончательного продукта, его предназначение, методы производства и прочее.

Одним из ключевых методов преодоления указанных трудностей служит использование методов системной инженерии. Системная инженерия представляет собой интегральный подход и инструменты, направленные на формирование эффективной системы. Системная инженерия предлагает нам инструменты и методы, которые способствуют переносу основных усилий по проектированию на начальные этапы, где большинство проблем, возникающих в ходе разработки,

улавливаются и решаются. Это позволяет минимизировать вероятность необходимости дополнительных корректировок и изменений, а следовательно, и вероятность превышения запланированных бюджетов и сроков реализации проекта [1].

До внедрения системы, основанной на подходах системной инженерии на предприятии, проектные требования к разрабатываемому продукту (далее – требования) формировались вручную с участием экспертов. К проектным (системным) требованиям относятся те, которые сформулированы на основе требований из технического задания, и каждое требование описывает одну конкретную функцию системы. Этот процесс является трудоёмким, длительным и подвержен влиянию человеческого фактора. Пример заполнения таблицы для разработки системных требований вручную, представлен в таблице.

Пример заполнения системного требования

Идентификатор требования SAU-00-00-00001			
Родительское требование	ТЗ п.3.2.3.1		
Распределение	Топливопитание	Компонент	Дозатор топлива
Допущение	Топливопитание должно быть достаточно надёжным и устойчивым в работе	Отнесение к безопасности	Да
САУ должна обеспечивать бесперебойное топливопитание во всех режимах полета			
Описание	Требование заключается в бесперебойной подаче, автоматическом дозировании топлива, поддержании заданных режимов полета и обеспечении постоянного расхода топлива на всех режимах работы		
Обоснование	Сложные процессы в системе топливопитания влияют на работу и надежность всей САУ		

В контексте внедрения системной инженерии на предприятии введены программные продукты Capella и Teamcenter, которые применяются для различных задач. Teamcenter представляет собой адаптируемую платформу для управления всем жизненным циклом продукта (PLM), в то время как Capella является программным обеспечением с открытым кодом, предназначенным для разработки систем на основе моделирования (MBSE) [2, 3].

Процесс создания проектных требований частично автоматизируется во внедряемых системах. На рисунке демонстрируется пошаговый

процесс формирования технического задания на разработку системы, осуществляемый с применением системной инженерии на производстве. Для моделирования бизнес-процессов использовалась специализированная методика BPMN (Business Process Modeling Notation), которая служит универсальным языком для описания процессов [4].

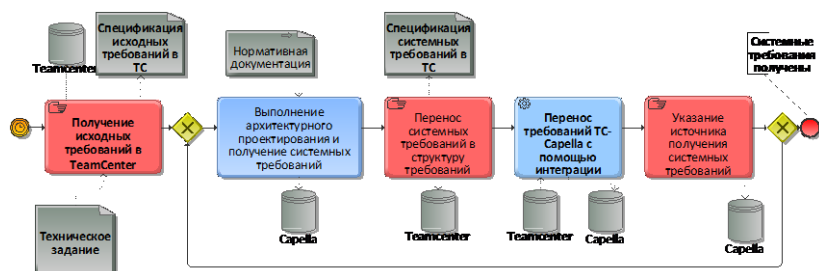


Рис. Процесс получения системных требований с помощью системной инженерии

Ручные операции выделены на рисунке красным цветом. Согласно процессу, требования разрабатываются с помощью интеграционного модуля «Capella – Teamcenter» следующим образом:

- на основании технического задания получить исходные требования и добавить их в спецификацию Teamcenter;
- перенести требования или их изменения из Teamcenter в ПО Capella;
- в Capella создать визуальное представление системной архитектуры, на основании нормативной документации, для формализации проектируемой системы;
- сформировать системные требования на основе разработанной архитектуры в Capella;
- выполнить перенос системных требований из Capella в структуру системных требований Teamcenter;
- произвести обратный перенос требований из Teamcenter в Capella для создания прослеживаемости системных требований;
- связать вручную источник требования, исходя из фрагмента архитектуры Capella, и полученное системное требование.

Этапы внесения требований и их перенос в систему Teamcenter в настоящее время выполняются вручную: они не подпадают под процессы автоматизации.

Основная задача исследования заключается в возможности автоматизации данных этапов, которые не были включены в проект внедрения.

Для автоматизации внесения и переноса требований, необходимо создать объект спецификации требований после построения архитектурной модели и заполнения требований в Capella. Спецификацию требований извлечь из базы данных системы Capella и добавить в систему Teamcenter. Таким образом, после автоматического переноса требований будет установлена связь между исходным требованием и проектным требованием системы.

Нам необходимо создать механизм правильного создания объектов и синхронизации их состояния. Применение предложенного подхода поможет избежать ошибок, вызванных человеческим фактором, и сократить время разработки проектных требований.

Для синхронизации систем Teamcenter и Capella нужно решить следующие задачи:

- разработать механизм синхронизации между системами teamcenter и capella;
- определить типы данных, а именно атрибуты, которые необходимо синхронизировать в системах;
- настроить параметры синхронизации (частоту обновления данных, приоритет синхронизации и т.д.);
- выбрать метод синхронизации (например, автоматическая синхронизация в реальном времени или синхронизация по расписанию);
- создать механизм обновления данных в обеих системах при изменении информации в одной из них;
- создать возможность выдачи запроса на обновление измененных атрибутов в одной системе, при изменении атрибутов в другой системе.

После выполнения всех этих шагов алгоритм синхронизации будет готов к использованию и позволит эффективно синхронизировать данные между системами Teamcenter и Capella. Для реализации полноценной интеграции на платформах Capella и Teamcenter предполагается использовать язык программирования Java. Он является единственным языком программирования, поддерживаемым как в Capella, так и в Teamcenter, а также отличается строгой типизацией [5].

В дальнейшем планируется:

- уточнение спецификаций извлечения объекта из Capella;

- определение правила преобразования из Capella в объект Teamcenter;
- изучение способа передачи в Teamcenter.

Библиографический список

1. Системная инженерия – группа компаний «ПЛИМ Урал» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.plm-ural.ru/resheniya/sistemnaya-inzheneriya> (дата обращения 08.12.2024).
2. Siemens PLM Software – обзор функциональных возможностей системы Teamcenter [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.siemens.ru/plm> (дата обращения 17.11.2024).
3. Capella – официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://mbse-capella.org/> (дата обращения 18.11.2024).
4. BPMN – официальный сайт. – URL: <https://www.bpmn.org/> (дата обращения 05.12.2024).
5. Java Software Oracle – официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.oracle.com/java/> (дата обращения: 08.12.2024).

Сведения об авторах

Машицкая Валерия Викторовна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ПИШ-23-7м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: maschickaya0905@yandex.ru

Шмидт Игорь Альбертович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: shmidt-ia@yandex.ru

В.Е. Семёнов, А.А. Киселёв

Лысьвенский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета, Лысьва

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

Авторы проектируют автоматизированную систему управления оборотного водоснабжения для электродугowych печей. Рассматриваются технологический процесс и принципы создания программы в программируемой среде LOGO! SoftComfortV8.2, итогом работы является программа управления подпиткой бака градирни и созданные по ней карты Карно.

Ключевые слова: LOGO, контроллер, автоматизация, программирование.

V.E. Semyonov, A.A. Kiselyov

Lysva Branch of Perm National Research Polytechnic University, Lysva

AUTOMATION OF CIRCULATING WATER SUPPLY OF ELECTRIC ARC FURNACES

In the article, the author designs an automated control system for circulating water supply for electric arc furnaces. The technological process and principles of creating a program in the LOGO! SoftComfortV8.2 programmable environment are considered, the result of the work is a cooling tower tank recharge control program and Carnot maps created according to it.

Keywords: LOGO, controller, automation, programming.

Проектируется автоматизированная система управления оборотного водоснабжения в рамках перевооружения электродугowych печей ферросплавного цеха (ФЦ) в рамках проекта по автоматизации оборотного водоснабжения ФЦ на предприятии АО «Чусовской металлургический завод».

По техническому заданию требовалось автоматизировать только подпитку бака водооборотного цикла, обеспечить контроль уровня воды, а также сигнализацию на случай экстренных ситуаций. Насосы должны управляться по давлению в трубопроводе [1].

Автоматизация старых систем управления является важной и значимой задачей для всего производства и страны в целом. Для таких

целей, как правило, требуется использовать минимум ресурсов, при этом нужно получить максимальную эффективность.

В ферросплавном цехе находятся несколько электродуговых печей, охлаждение которых крайне важно, для этих целей в 1999 г. были созданы два проекта, по которым была построена градирня и насосная станция.

Вода в градирню поступает из цеха, но при надобности может миновать градирню и поступать в бак хранения охлаждённой воды через байпас. Из этого бака вода отправляется в цех, на печи, при помощи четырёх насосов, один из которых рабочий, два из них являются резервными и включаются по очереди при падении давления в трубопроводе, и один запасной на замену.

Также немаловажную роль играет баланс воды в системе водоснабжения, попадание воздуха может быть критичным в таких системах. С течением времени вода в системе заканчивается, связано это с тем, что вода испаряется в больших количествах из-за особенности работы градирни; а также может произойти разлив воды.

Для решения этой проблемы предусмотрена подпитка бака водой из общей системы водоснабжения предприятия за счёт подпиточного клапана, который и требуется автоматизировать (рис. 1).

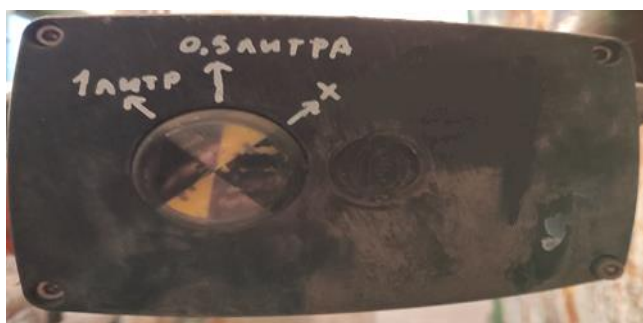


Рис. 1. Электропривод клапана подпитки

Управление будет происходить на основе уровня воды в баке. Для этого потребуется датчик-реле уровня жидкости РОС-301. Потребуется два уровня: верхний уровень (ВУ) и нижний уровень (НУ).

Предусмотрено два режима управления подпиткой, а именно автоматический и ручной. Режим выбирается при помощи трёхпозици-

онного переключателя. Для ручного режима работы потребуется ещё пара кнопок для открытия и закрытия электропривода клапана. Для автоматического режима потребуется ранее указанный датчик-реле РОС-301 (рис. 2).

Принцип работы датчика-реле РОС-301 основан на электропроводимости жидкости. Подпитка включается только в том случае, если вода перестает касаться датчика нижнего уровня воды, а выключается только тогда, когда вода касается датчика верхнего уровня воды.



Рис. 2. Датчик-реле уровня жидкости РОС-301

Управлять всей системой будет контроллер LOGO v8 на 24В постоянного напряжения. Он имеет 8 дискретных входов и 4 дискретных выхода. Сигнализация для экономии входов контроллера будет реализована через дополнительные контакты электропривода клапана. Также необходимо учесть возможность выбора обоих режимов работы сразу. Это делается для защиты оборудования от короткого замыкания. Защищать требуется реверсивный контактор Wieland, который и будет управлять электроприводом клапана. Теперь составляем электрические принципиальные схемы, они потребуются для монтажа и составления программы, по ним можно наглядно увидеть логику работы управления подпиткой и насосами. Далее программируем контроллер, основываясь на данной логике. Глядя на схему, можно понять, какие

входы/выходы мы используем, а также их назначение, важно, чтобы названия в программе и схеме соответствовали друг другу.

Открываем программу LOGO! SoftComfortV8.2, данная программа поддерживает всего два языка программирования: FBD (Function Block Diagram – функциональные блок-схемы) и LAD (LADDER – ПКС – релейно-контактные схемы) [2]. Для более наглядной демонстрации логики, программа будет написана на языке FBD. Данные языки равнозначны, и можно переводить программу из одного языка в другой.

При создании проекта выбираем начальный язык программирования и даём название, после чего попадаем на рабочую область, слева находятся логические блоки, из которых и будет строиться логика программы (рис. 3).

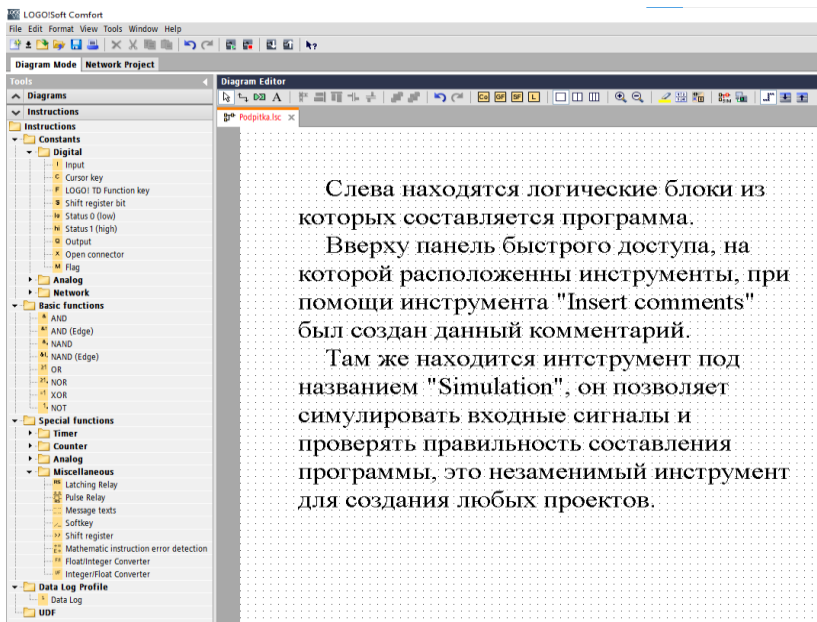


Рис. 3. Интерфейс программы

После добавления блока дискретных входов «I1» (Input) появится три вкладки. В первой вкладке задается номер физического входа на контроллере. Во второй вкладке мы можем написать комментарий, который отобразится сверху блока, он используется для того, чтобы

дать понятное название блоку. В третьей вкладке находятся настройки симуляции, изначально в симуляции блок дискретных входов является нормально открытым контактом без фиксации, но при желании можно изменить настройки на те, которые требуются.

Теперь выведем все входные и выходные сигналы, опираясь на схемы, и обозначим их при помощи комментариев (рис. 4):

- I1 – Вход №1, НУ (нижний уровень)
- I2 – Вход №2, ВУ (верхний уровень)
- I3 – Вход №5, режим «АВТО» (режим работы автоматический)
- I4 – Вход №4, кнопка «Стоп» (для ручного режима работы)
- I5 – Вход №3, кнопка «Пуск» (для ручного режима работы)
- Q1 – Выход №1, выключить подпитку
- Q2 – Выход №2, включить подпитку

Обязательно нужно добавить задержку на НУ и ВУ, данная задержка является защитой от всплесков воды. Длительность задержки выбирается в соответствии с необходимой чувствительностью системы управления.

Требуется фиксировать сигналы ВУ и НУ, это нужно для того, чтобы, если уровень воды опустился ниже НУ, вода должна набираться до тех пор, пока не достигнет ВУ. Для того чтобы запомнить сигнал, был использован блок «закрывающее реле» (RS).

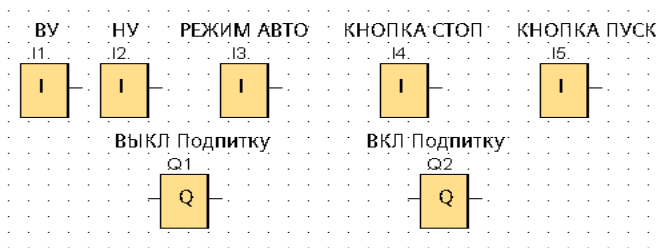


Рис. 4. Входные и выходные блоки

Также есть возможность инвертировать входы блоков, используя блок «НЕ», или использовать уже инвертированный блок, например «NAND» или «NOR».

Контроллер LOGO 8-й версии поддерживает 400 логических блоков в одной программе, что в 2 раза больше, чем предлагает 7-я версия данной линейки контроллеров.

В массивных проектах крайне важно экономить блоки, а также следить за временем выполнения цикла, ведь выполнения одной итерации цикла не должно превышать 0,1 мс.

Программа написана (рис. 5), и по ней нужно составить «карты Карно» для каждого из выходов (рис. 6, 7). Карты Карно – это аналог таблицы истинности, они также дают очень важную информацию о работе программы. По ним можно определить, есть ли недочёты или ошибки в программе, а также увидеть логику программы [3].

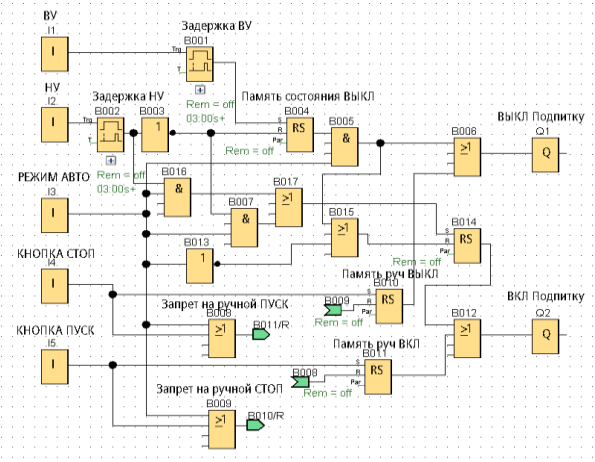


Рис. 5. Программа управления подпиткой бака

Q1 - ВЫКЛ		Input 1,2,3							
		000	001	011	010	110	111	101	100
Input 4,5	00	0	0	0	0	0	1	0	0
	01	0	0	0	0	0	1	0	0
	11	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	1	0	0	1	1	1	0	1

Рис. 6. Карта Карно для выхода Q1 «ВЫКЛ подпитку»

Q2 - ВКЛ		Input 1,2,3							
		000	001	011	010	110	111	101	100
Input 4,5	00	0	1	1	0	0	0	1	0
	01	1	1	1	1	1	0	1	1
	11	0	1	1	0	0	0	1	0
	10	0	1	1	0	0	0	1	0

Рис. 7. Карта Карно для выхода Q2 «ВКЛ подпитку»

Логика при написании программы заключается в том, что приоритетом является ситуация, когда бак будет наполняться. Как пример, когда оператор переключается из ручного режима в автоматический и при этом датчик нижнего уровня касается воды, клапан будет автоматически открываться.

Если произошла ситуация, когда датчик ВУ показывает наличие воды, а датчик НУ нет, тогда вода также будет наполняться, в этой ситуации нельзя наверняка сказать, какой из датчиков неисправен, и в любой ситуации лучше, чтобы бак наполнялся. Если вода в баке действительно достигла ВУ, то она продолжит наполняться, пока не дойдёт до сигнального датчика аварийного верхнего уровня, и оператор перекроет подпитку сам.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 34.602-2020. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. Введен от 19 ноября 2021 г. N 1522-ст.

2. Siemens, электронный справочник по контроллеру Logo [Электронный ресурс]. – URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109974807/logo!soft-comfort-online-help?dti=0&lc=en-WW> (дата обращения: 05.12.2024).

3. Мишулин Ю.Е., Немонтов В.А. Цифровая схемотехника: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Изд. 2-е, стер. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. – 144 с.

Сведения об авторах

Семёнов Владислав Евгеньевич – студент Лысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АЭП-23-01боз, Лысьва, Российская Федерация, e-mail: vlad_semyonov@mail.ru

Киселёв Антон Александрович – студент Лысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АЭП-23-01боз, Лысьва, Российская Федерация, e-mail: vlad_semyonov@mail.ru

А.Н. Кокоулин, С.Н. Ананьин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ
ORM-СЕРВЕРА В ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС «БАГЕТ»**

В данной работе рассматривается разработка методов защиты сегмента управления технологическим процессом Амурского гидрометаллургического комбината на основе программно-технического комплекса «Багет». Особое внимание уделено внедрению технологии ORM для повышения уровня безопасности и упрощения управления данными. В работе описаны уже реализованные компоненты системы, включая OPC UA сервер и клиент, обеспечивающие шифрование данных, аутентификацию и контроль доступа. ORM, как дополнение к существующей архитектуре, позволяет минимизировать риски SQL-инъекций, ошибок данных,

а также упрощает интеграцию новых модулей и автоматизацию транзакций. Представлены математическая модель оценки уровня защищённости системы и результаты её применения, показывающие, что интеграция ORM-сервера снижает риск угроз в 3 раза по сравнению с изначальным уровнем. Выводы подчеркивают значимость использования ORM для повышения безопасности и устойчивости автоматизированных систем управления технологическими процессами в условиях роста киберугроз, делая систему более надёжной и гибкой.

Ключевые слова: критическая инфраструктура, автоматизированные системы управления технологическими процессами, киберугрозы, OPC UA, ORM.

A.N. Kokoulin, S.N. Ananin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**PROSPECTS FOR INTEGRATING AN ORM SERVER
INTO THE "BAGET" SOFTWARE-TECHNICAL COMPLEX**

This paper explores the development of methods for protecting the process control segment of the Amur Hydrometallurgical Plant based on the software-technical complex "Baget." Special attention is given to the implementation of ORM technology to enhance security and simplify data management. The paper describes the already implemented system components, including an OPC UA server and client, which ensure data encryption, authentication, and access control. ORM, as a complement to the existing architecture, minimizes the risks of SQL injection and data errors, while also simplifying the integration of new modules and automation of transactions. A mathematical model for as-

sessing the system's security level and its application results is presented, demonstrating that the integration of an ORM server reduces threat risks by three times compared to the initial level. The conclusions highlight the importance of using ORM to enhance the security and resilience of process control systems in the context of growing cyber threats, making the system more reliable and flexible.

Keywords: Critical infrastructure, Automated Process Control Systems, cyber threats, OPC UA, ORM.

В современном мире киберугрозы для объектов критической инфраструктуры становятся всё более актуальными. Особенно это касается автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), которые играют ключевую роль в функционировании таких объектов [1, 2]. В данной работе рассматривается разработка методов защиты сегмента управления технологическим процессом Амурского гидromеталлургического комбината (АГМК) на основе программно-технического комплекса (ПТК) «Багет».

Актуальность работы подтверждается исследованиями сторонних групп, указывающих на рост киберугроз в сфере автоматизированных систем управления. Специалисты прогнозируют увеличение активности хакеров, обусловленное доступностью технологий искусственного интеллекта. В связи с этим мы обеспокоились защитой АСУ ТП. Для полноценной защиты мы написали собственное программное обеспечение. Оно включило в себя комплекс программ. OPC UA сервер для реализации стандартизированной платформы передачи данных между модулями. Сервер обеспечивает шифрование данных, аутентификацию пользователей и централизованный контроль доступа к технологической информации.

OPC UA клиент для взаимодействия с сервером, передачи управляющих команд и получения актуальных данных о состоянии оборудования. Клиент поддерживает безопасную передачу данных и может работать с несколькими подключениями одновременно. В нем реализованы функции подключения с логином/паролем или сертификатом/ключом. Также для систем, где не требуется защищенность, реализована функция подключения без шифрования.

Однако, несмотря на высокую функциональность этих компонентов, для обеспечения комплексной работы с данными и упрощения интеграции новых модулей в систему нами было рассмотрено внедрение ORM технологии. ORM, что расшифровывается как Object-

Relational Mapping (объектно-реляционное отображение), представляет собой технологию, которая облегчает взаимодействие между объектно-ориентированным программированием и реляционными базами данных, упрощая разработку.

Включение ORM технологии в архитектуру системы позволит:

- упростить управление данными. ORM автоматизирует преобразование данных между базой и объектно-ориентированным кодом, что сокращает время разработки;

- повысить безопасность. ORM поддерживает строгую типизацию данных и механизмы валидации, что минимизирует риск ошибок и атак на уровень базы данных;

- обеспечить совместимость. ORM облегчит интеграцию новых приложений и компонентов за счёт унифицированного доступа к данным.

Таким образом, ORM станет связующим звеном между существующими OPC UA клиентом и сервером и реляционными базами данных, дополняя их возможности и повышая общую эффективность системы.

Для ПТК «Багет» мы будем разрабатывать собственную ORM технологию – уникальное решение, не имеющее аналогов для данной системы. Его основная задача – устранение рисков, связанных с управлением данными, и создание унифицированной платформы для интеграции новых модулей.

Угрозы, которые решает ORM технология:

- несанкционированный доступ к данным. ORM будет интегрирована с механизмами аутентификации OPC UA и добавляет уровень контроля доступа на уровне данных, исключая возможность прямого обхода защитных механизмов;

- целостность данных. Автоматическое управление транзакциями и строгая типизация предотвращают нарушения целостности данных, вызванные ошибками в запросах или внешним вмешательством;

- сложности интеграции новых модулей. ORM обеспечивает унифицированный доступ к данным через объектно-ориентированный код, устраняя необходимость прямого взаимодействия с базой данных.

Выделим основные функции использования технологии ORM:

- автоматическое управление транзакциями. ORM-сервер будет отслеживать все изменения данных, гарантируя их целостность даже в случае сбоев системы. Это минимизирует вероятность ошибок при обработке больших объёмов данных;

– реализация ролевого доступа. Каждая операция с данными будет проверяться на соответствие правам пользователя. Это исключит несанкционированные изменения или чтение данных. Например, пользователь с ограниченными правами не сможет модифицировать критические параметры системы;

– защита от SQL-инъекций. Все запросы к базе данных будут генерироваться ORM-сервером, что исключает возможность использования неподготовленных SQL-запросов, часто применяемых злоумышленниками;

– журналирование операций. Любая попытка доступа, изменения данных или выполнения запросов будет фиксироваться в журнале, доступном для аудита. Это создаёт дополнительный слой контроля и мониторинга;

– упрощённая интеграция с модулями. ORM-сервер предоставит унифицированный интерфейс для взаимодействия с базой данных, что облегчит добавление новых модулей или модернизацию системы.

Используя вышесказанные функции, выделим потенциальные угрозы, которые могут быть ликвидированы с помощью внедрения технологии ORM.

Несанкционированный доступ к данным. Благодаря строгой аутентификации и ролевому управлению доступом вероятность несанкционированного изменения данных снижается.

Ошибки при работе с данными. Автоматическое управление транзакциями и проверка целостности данных устраняют риски потери данных при сбоях.

SQL-инъекции. Генерация всех запросов через ORM исключает возможность выполнения вредоносных команд.

Необнаруженные попытки атаки. Журналирование операций позволяет фиксировать все действия в системе, что упрощает выявление попыток несанкционированного доступа.

Для оценки эффективности внедрения OPC UA сервера мы создали математическую модель. Теперь нужно обновить нашу математическую модель, добавить туда реализацию ORM и понять, насколько целесообразно будет использование такой технологии в нашем примере. Для оценки эффективности ORM в предотвращении угроз можно

использовать следующие метрики, основанные на реальных сценариях работы системы. Это позволит определить эффективность ORM в различных аспектах защиты (таблица).

Метрика оценки эффективности ORM-сервера

Оценка	Описание
1	ORM не реализован (Использование прямых SQL-запросов без контроля)
2–3	Низкая защита (базовые ORM-функции без проверок целостности данных)
4–5	Средняя защита (реализованы базовые транзакции и управление доступом)
6–7	Хорошая защита (ORM защищает от SQL-инъекций и проверяет целостность)
8–9	Очень высокая защита (внедрены ролевые модели доступа, журналирование)
10	Максимальная защита (полный контроль данных, защита от всех известных угроз)

Теперь рассчитаем следующие показатели:

Вероятность ошибок в данных ($P_{\text{ошибки}}$). После внедрения ORM-технологии вероятность ошибок, связанных с потерей или повреждением данных, снижается:

$$P_{\text{ошибки}} = P_{\text{начальный}} (1 - G) = 0,15 \cdot (1 - 0,8) = 0,03.$$

Итоговый уровень защищённости с учетом ORM. Итоговый риск можно пересчитать с учётом эффективности ORM:

$$S_{\text{итоговый}} = \sum(R \cdot E \cdot F \cdot G) = 5,6 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 5,6 \cdot 0,336 = 1,8816.$$

Напомним: изначальный уровень риска составлял $R = 5,6$. После внедрения методов шифрования и файрволла риск снизился до $S = 2,352$. Включение ORM-сервера снижает итоговый риск до $S_{\text{итоговый}} = 1,88$, что эквивалентно уменьшению угрозы в 3 раза по сравнению с изначальным уровнем риска. В рамках данной работы была представлена перспектива интеграции ORM-сервера в программно-технический комплекс «Багет» для повышения уровня защищённости сегмента управления технологическим процессом. Проведённый анализ показал, что добавление ORM в существующую архитектуру, включающую OPC UA сервер и клиент, предоставляет целый ряд преимуществ:

– улучшение безопасности данных. ORM-сервер минимизирует вероятность ошибок при работе с данными, устраняет риск SQL-инъекций, обеспечивает ролевой доступ и строгую проверку целостности. Повышение прозрачности и контроля. Внедрение механизмов журналирования позволяет фиксировать и анализировать все операции с данными, упрощая мониторинг и аудит системы. Снижение уровня риска. Включение ORM-сервера в систему позволяет дополнительно

снизить итоговый риск угроз. Согласно математической модели, вероятность угрозы уменьшается в 3 раза по сравнению с изначальным уровнем, обеспечивая высокую степень защищённости системы;

– упрощение работы с данными. ORM упрощает интеграцию новых модулей, автоматизирует управление транзакциями и сокращает время разработки, что делает систему более гибкой и масштабируемой.

Таким образом, внедрение ORM-сервера является целесообразным и обоснованным шагом, который дополняет и усиливает существующие меры защиты, реализованные через OPC UA сервер и клиент. Разработанное решение не только устраняет актуальные киберугрозы, но и закладывает основу для дальнейшего развития системы управления технологическими процессами, делая её более надёжной и устойчивой к внешним воздействиям.

Эти результаты подчёркивают значимость использования ORM-сервера для повышения безопасности объектов критической инфраструктуры, таких как Амурский гидрометаллургический комбинат (АГМК), и служат примером эффективного подхода к интеграции современных технологий в автоматизированные системы управления.

Библиографический список

1. Смирнов Д.С. Технологии защиты данных в критической инфраструктуре. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2020. – 245 с.

2. Федоров Н.П. ORM-технологии в автоматизированных системах управления. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – 240 с.

Сведения об авторах

Кокоулин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: a.n.kokoulin@at.pstu.ru

Ананьин Сергей Николаевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: serunya@inbox.ru

Д.А. Чагин, Е.А. Чабанов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РАСПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

В данной статье рассматривается актуальность применения асинхронных двигателей в цветной металлургии, а именно использование их в перемешивающих (рафинирующих) устройствах (далее мешалках). Мешалки обеспечивают равномерно перемешанный расплав металла, повышая его качество и механические характеристики. В данный момент существует много разновидностей перемешивающих устройств, по принципу работы можно выделить три типа: механические – электродвигатель приводит в движение винт, который перемешивает расплав, электромагнитный – расплав металла перемешивается посредством электромагнитных волн, которые приводят в движение металл внутри тигля, тем самым перемешивая его, и дегазация – перемешивание расплавленного металла при помощи инертных газов.

Ключевые слова: мешалка, рафинирование, цветная металлургия.

D.A. Chagin, E.A. Chabanov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

MODERNIZATION OF THE INSTALLATION FOR MIXING MOLTEN METAL

This article discusses the relevance of using asynchronous motors in non-ferrous metallurgy, namely their use in mixing (refining) devices (hereinafter referred to as the mixer). Mixers ensure that the metal melt is evenly mixed, increasing its quality and improving its mechanical characteristics. At the moment, there are many types of mixing devices, according to the principle of operation, three types can be distinguished: mechanical - an electric motor drives a screw that stirs the melt, electromagnetic - the metal melt is stirred by electromagnetic waves that move the metal inside the crucible, thereby stirring it and stirring the molten metal using inert gases.

Keywords: mixer, refining, non-ferrous metallurgy.

В современной металлургии активно используются электродвигатели, которые приводят в движение самые различные механизмы – от вентиляционных установок до разнообразных станков. В нашем случае мы рассмотрим применение асинхронного двигателя в промышленной

цветной металлургии, а именно на магний перерабатывающем заводе, в качестве движителя перемешивающей установки, а также затронем электромагнитную мешалку и перемешивание с помощью инертных газов. Данное направление является узконаправленным, поэтому информационное поле имеет ограниченное количество материалов по данной теме.

Рассмотрим простую мешалку с присоединением винта через вал напрямую к валу двигателя [1]. Данный вариант исполнения имеет как преимущества, так и ряд недостатков. К преимуществам относят доступность и простоту. К недостаткам же относят дорогое управление (чаще используется частотный преобразователь) и перегрев, что приводит к выходу из строя электродвигателя. Устройство установки представлено на рис. 1.

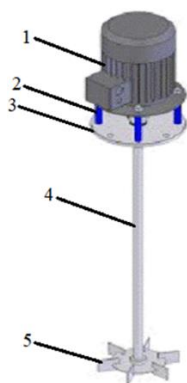


Рис. 1. Простая мешалка:
1 – электродвигатель, 2 – проставка,
3 – платформа, 4 – вал, 5 – винт

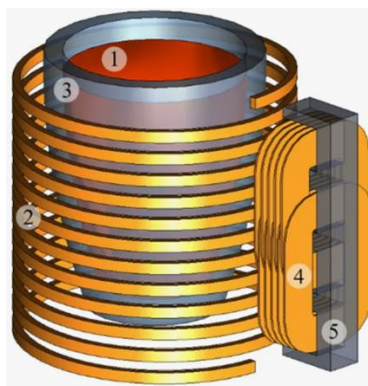


Рис. 2. Общий вид электромагнитной установки, где 1 – расплав внутри тигля, 2 – многослойный индуктор, 3 – графитовый тигель, 4 – пересекающиеся обмотки, 5 – магнитопровод

Второй вариант исполнения – это перемешивание с помощью электромагнитных волн [2]. По сути, это электродвигатель, в котором обмотки снаружи тигля – это обмотки статора, а ротором выступает расплавленный металл внутри тигля. К «плюсам» данной установки относят повышение качества продукции и производительности труда, долгий срок службы и универсальность (подходит для разных метал-

лов). К «минусам» же относят сложное устройство и управление, дорогое управление и большое потребление электроэнергии. Устройство установки представлено на рис. 2.

Третья установка для перемешивания использует инертный газ посредством введения его в расплав под давлением, тем самым приводя расплавленный металл в движение [3]. К достоинствам относят: повышение качества расплава, усреднение и стабилизацию химического состава и температуры расплава. К недостаткам относят: высокую токсичность, техническую сложность в реализации и небольшой срок службы. Устройство установки представлено на рис. 3.

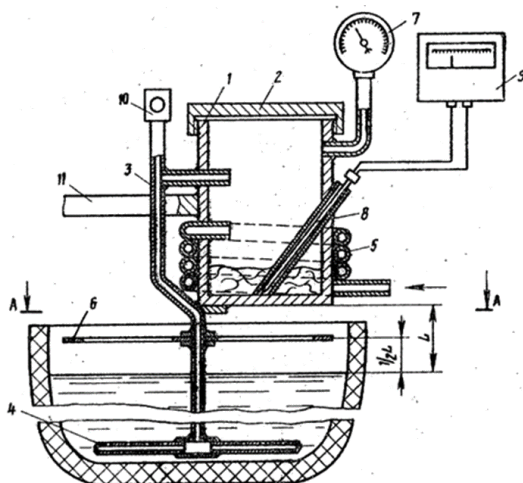


Рис. 3. Устройство установки для перемешивания расплава: 1 – испаритель, 2 – герметичная крышка, 3 – отводная трубка, 4 – газораспределитель, 5 – трубка для подачи инертного газа, 6 – поворотный экран с отверстиями, 7 – манометр, 8 – термопара, 9 – потенциометр, 10 – предохранительный клапан, 11 – штанга для извлечения устройства из расплава

Использование на производстве дорогого оборудования приводит к повышению стоимости продукции, которая поступает на рынок, поэтому и предприятиям, и покупателям выгодно, когда установки надёжны и позволяют получить продукт хорошего качества и по доступной цене. Как ранее было написано, электромагнитная установка и установка с использованием инертных газов являются сложными по конструкции и управлению, поэтому выбор для лёгких металлов, таких

как алюминий и магний, очевиден: нужна простая установка. Но так как нам следует защитить двигатель от температурного воздействия расплавленного металла и обеспечить естественное охлаждение, то нам следует сместить двигатель так, чтобы он находился вне зоны действия паров расплавленного металла.

В заключение хочется отметить, что установка для перемешивания, которая будет иметь шестерёнчатую передачу, будет оптимальным вариантом, так как двигатель будет находиться в стороне и будет охлаждаться естественным притоком воздуха и за счёт применения понижающей пары будет возможность упростить управление. Ещё одним «плюсом» данной установки будет то, что для перемешивания металла нужны постоянные обороты винта, что за счёт редуктора будет несложно осуществить.

Библиографический список

1. Перемешивание. Виды и конструкции мешалок [Электронный ресурс] // Bibliofond. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=809992> (дата обращения: 13.12.2024).

2. МГД-перемешивание расплава бегущим магнитным полем [Электронный ресурс] // Цветная металлургия. – URL: <https://studfile.net/preview/4312921/page:2/> (дата обращения: 13.12.2024).

3. Устройство для рафинирования сплавов инертными газами и/или парами солей [Электронный ресурс] / А.Л. Золотой, К.Н. Милицын, В.Г. Федечкин, Н.Ю. Позднякова // Цветная металлургия. – URL: <https://patenton.ru/patent/SU865946A1?ysclid=m4x1pv7fxj766839137> (дата обращения: 13.12.2024).

Сведения об авторах

Чагин Данил Александрович – студент Пермского национально-исследовательского политехнического университета, гр. ЭМ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: danil.chagin.02@bk.ru

Чабанов Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: cearb@mail.ru

М.П. Павлов, К.Р. Ивашнев, Е.И. Рыбин, А.Г. Марахтанов

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Визуальный контроль дефектов сварных соединений является обязательным этапом неразрушающего контроля любых сварочных работ. В данной статье исследуется создание автоматизированной системы обнаружения поверхностных дефектов сварных соединений с целью улучшения контроля качества сварных швов, уменьшения человеческого фактора при контроле и своевременном обнаружении дефектов. Особое внимание уделяется проектированию аппаратной части такой системы и расположению ее компонентов на промышленных предприятиях. Рассматриваются перспективы развития автоматизации контроля поверхностных дефектов и направления развития предложенного решения.

Ключевые слова: контроль поверхностных дефектов, дефекты сварных соединений, компьютерное зрение, искусственный интеллект.

M.P. Pavlov, K.R. Ivashnev, E.I. Rybin, A.G. Marakhtanov

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

AUTOMATION OF WELDING DEFECTS CONTROL USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

Visual inspection of defects in welded joints is a mandatory stage of non-destructive testing of any welding work. In this article the creation of an automated system for detection of surface defects of welded joints is investigated in order to improve the quality control of welds, reduce the human factor in the control and timely detection of defects. Particular attention is paid to the design of the hardware part of such a system and the location of its components at industrial enterprises. Prospects of development of automation of surface defects control and directions of development of the proposed solution are considered.

Keywords: welding defect inspection, weld defects, computer vision, artificial intelligence.

Проверка качества сварных соединений – обязательный этап любых сварочных работ. Визуальный контроль является обязательным этапом неразрушающего контроля и часто осуществляется самим сварщиком, что предполагает человеческий фактор и повышает риск

пропущенного специалистом брака. Некачественный сварочный шов может привести к фатальным последствиям на последующих этапах производства или при эксплуатации готовой продукции, также обнаружение дефектов на поздних этапах производства увеличивает расходы на устранение брака и ведёт к экономическим потерям. Проблему контроля качества сварных соединений предлагается эффективно решить при помощи автоматизации процессов её оценки. Программно-аппаратный комплекс (автоматизированная система) видеоаналитики контроля дефектов сварных соединений позволит своевременно обнаруживать дефекты в сварном шве и их классифицировать.

Для разработки такой системы контроля необходимо первоначально определить типы дефектов, которые она сможет находить на практике. В результате анализа существующих наборов данных и консультации с представителями промышленности в данной области были отобраны наиболее релевантные классы дефектов сварных соединений:

1. Прилегающие дефекты (брызги, прожоги от дуги).
2. Дефекты целостности (кратер, шлак, свищ, пора, прожог, включения).
3. Дефекты геометрии (подрез, непровар, наплыв, чешуйчатость, западание, неравномерность).
4. Дефекты постобработки (заусенец, торец, задир, забоина).
5. Дефекты невыполнения (незаполнение раковины, несплавление).

Контроль дефектов сварных соединений для этих пяти классов является важной производственной необходимостью из-за их распространенности и частой встречаемости на практике в современных производственных процессах, а также потенциальных последствий для качества и безопасности продукции. Для сбора и аннотирования набора данных дефектов сварных соединений использовались данные из открытых источников (хакатона AtomicHack 2.0), а также реальные производственные изображения сварочных швов, полученные от Института лесных, горных и строительных наук ПетрГУ. Процесс аннотирования подразумевает под собой выделение на исходном изображении из набора данных прямоугольных областей с дефектом. Набор данных дефектов сварных соединений представляет собой исходные изображения швов с отмеченными на них прямоугольными областями каждого класса дефектов. Характеристики собранного набора данных представлены в таблице. Данный набор изображений и областей с дефектами позволит мето-

дам искусственного интеллекта в автоматическом режиме находить области с поверхностными дефектами, а также их классифицировать (определять класс каждого дефекта), что отражено в таблице.

Сводная таблица характеристик собранного набора данных

№ п/п	Название характеристики	Значение	Предполагаемая важность характеристики для улучшения точности
1	Количество классов дефектов	5	Высокая
2	Количество изображений	2153	Средняя
3	Медианное разрешение изображений, пикселей	2160×2160	Низкая
4	Количество аннотаций	7439	Средняя
5	Среднее количество аннотаций	3,5	Высокая

В настоящее время существует множество методов и механизмов, направленных на повышение эффективности и точности автоматизированных систем видеоанализа [1, 2]. И методы, основанные на глубоком обучении, показывают одни из лучших результатов [3]. В результате их анализа было выявлено, что многие из имеющихся решений либо жертвуют скоростью обработки данных в пользу точности, либо требуют значительных вычислительных ресурсов [1–3]. В разрабатываемой системе высокая точность при сохранении скорости обнаружения достигается за счёт использования нейронной сети на основе архитектуры YOLO [4, 5] с одним проходом по изображению. Это позволит не только обнаруживать дефекты сварных соединений и их классифицировать в режиме реального времени с обеспечением высокой точности, но и производить все вычисления на промышленных панельных компьютерах, обладающих небольшими вычислительными ресурсами.

Алгоритм обнаружения дефектов сварных соединений и их классификации, представленный на рисунке, представляет собой многоэтапный процесс, включающий в себя следующие основные этапы:

1. Получение исходного изображения сварного шва с помощью камеры видеонаблюдения. Изображение с камеры в формате RGB получается с помощью программного модуля ffmpeg и библиотеки OpenCV по протоколу RTSP.

2. Предварительная обработка изображения. Преобразование изображения в формат, пригодный для обработки нейронной сетью, включая изменение размера и нормализацию пиксельных значений.

3. Применение нейронной сети. Обработка изображения с помощью нейронной сети, обученной на большом наборе данных изображений сварных соединений с различными типами дефектов, что позволяет выявить и классифицировать дефекты с высокой точностью.

4. Обработка предсказаний. Для фильтрации и исключения повторяющихся и перекрывающихся областей используется метод pop-max suppression [6].

5. Визуализация и документирование. Сохранение изображений и информации о дефектах в базе данных и их представление пользователю.

Данный алгоритм описывает предлагаемый путь потока данных и действия над ним на каждом шаге, а также обеспечивает обнаружение поверхностных дефектов сварных соединений в режиме реального времени.



Рис. Алгоритм обнаружения дефектов сварных соединений и их классификации

В качестве ранних экспериментов для решения задачи поиска дефектов сварки на собранном наборе данных были обучены модели нейронной сети YOLOv8 в малом (nano) и среднем (medium) вариантах. Обучающая выборка состояла из 80 % набора данных дефектов сварных соединений (1722 изображения), а тестовая выборка – из 20 % (431 изображение). Обучение нейронных сетей проходило с использованием библиотеки Ultralytics на компьютере, обладающем следующими характеристиками: процессор Intel Core i7-13700K; видеокарта Nvidia GeForce RTX 4080 с 16 Гб видеопамяти; 32 Гб оперативной памяти; 2 Тб постоянной SSD памяти; операционная система Ubuntu 24.04.01 LTS. В процессе обучения модели использовались следующие гиперпараметры, используемые по умолчанию библиотекой Ultralytics: количество эпох:

300; batch size: 16; скорость обучения (learning rate): 0,001; градиентный импульс (momentum): 0,9. По результатам обучения nano и medium моделей точность обнаружения и классификации дефектов по метрике mAP-50 достигла 0,83 и 0,85, а среднее время на получение предсказаний от нейронной сети составило 0,7 и 2,7 мс соответственно. Для использования на практике была выбрана модель нейронной сети YOLOv8 nano, обладающая наилучшим соотношением точности обнаружения поверхностных дефектов и скоростью работы.

Прототип предлагаемой автоматизированной системы контроля дефектов сварных соединений представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из аппаратной и программной частей. Аппаратная часть включает в себя устройство сбора информации в виде камеры видеонаблюдения и устройство обработки данных – промышленный панельный компьютер. Вся аппаратная часть находится в непосредственной близости у сварочного аппарата и зоны работы сварщика. В связи с этим среда эксплуатации будет содержать достаточно высокие температуры, пыль и возможные электромагнитные помехи от самого аппарата.

На основе разработанного ранее алгоритма разработан прототип приложения контроля дефектов сварных соединений и модуль определения и классификации дефектов сварных соединений. Прототип приложения реализован с помощью библиотеки PyQt5, а модуль реализован с использованием языка программирования Python и библиотек PyTorch, OpenCV и Pillow. В основе модуля лежит обученная на нахождение и классификацию дефектов сварных соединений нейронная сеть YOLOv8 nano, процесс обучения и настройки которой был описан ранее. Модуль получает с камеры видеонаблюдения исходное изображение шва после его формирования. Камера направлена на шов через 2–3 с после того, как его сварили. Изделие в процессе работы автоматически перемещается в кадре, что позволяет закрепить камеру на одном месте, чтобы в ходе работ весь шов был осмотрен. Полученное изображение обрабатывается в соответствии с алгоритмом определения и классификации дефектов сварных соединений, описанным ранее. Вычислительные операции предварительной обработки изображения, получения результатов от модели нейронной сети и их анализа были оптимизированы под мощности панельного промышленного компьютера с помощью фреймворка OpenVINO.

Разработанный прототип программно-аппаратного комплекса проходит апробацию в Институте лесных, горных и строительных наук ПетрГУ. Разработанное решение контроля сварных соединений может быть использовано на металлургических, энергетических и других предприятиях, занимающихся сварочными работами, для повышения качества, эффективности и конкурентоспособности, а также цифровизации технологических процессов. Также разработанное решение может найти применение при подготовке профессиональных кадров в образовательных учреждениях.

Основные направления развития проекта могут заключаться в расширении набора данных изображений дефектов сварных соединений; добавлении новых типов дефектов. Также одним из направлений развития системы может быть сбор данных с датчиков сварочного аппарата, что позволит улучшить как точность нахождения дефектов, так и дополнительно анализировать причины их возникновения. Ещё одно направление развития таких систем контроля может заключаться в автоматизации составления отчётов визуально-измерительного контроля с целью снижения нагрузки на работников по составлению отчетной документации. Чтобы работник не составлял отчёты и прочие необходимые документы с чистого листа, а получал их автоматически и верифицировал (сверял с действительностью и корректировал при необходимости).

Благодарности. *Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта «Разработка автоматизированной системы видеоаналитики контроля дефектов сварных соединений», поддержанного в рамках Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, обеспечивающих значительный вклад в инновационное развитие отраслей экономики и социальной сферы Республики Карелия, в 2024 г., финансируемой Правительством Республики Карелия (Договор №3-Г24 от 20.03.2024 между ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» и Фондом венчурных инвестиций Республики Карелия).*

Библиографический список

1. Ravichandiran P.K., Ramachandran D., Jegadeeshwaran R. Welding Defect Identification with Machine Vision System using Machine Learning // Journal of Physics Conference Series. – 2020. – № 1716. – P. 1–9.

2. Almasoudi F. Enhancing Power Grid Resilience through Real-Time Fault Detection and Remediation Using Advanced Hybrid Machine Learning Models // Sustainability. – 2023. – № 15. – P. 8348–8348.

3. Sassi P., Tripicchio P., Avizzano C.A. A Smart Monitoring System for Automatic Welding Defect Detection // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2019. – № 66. – P. 9641–9650.

4. YOLO-CEA: a real-time industrial defect detection method based on contextual enhancement and attention / Z. Shilong, L. Gang, Z. Mingle, L. Min // Cluster Computing. – 2024. – № 27. – P. 2329–2344.

5. Viswanatha V., Chandana R.K., Ramachandra A.C. Real Time Object Detection System with YOLO and CNN Models: A Review // Journal of Xi'an University of Architecture & Technology. – 2022. – № 14. – P. 144–151.

6. Mrutyunjay A., Kondrakunta P., Rallapalli H. Non-max Suppression for Real-Time Human Localization in Long Wavelength Infrared Region // Learning and Analytics in Intelligent Systems. – 2020. – P. 166–174.

Сведения об авторах

Павлов Максим Павлович – студент Петрозаводского государственного университета, гр. 22407, Петрозаводск, Российская Федерация, e-mail: mpavlov@cs.petrSU.ru

Ивашнев Кирилл Русланович – преподаватель кафедры «Информатика и математическое обеспечение» Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Российская Федерация, e-mail: ivashnev-kirill@mail.ru

Рыбин Егор Ильич – преподаватель кафедры «Информатика и математическое обеспечение» Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Российская Федерация, e-mail: rybin@cs.petrSU.ru

Марахтанов Алексей Георгиевич – старший преподаватель кафедры «Теория вероятностей и анализ данных», директор Центра искусственного интеллекта, Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск, Российская Федерация, e-mail: marahtanov@petrsu.ru

Н.А. Южаков, С.А. Сторожев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Исследование сосредоточено на проектировании и оптимизации систем управления температурой, направленных на повышение энергоэффективности, сокращение потерь и удовлетворенность пользователей, с помощью интеллектуальных методов. Исследование основывается на необходимости энергосбережения, а также на росте моделей интеллектуального управления температурой в помещениях. В ответ на необходимость энергосбережения, особенно в области управления недвижимостью, в данном исследовании была спроектирована и оптимизирована система управления температурой путем контроля энергопотребления.

Ключевые слова: энергопотребление, стратегия оптимизации управления.

N.A. Yuzhakov, S.A. Storozhev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DEVELOPMENT OF A TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR INDOOR ENVIRONMENTS

The research focuses on the design and optimization of temperature control systems to improve energy efficiency, reduce waste and improve user satisfaction through intelligent methods. The research is based on the need for energy saving and the growth of intelligent indoor temperature control models. In response to the need for energy saving, especially in the field of property management, this study designed and optimized a temperature control system by monitoring energy consumption.

Keywords: energy consumption, optimization control strategy.

В современном обществе спрос на энергию быстро растет, проблемы дефицита энергоснабжения и загрязнения окружающей среды становятся все более актуальными. Особенно в секторах недвижимости и управления недвижимостью потребление энергии составляет значительную долю, становясь важным фактором, влияющим на экологию.

В последние годы с ростом концепции «умного города» использование высоких технологий для оптимизации управления энергией

и эффективного распределения и использования ресурсов стало глобальным консенсусом. Поэтому данное исследование сосредоточено на применении искусственного интеллекта в управлении недвижимостью для оптимизации энергоменеджмента с целью исследовать новый способ повышения энергоэффективности и содействия экологической устойчивости.

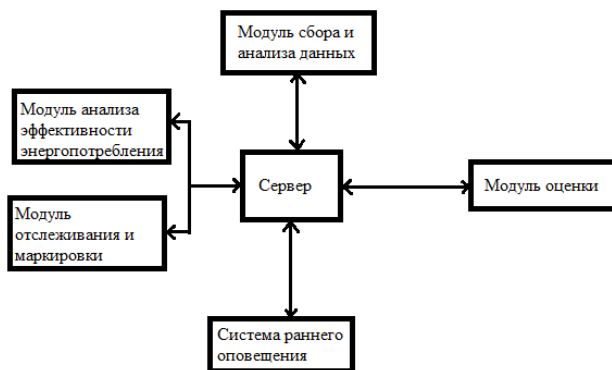


Рис. 1. Схема интегральной платформы

Рис. 1 показывает блок-схему, отображающую модули и их взаимосвязи, связанные со сбором данных, анализом производительности энергопотребления, отслеживанием и маркировкой потребления энергии по домам и ранним оповещением. Вместе эти модули составляют систему управления энергией, которая собирает и анализирует данные о потреблении энергии для оптимизации использования энергии и повышения эффективности.

Цель данного исследования – проведение сравнительного анализа существующей и модернизированной системы с целью оценки эффективности внедрения новых технологий, направленных на снижение энергопотребления и уменьшение отклонений температуры от заданной нормы.

Проектирование системы управления энергией на объектах недвижимости должно основываться на всестороннем анализе потребностей, чтобы обеспечить эффективное решение практических задач и повышение эффективности управления энергией [1]. Конкретная структура требований представлена на рис. 2.

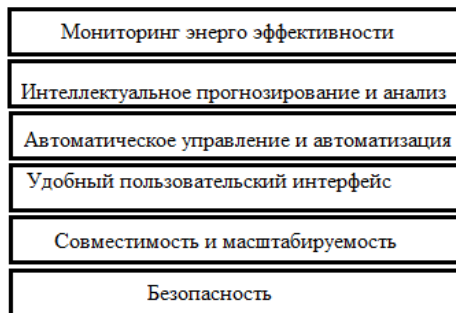


Рис. 2. Требования к системе

Анализ потребностей должен охватывать следующие ключевые аспекты:

1. Мониторинг энергоэффективности: система должна обладать возможностью мониторинга потребления всех видов энергии (например, электроэнергии, воды и газа) в реальном времени, включая потребление энергии оборудованием, потреблением по времени, чтобы обеспечить точность и своевременность данных.

2. Интеллектуальное прогнозирование и анализ: с использованием данных и параметров окружающей среды система должна уметь прогнозировать тенденции потребности в энергии, проводить анализ энергоэффективности, выявлять аномалии в потреблении энергии и предоставлять данные для принятия решений.

3. Автоматическое управление и оптимизация: автоматическое планирование и управление на основе прогнозных данных, оптимизация распределения энергии и снижение отходов при учете баланса между комфортом и экономией.

4. Удобный пользовательский интерфейс: интерфейс, который предоставляет интуитивно понятный и простой способ для персонала управления объектом и конечных пользователей просматривать отчеты о потреблении энергии, стратегии управления, информацию о предупреждениях и т.д.

На основе вышеуказанных требований архитектура системы управления энергией на объектах недвижимости обычно делится на четыре уровня: уровень восприятия, сетевой уровень, платформенный уровень и сервисный уровень. Конкретная структура представлена на рис. 3.

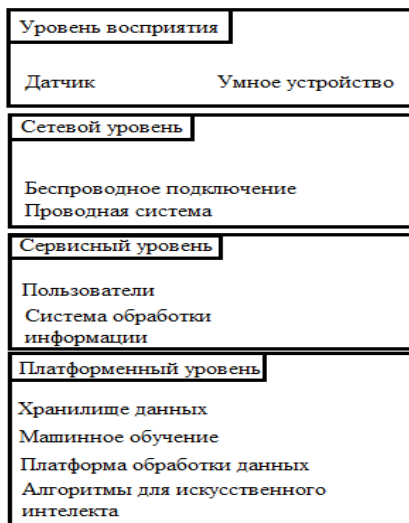


Рис. 3. Архитектура системы

Рис. 3 отображает модули и их взаимосвязи, связанные со сбором данных об энергии, анализом показателей потребления энергии по регионам. Эти модули вместе формируют систему управления энергией, которая собирает и анализирует данные о потреблении энергии [2].

Уровень восприятия является передним фронтом системы сбора данных, в основном включающим различные датчики и интеллектуальные устройства. Эти устройства собирают данные о потреблении энергии, параметрах окружающей среды (например, температуре, влажности, освещенности) и статусе оборудования.

В сервисном уровне, находящемся между сетевым и платформенным уровнем, система управления энергией играет важную роль как мост. Эта иерархическая структура помогает улучшить масштабируемость и гибкость системы.

Сетевой уровень отвечает за передачу и коммуникацию данных, обеспечивая безопасную и эффективную передачу информации, собранной на уровне восприятия, на платформенный уровень. Этот уровень обычно использует технологии Интернета вещей, такие как Wi-Fi, Bluetooth, LoRa, Zigbee. Платформенный уровень является «мозгом» системы, отвечающим за прием, обработку, хранение и анализ данных. Обычно он состоит из хранилища данных, платформы обработки дан-

ных. Хранилище данных используется для хранения больших объемов данных. Сервисный уровень является интерфейсом, ориентированным на пользователя, и предоставляет визуальные отчеты о потреблении энергии, уведомления о предупреждениях, рекомендации по управлению системой. В части проектирования схемы интеграции мы используем высокомодульную архитектуру системы, разделяя всю систему на несколько независимых модулей, таких как сбор данных, анализ данных, пользовательский интерфейс и т.д [3].

Интеграция технологий ИИ в более широкую архитектуру системы критически важна для управления энергией на объектах недвижимости, что отражено в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты исследования

Показатель	Энергопотребление, кВт/ч (E)	Отклонение от нормальной температуры, °C (dT)
Существующая система (летний сезон)	380	5
Существующая система (осенний сезон)	375	4,5
Модернизированная система (летний сезон)	350	1
Модернизированная система (осенний сезон)	345	0,5
Максимальные значения	380	5

Модернизированная система привела к понижению энергопотребления системой и понижению отклонения температуры от нормы.

Проведем нормализацию результатов исследования и рассчитаем целевую функцию:

$$F = \alpha \cdot \bar{E} + \beta \cdot \overline{dT} \rightarrow \min.$$

Таблица 2

Нормализованная таблица

Показатель	$\bar{E}$	$\overline{dT}$	F
Существующая система (летний сезон)	1	1	1
Существующая система (осенний сезон)	0,98	0,9	0,94
Модернизированная система (летний сезон)	0,92	0,2	0,56
Модернизированная система (осенний сезон)	0,9	0,1	0,5

Температура в помещении изменяется в зависимости от мощности системы отопления и разницы между внутренней и внешней температурами [4]: где α и β – веса, определяющие важность минимизации отклонения температуры от нормальной и энергопотребления соответ-

ственно; $\bar{E}$ – нормализованное энергопотребление системой; $\overline{dT}$ – нормализованное отклонение температуры от нормальной температуры.

Модернизация системы позволила снизить энергопотребление, что обусловлено внедрением более эффективных технологий и оптимизацией процессов управления. Кроме того, уменьшение отклонений температуры от заданной нормы стало еще одним важным достижением [5].

Таким образом, внедрение модернизированных решений обеспечило не только снижение энергозатрат, что подтверждает целесообразность перехода на улучшенную модель в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Леготкина Т.С., Данилова С.А. Моделирование систем управления: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 154 с.

2. Спицын В.С., Спицын В.В. Алгоритмы управления температурой в помещениях // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2012. – № 35 (294). – С. 79–84.

3. Омаров А. Н., Ермакбаева Ж.Ж., Кишубаева А.Т. Разработка и исследование системы автоматического регулирования температуры воздуха на примере VRV-систем // Universum: технические науки. – 2017. – № 4 (37). – С. 9–15.

4. Ибрашева Л.Р., Идиатуллина А.М. Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности как инструмент стратегии устойчивого развития города // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 2. – С. 198–212.

5. Кувшинов Ю.Я., Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий: учебник для вузов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2012. – 197 с.

Сведения об авторах

Южаков Никита Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ1-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: yuz.nikita@gmail.com

Сторожев Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: sastorozhev@pstu.ru

Е.С. Алексеев, К.К. Асыллов, А.А. Садилов, С.А. Сторожев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ САМОХОДНОЙ ТЕЛЕЖКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ П-, ПИ-РЕГУЛЯТОРОВ

Рассматривается создание системы автоматического управления для двигателей самоходной тележки с использованием П-, ПИ-регуляторов. Для проведения эксперимента были использованы: два двигателя, два энкодера, отладочная плата Nucleo-F401RE. В ходе эксперимента был выявлен оптимальный тип регулятора.

Ключевые слова: пропорциональный регулятор, пропорционально-интегральный регулятор, энкодер, двигатель самоходной тележки.

E.S. Alekseev, K.K. Asylov, A.A. Sadilov, S.A. Storozhev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

RESEARCH OF P, PI REGULATORS IN SYSTEMS USING ENCODERS

Creation of an automatic control system for self-propelled truck engines using P-,PI-regulators. For the experiment, 2 motors, 2 encoders, and a Nucleo-F401RE debugging board were used. During the experiment, the optimal type of regulator.

Keywords: proportional regulator, proportional-integral regulator, encoder, self-propelled truck engine.

В последние годы наблюдается значительное увеличение внедрения автоматизированных технологий в самых востребованных отраслях, таких как промышленность, транспорт, медицина и робототехника. Эффективность и надежность таких систем во многом зависят от правильного выбора и настройки регуляторов, позволяющих обеспечить стабильную работу и оптимальное управление. Необходимо понимать, как функционируют различные типы регуляторов и как они влияют на точность и скорость регулирования. Правильный выбор регулятора позволит создавать эффективные и надежные автоматизированные устройства.

В данной работе рассматривается САУ (система автоматического управления) двигателями самоходной тележки (рис. 1). Рассмотрим состав САУ. В состав САУ входит: два мотора с редуктором, два энкодера FC-03 LM393, отладочная плата STM32 Nucleo-F401RE. САУ реализована на отладочной плате STM32 Nucleo-F401RE [1].

Моторы приводят самоходную тележку в движение. Энкодеры позволяют точно отследить положение и скорость каждого мотора по отдельности. Отладочная плата нужна для реализации управления САУ.

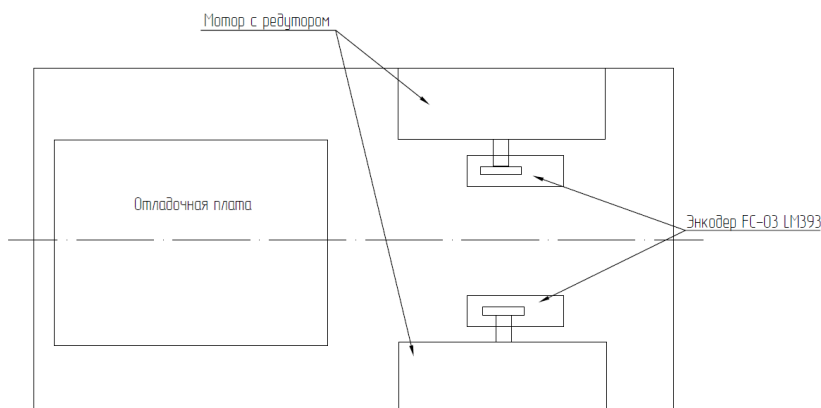


Рис. 1. Схема самоходной тележки

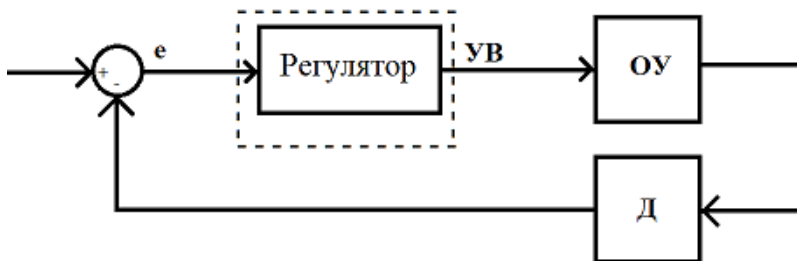


Рис. 2. Структурная схема регуляторов

В регуляторе (рис. 2) заложены два закона регулирования.

Пропорциональный закон регулирования – закон регулирования, который реализуется с передаточной функцией с помощью безынерционного звена.

$$W_p(p) = \frac{x(p)}{e(p)} = k_p \Rightarrow x(p) = k_p \cdot e(p). \quad (1)$$

Согласно формуле (1), сигнал ошибки e пропорционален управляющему воздействию в динамике и статике. Одно из основных преимуществ этого типа регулятора заключается в его простоте и быстром реагировании на изменения в системе. Однако среди недостатков можно отметить ограниченную точность, что может привести к устойчивым отклонениям от заданного значения [2]. На рис. 3 показана структурная схема пропорционального закона регулирования.

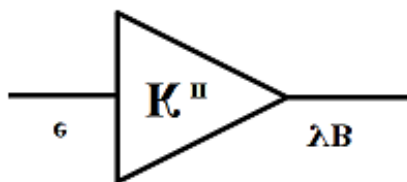


Рис. 3. Структурная схема пропорционального закона регулирования

Важно учитывать, что пропорциональные регуляторы часто применяются в системах, где допустимы небольшие колебания и где скорость реакции является более критичной, чем высокая точность. В таких случаях использование данного метода позволяет быстро устранить ошибки и поддерживать систему в заданных пределах.

Пропорционально-интегральный закон регулирования объединяет в себе характеристики двух отдельных П- и И-регуляторов (формула (2)). «Плюсами» такого регулятора являются показательные качества в переходном процессе и наименьшая ошибка регулирования по сравнению с другими законами [2].

Тем не менее настройка пропорционально-интегрального регулятора является более сложной задачей, чем настройка отдельных П- и И-регуляторов, что может потребовать более глубоких знаний и навыков. Кроме того, такой регулятор может быть чувствителен к изменениям, что подразумевает необходимость корректировки параметров в зависимости от условий работы.

$$W_p(p) = k_n + k_i / p = k_p + k_p / T_I p = k_p \cdot (T_I p + 1) / T_I p. \quad (2)$$

На рис. 4 показана структурная схема пропорционально-интегрального закона регулирования.

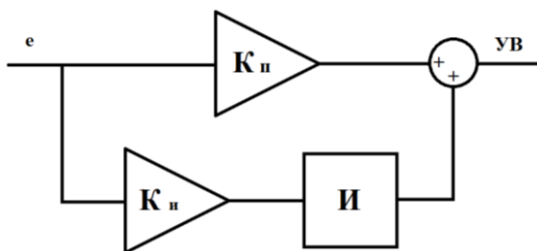


Рис. 4. Структурная схема пропорционально-интегрального закона регулирования

Для каждого регулятора была создана отдельная структурная схема в пакете прикладных программ MatLab, в среде моделирования Simulink. Это позволило провести несколько экспериментов для каждого из регуляторов, в результате чего были сняты графики переходных процессов (рис. 5), которые показали ошибку e в зависимости от числа оборотов мотора в минуту n и от времени в секундах t . Также были сняты графики управляющих воздействий (рис. 6), которые показали, как менялся процент заполнения ШИМ сигнала с течением времени t . На рис. 5, *а* и 6, *а* представлен ПИ-регулятор, на рис. 5, *б* и 6, *б* – П-регулятор.

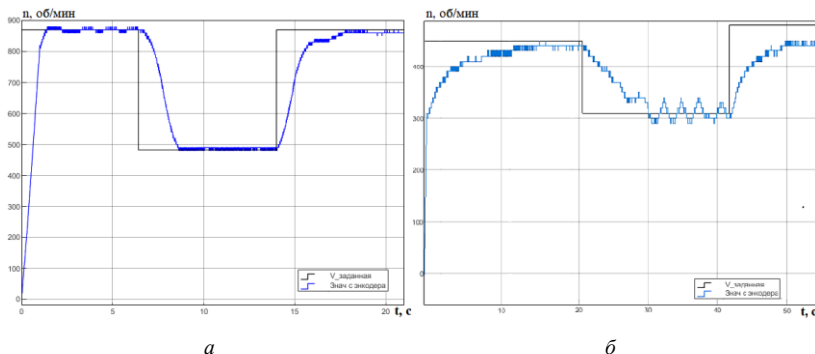


Рис. 5. Графики переходных процессов для ПИ-, П-регуляторов

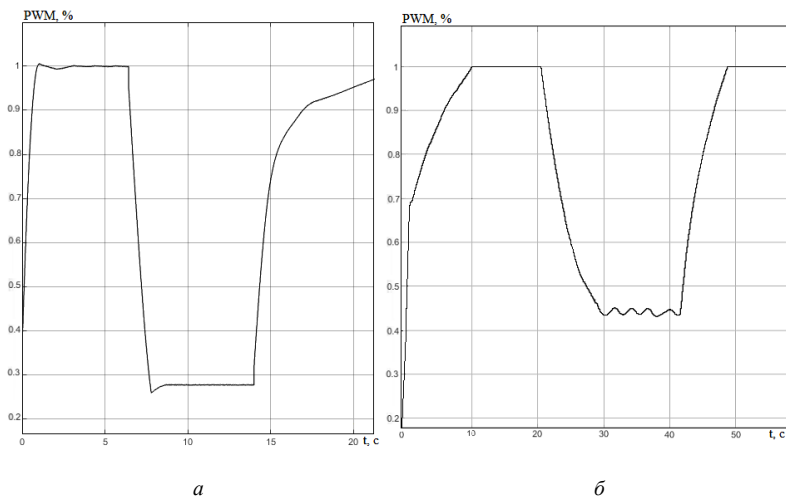


Рис. 6. Графики управляющего воздействия

В ходе эксперимента были сняты данные для времени переходного процесса, перерегулировки и ошибки в установленном режиме.

По полученным данным была составлена таблица, в которой представлены измерения переходных процессов, где $t_{пп}$ – время переходного процесса, δ – перерегулировка, e – ошибка в установленном режиме.

Результаты эксперимента

Регулятор	$t_{пп1}$, с	$t_{пп2}$, с	$t_{пп3}$, с	$\delta 1$, %	$\delta 2$, %	$\delta 3$, %	$e 1$, об/мин	$e 2$, об/мин	$e 3$, об/мин
П-	10	7	5	0	3	0	5	0	20
ПИ-	1	2	5	2	0	0	0	0	0

Из полученной таблицы можно сделать вывод, ПИ-регулятор показывает более стабильные характеристики. У ПИ-регулятора меньшее время переходного процесса, меньшее перерегулирование и практически нет ошибок в установленном режиме.

Это делает его более предпочтительным вариантом для систем, где требуется быстрое и точное регулирование, в то время как П-регулятор, уступает в производительности и стабильности, что делает его менее надёжным.

Библиографический список

1. User manual. STM32 Nucleo-64 boards (MB1136) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.st.com/resource/en/user_manual/um1724-stm32-nucleo64-boards-mb1136-stmicroelectronics.pdf (дата обращения: 13.12.24).

2. Андриевская Н.В. Теория автоматического управления. Конспект лекций. Ч. 1. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – № 5.7 – С. 91–92.

Сведения об авторах

Алексеев Егор Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРПС-23-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: aes1901@yandex.ru

Асыллов Кирилл Константинович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРПС-23-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: kiril-lasilov@gmail.com

Садиков Артем Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРПС-23-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: artemsad061@gmail.com

Сторожев Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: sastorozhev@pstu.ru

**В.В. Шамшурин, М.А. Бояршинов, М.В. Боднар,
Д.П. Аляшев, Д.В. Ившин**

Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова, Ижевск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ИНСПЕКЦИОННЫХ МАШИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СТЕКЛОТАРЫ

В статье исследуется возможность применения сверточных искусственных нейронных сетей, в том числе нейронных сетей с длинной кратковременной памятью и мгновенной базовой классификацией, для определения дефектов стеклотары. Проведено тестирование рассматриваемых нейронных сетей на сформированных наборах данных изображений для дна, венчика и тела стеклотары. Определены наилучшие варианты решений среди рассматриваемых нейронных сетей для представленных наборов изображений.

Ключевые слова: нейронная сеть, машинное зрение, контроль качества, распознавание образов, обработка изображений.

**V.V. Shamshurin, M.A. Boyarshinov, M.V. Bodnar,
D.P. Alyashev, D.V. Ivshin**

Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk

THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE VISION SYSTEMS OF INSPECTION MACHINES TO IDENTIFY GLASS BOTTLE DEFECTS

The article explores the possibility of using convolutional artificial neural networks, including neural networks with long short-term memory and instant basic classification to determine glass container defects. The neural networks under consideration were tested on the generated sets of image data for the bottom, corolla and body of glass containers. The best solutions among the considered neural networks for the presented sets of images are determined.

Keywords: neural network, inspection machine, machine vision, quality control, pattern recognition, image processing.

Проблема дефектов является серьезной проблемой в производстве стеклотары. Существуют различные типы дефектов, которые могут возникнуть, включая трещины, царапины и волдыри. Обнаружение этих

дефектов имеет решающее значение для обеспечения качества производства стеклотары. Согласно ГОСТ Р 54474-2011 вышеуказанные типы дефектов могут быть отнесены к классу С4 (малозначительные несоответствия) или классу D (незначительные несоответствия). Несоответствие требованиям ГОСТ к максимально допустимому приемочному числу экземпляров в исследуемой выборке ведет к отказу в приемке партии стеклотары, однако возможность сплошного визуального контроля качества продукции с помощью инспекционных машин, использующих системы технического зрения, позволит принимать решение о приеме не для всей партии, а для каждого экземпляра в отдельности [1]. Система контроля должна иметь возможность точно обнаружить и автоматически определить наличие дефектов стеклотары, которые влияют на ее внешний вид и функциональность. Дефектные экземпляры стеклотары должны быть идентифицированы и удалены с производственной линии, чтобы поддерживать качество продукции.

Для определения наличия дефектов стеклотары системой сплошного контроля предполагается использование классификации дефектов стеклотары с использованием сверточных искусственных нейронных сетей (СИНС) с длинной кратковременной памятью и мгновенной базовой классификацией (CNNLSTM) [2]. Данный тип нейронной сети используется для извлечения признаков для создания представления данных класса. Мгновенная базовая классификация предсказывает аномалии на основе сходства представлений данных классов. Сверточный слой метода включает в себя алгоритм трансферного обучения с использованием предварительно обученных моделей, таких как ResNet50, AlexNet, MobileNetV3 и VGG16. В этом эксперименте результаты сравнивались с ResNet50, AlexNet, MobileNetV3, VGG16 [3].

ResNet50 – это архитектура глубокой СИНС, представленная в 2016 г. ResNet-50 состоит из 50 слоев и использует остаточные блоки, каждый из которых содержит сверточные слои и короткие соединения [4]. AlexNet – это архитектура глубокой СИНС, предложенная в 2012 г. AlexNet состоит из восьми слоев, включая пять сверточных слоев и три полносвязных слоя. В ней представлено несколько ключевых нововведений, таких как использование функции ReLU в качестве функции активации и применение регуляризации отсева [5]. VGG16, разработанный группой Visual Geometry Group (VGG) в Оксфордском университете в 2014 г., представляет собой широко признанную архитектуру глубоких сверточных нейронных сетей, которая в основном

используется для классификации изображений. Она состоит из 13 сверточных слоев, за которыми следуют три полностью связанных слоя. VGG16 демонстрирует отличную производительность при решении многочисленных задач компьютерного зрения [6]. MobileNetV3, представленная Google в 2019 г., специально разработана для мобильных и встраиваемых устройств с ограниченными вычислительными ресурсами. Эта архитектура призвана обеспечить баланс между размером модели и точностью, что делает ее подходящей для эффективного развертывания на устройствах с ограниченными аппаратными возможностями [7].

В экспериментах использовалось три набора данных изображений стеклотары: набор изображений тела, набор изображений венчика и набор изображений дна стеклотары. Датасет был расширен за счет следующих действий с некоторыми из изображений:

1. Переворот – горизонтальные или вертикальные перевороты, чтобы сделать модель нечувствительной к ориентации объекта.
2. Обрезка – изменение положения и размера, чтобы сделать модель более устойчивой к перемещению объектов и положению камеры.
3. Вращение – поворот изображения на определенный градус, чтобы сделать модель более устойчивой к поворотам камеры.
4. Насыщенность – изменение яркости цветов на изображениях.
5. Шум – добавление шумов, чтобы сделать модель более устойчивой к шумам камеры.
6. Яркость – изменение яркости изображения, чтобы модель была более устойчивой к изменениям освещения [8].

Все эксперименты проводились на персональном компьютере. Итоговое распределение обучающих и тестовых изображений для тестирования сверточных искусственных нейронных сетей с длинной кратковременной памятью и мгновенной базовой классификацией представлено в табл. 1.

Таблица 1

Количество обучающих и тестовых изображений

Дефект	Тело		Венчик		Дно	
	обуч.	тест	обуч.	тест	обуч.	тест
Без дефектов	131	72	138	82	133	67
С дефектами	71	43	67	36	84	48
Общее	202	115	205	118	217	115

Для анализа используется три оценочных показателя: точность, полнота и показатель F -мера, определение которых представлено в формулах (1)–(3). Эти показатели широко используются при обнаружении дефектов изображений и дают достаточную информацию о производительности методов.

$$\text{Точность} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}, \quad (1)$$

$$\text{Полнота} = \frac{TP}{TP+FN}, \quad (2)$$

$$F\text{-мера} = \frac{2 \cdot \text{Точность} \cdot \text{Полнота}}{\text{Точность} + \text{Полнота}}, \quad (3)$$

где TP – количество изображений с дефектами, которые правильно распознаются как дефект; FN – количество стеклотары с дефектами, которые ошибочно распознаются как изображения без дефектов; TN – количество изображений без дефектов, которые распознаются без дефектов; FP – количество стеклотары без дефектов, которые ошибочно распознаются как изображения с дефектами [9].

В табл. 2 представлены показатели производительности, включая полноту, точность и оценку F -меры, для набора данных о теле.

Таблица 2

Производительность наборов данных для тела стеклотары

Методы	Полнота, %	Точность, %	F -мера, %
CNNLSTM-ResNet50	82	72	77
CNNLSTM-AlexNet	84	74	79
CNNLSTM-MobileNetV3	77	68	72
CNNLSTM-VGG16	81	78	79
ResNet50	69	74	71
AlexNet	74	76	75
VGG16	86	77	81
MobileNetV3	61	58	59

СИНС VGG16 демонстрирует хороший уровень правильности, о чем свидетельствуют ее превосходные показатели по полноте, точности и F -мере. VGG16 превосходит метод CNNLSTM с точки зрения точности результатов работы с заданными изображениями тела. Преимущество VGG16 заключается в том, что она предварительно обучена работе с большой и разнообразной коллекцией изображений. Ее способность – выявлять различные особенности, связанные с дефекта-

ми стеклотары, в сочетании с необходимостью использования комплексного и разнообразного обучающего набора. Примеры результатов определения дефектов для тела стеклотары представлены на рис. 1.



Рис. 1. Примеры определения дефектов для тела стеклотары

СИНС VGG16 демонстрирует хороший уровень правильности, о чем свидетельствуют ее показатели по полноте, точности и показателю *F*-меры. В табл. 3 представлены показатели полноты, точности и оценки *F*-меры предлагаемого CNNLSTM и сравниваемых СИНС для наборов данных изображений венчика.

Таблица 3

Производительность наборов данных для венчика стеклотары

Методы	Полнота, %	Точность, %	<i>F</i> -мера, %
CNNLSTM-ResNet50	76	71	73
CNNLSTM-AlexNet	71	68	69
CNNLSTMMobileNetV3	74	71	72
CNNLSTM-VGG16	63	60	61
ResNet50	61	55	58
AlexNet	73	70	71
VGG16	66	60	63
MobileNetV3	57	55	56

Среди методов CNNLSTM CNNLSTM-ResNet50 демонстрирует самую высокую полноту, точность и оценку *F*-меры, что указывает на ее высокую точность. CNNLSTM-MobileNetV3 следует за ним с хорошей полнотой, точностью и рейтингом *F*-меры. Среди отдельных моделей AlexNet демонстрирует высокие характеристики, достигая высокой полноты, точности и рейтинга *F*-меры. СИНС MobileNetV3 демонстрирует умеренные характеристики с приличной полнотой и оценкой *F*-меры, но ее точность относительно ниже. Примеры результатов определения дефектов для венчика стеклотары представлены на рис. 2, для дна – на рис. 3.



Рис. 2. Примеры определения дефектов для венчика стеклотары

В табл. 4 представлены метрики полноты, точности и оценки F -меры для набора данных изображений дна.

Таблица 4

Производительность наборов данных для дна стеклотары

Методы	Полнота, %	Точность, %	F -мера, %
CNNLSTM-ResNet50	54	52	53
CNNLSTM-AlexNet	71	74	72
CNNLSTM-MobileNetV30	71	76	73
CNNLSTM-VGG16	67	70	68
ResNet50	48	43	45
AlexNet	41	52	46
VGG16	67	72	69
MobileNetV3	48	58	53

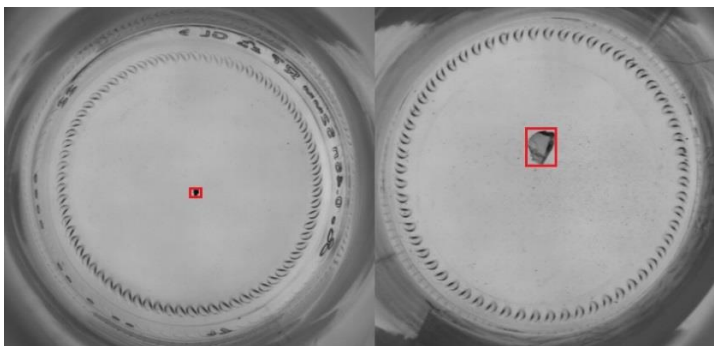


Рис. 3. Примеры результатов определения дефектов для дна стеклотары

В целом результаты показывают, что разные методы по-разному работают с тремя наборами данных. Автономная СИНС VGG16 достигает высочайшей точности при обработке набора данных о теле. CNNLSTM в целом достигли высокой точности на наборах данных dna и венчика стеклотары. В целом экспериментальные результаты демонстрируют эффективность предложенных моделей CNNLSTM для обнаружения дефектов во всех трех наборах данных. Предложенные модели достигли конкурентоспособной точности и показали хорошие результаты с точки зрения показателей оценки.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 54474-2011. Тара стеклянная. Правила приемки на основе выборочного контроля по альтернативному признаку. – М., 2021.
2. Нейронные сети как способ моделирования процессов / Г.А. Благодатский, Д.Е. Докучаев, М.М. Горохов, Л.Г. Саетова // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2020. – № 4 (43). – С. 60–64.
3. Claypo N., Jaiyen S., Hanskunatai A. Inspection System for Glass Bottle Defect Classification based on Deep Neural Network // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2023. – Vol. 14, no. 7. DOI: 10.14569/ijacsa.2023.0140738
4. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – Las Vegas, NV, USA, 2016. – P. 770–778.
5. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks // Communication of the ACM. – 2017. – 60 (6). – P. 84–90. DOI: 10.1145/3065386
6. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition // Proc. Int. Conf. Learn. Represent. – San Diego, CA, USA, 2014. – P. 1409–1556.
7. Searching for MobileNetV3 / A. Howard, M. Sandler, G. Chu, L.C. Chen, M. Tan, W. Wang, Y. Zhu, R. Pang, V. Vasudevan, Q. Le, H. Adam // IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). – Seoul, Korea (South), 2019. – P. 1314–1324.
8. Щербаков А.В., Баталин С.В., Борисевский А.М. Подготовка набора данных для обучения нейронной сети системы компьютерного зрения // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интел-

лектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: сб. науч. докл. V Междунар. конф., Москва, 30 апреля 2024 г. – Курск: Университетская книга, 2024. – С. 348–353.

9. Бурлаков М.Е. Оценка эффективности адаптивных алгоритмов в системе обнаружения вторжений // Инновации в науке и практике: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф.: в 5 ч.; Барнаул, 28 апреля 2018 г. – Ч. 2. – Барнаул: Дендра, 2018. – С. 83–92.

Сведения об авторах

Шамшурин Виталий Викторович – аспирант Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. А24-281-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: tender-unir@istu.ru

Бояршинов Михаил Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Сети связи и телекоммуникационные системы» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: mabkb@istu.ru

Боднар Мирослав Владимирович – студент Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М24-791-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: mirik01@mail.ru

Аляшев Дмитрий Петрович – студент Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М24-791-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: 18alyashev@mail.ru

Ившин Даниил Валерьевич – студент Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, гр. М24-791-1, Ижевск, Российская Федерация, e-mail: kotyn12345@mail.ru

Е.А. Чабанов, Д.А. Тутынин, К.М. Минабутдинов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ СЕРВОДВИГАТЕЛЕЙ

Эта статья посвящена исследованию и повышению эффективности асинхронных серводвигателей. Введение в тему, анализ основных характеристик и параметров асинхронных серводвигателей, разработка методов оптимизации и улучшения их работы, формулы для расчета эффективности и результаты практических экспериментов.

Ключевые слова: асинхронные серводвигатели, эффективность, оптимизация, исследование, методы.

E.A. Chabanov, D.A. Tutynin, K.M. Minabutdinov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

RESEARCH AND IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF ASYNCHRONOUS SERVOMOTORS

This article is dedicated to the research and improvement of the efficiency of asynchronous servo motors. Introduction to the topic, analysis of the main characteristics and parameters of asynchronous servo motors, development of optimization methods and improvement of their performance, formulas for calculating efficiency, and results of practical experiments.

Keywords: asynchronous servo motors, efficiency, optimization, research, methods.

Асинхронный серводвигатель – это двигатель с обратной связью, который специально предназначен для использования с преобразователем частоты. У асинхронных серводвигателей есть несколько характеристик: высокая точность позиционирования и скорости вращения, широкий диапазон скорости, высокий крутящий момент [1].

Асинхронные серводвигатели являются одним из наиболее распространенных типов электрических приводов, используемых в промышленности и в быту. Они отличаются простотой конструкции, надежностью и относительно низкой стоимостью. Однако эффективность таких серводвигателей может быть не так высока по сравнению с другими типами приводов, такими как синхронные серводвигатели [2].

Поэтому для повышения их эффективности необходимо провести исследования и оптимизацию параметров работы. Для улучшения эффективности асинхронных серводвигателей необходимо сделать:

1. Анализ основных принципов работы асинхронных серводвигателей. Уравнение закона электромагнитной индукции помогает понять, что изменение магнитного потока необходимо для поддержания вторичного напряжения и тока в асинхронном серводвигателе, где статор и ротор взаимодействуют для обеспечения вращения.

$$U_i = N \Delta \Phi / \Delta t. \quad (1)$$

2. Исследование факторов, влияющих на эффективность работы серводвигателей. Хорошо спроектированный серводвигатель должен иметь низкий коэффициент трения, оптимизированные условия эксплуатации и учитывать требования по напряжению, температуре и нагрузке. Влияние на эффективность могут оказывать внешние факторы, включая качество электропитания и производительность системы управления.

3. Методы оптимизации управления асинхронными серводвигателями. Оптимизация управления асинхронными двигателями может быть выражена математическими методами, включая уравнения электрического равновесия обмоток, модель баланса мощностей и уравнения координатного преобразования. Важен также способ оптимального векторного управления, который обеспечивает минимальные потери и максимальный электромагнитный момент.

Для первичной обмотки уравнение равновесия можно составить по второму закону Кирхгофа:

$$u_1 + e_1 + e\sigma_1 = i_1 R_1. \quad (2)$$

Для вторичной обмотки уравнение равновесия имеет вид:

$$e_2 + e\sigma_2 = i_2 R_2 + i_2 Z_{\text{н}}. \quad (3)$$

Модель баланса мощностей гласит, что сумма мощностей всех элементов цепи равна нулю, согласно закону сохранения энергии в теории цепей. В случае цепи с постоянным током мощность участка цепи равна произведению силы тока на напряжение на этом участке с учетом того, что знак «—» ставится перед соответствующим слагаемым, если направление силы тока и напряжения не совпадают [3].

Уравнения координатного преобразования задают правила, по которым каждому набору координат на некотором многообразии ставится в соответствие другой набор координат. Чаще всего это делается для упрощения или удобства анализа математической модели.

Например, в полярных координатах уравнения некоторых кривых становятся проще, чем в декартовых, а для изучения осесимметричных тел удобнее направить одну из осей координат вдоль оси симметрии.

4. Разработка технических решений для повышения точности и эффективности работы асинхронных серводвигателей. Для определения оптимальных параметров системы управления серводвигателями можно использовать аналитические выражения и динамические модели, учитывающие переменные и параметры машины. Также полезно использовать законы минимизации тока статора и равенства активной и реактивной составляющих тока для оптимизации энергетических показателей привода [4].

Для минимизации тока статора и равенства активной и реактивной составляющих тока в приводе рекомендуются следующие законы:

1. Использование векторного управления (FVC) для регулирования частоты и напряжения подачи на двигатель. Это позволяет оптимально управлять моментом двигателя и минимизировать ток статора при работе на различных частотах и нагрузках.

2. Применение синхронных и асинхронных двигателей с высоким коэффициентом мощности (КПД) и эффективностью, что также способствует уменьшению потребления тока и повышению общей энергоэффективности привода.

КПД электродвигателя (η). Вычисляется по формуле:

$$\eta = P_2 / P_1. \quad (4)$$

где η – КПД, P_2 – полезная механическая мощность электромотора (Вт), P_1 – потребляемая двигателем электрическая мощность (Вт) [5].

3. Использование современных преобразователей частоты, которые позволяют более точно регулировать скорость и момент двигателя и таким образом минимизировать потребление энергии.

4. Регулярное обслуживание и настройка системы управления приводом для оптимальной работы и минимизации потерь энергии.

Соблюдение этих законов позволит оптимизировать энергетические показатели привода, уменьшить потребление электроэнергии и повысить эффективность работы системы.

Для исследования и повышения эффективности асинхронных серводвигателей можно использовать различные средства разработки, такие как:

- симуляторы и моделирование в программных средах, таких как MatLab/Simulink, ANSYS с помощью которых можно проводить различные тесты и анализы электромагнитных и механических характеристик серводвигателей;

- специализированные программы для проектирования и настройки систем управления, например DriveStudio, ABB Automation Builder. С их помощью можно настраивать параметры управления серводвигателями и оптимизировать их работу.

Использование инструментов для мониторинга и диагностики серводвигателей, таких как осциллографы, логические анализаторы, спектральные анализаторы.

Эти инструменты позволяют проводить измерения и анализировать параметры работы серводвигателей в реальном времени [6].

Заключение. Исследование и оптимизация параметров асинхронных серводвигателей могут значительно повысить их эффективность и надежность. Данные методы оптимизации могут быть применены на практике для улучшения работы промышленных механизмов и машин.

Библиографический список

1. Разумов Б.Б., Васильев А.А. Асинхронные серводвигатели. – М.: Наука, 2005.

2. Асинхронные серводвигатели [Электронный ресурс]. – URL: https://fgrus.ru/articles/Asinkhronnyj_servomotor/?ysclid=m4ztzoml51652291081 (дата обращения: 20.12.2024).

3. Петров А.А. Оптимизация работы асинхронных серводвигателей. – М.: Техника, 2010.

5. Асинхронный электродвигатель: повышение эффективности и КПД [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kp.ru/guide/asinkhronnyi-iektrodvigatel.html> (дата обращения: 20.12.2024).

4. Управление сервоприводами [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/750222/> (дата обращения: 20.12.2024).

6. Асинхронные двигатели и электроприводы / И.Л. Смирнов [и др.]. – М., 2012.

Сведения об авторах

Чабанов Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: searpb@mail.ru

Тутынин Дмитрий Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭМ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: 1tut0dima@mail.ru

Минабутдинов Кирилл Маратович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭМ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ki-rill.minabutdinov@mail.ru

С.В. Балчугов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Приведен анализ основных методик проектирования электрических машин с целью получения наиболее эффективной последовательности их применения. Приведено пять основных методик проектирования, их краткое описание, область применения, преимущества и недостатки с точки зрения сложности реализации и их особенностей.

Ключевые слова: электрические машины, методики проектирования, анализ.

S.V. Balchugov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

ANALYSIS OF ELECTRICAL MACHINE DESIGN TECHNIQUES

This article provides an analysis of the main methods of designing electric machines in order to obtain the most effective sequence of their application. The article presents five basic design techniques, their brief description, scope, advantages and disadvantages in terms of the complexity of the application and their features.

Keywords: electric machines, design techniques, analysis.

На данный момент для создания моделей и получения расчетных данных используются несколько основных методов проектирования.

Аналитическое моделирование. В основе этого подхода лежит создание математической модели с использованием существующих методов расчёта для описания работы двигателя (например, уравнения магнитного потока, уравнения момента) [1]. Для автоматизации данной методики удобно использовать математические пакеты широкой области применения (например, Mathcad или SMATH).

Преимуществом данного метода является быстрота расчетов, подходит для предварительных оценок и оптимизации. Недостатки, как правило, проявляются при проектировании новой модели электрической машины, не имеющей под собой отработанных прототипов.

Для применения методики требуется достаточно большое количество входных данных, а решение представляет громоздкий массив уравнений, лишённый гибкости, необходимой для создания вариативности. Чаще всего аналитическое моделирование применяется для проверки основных параметров машины, к примеру, момента, тока и напряжения.

Экспериментально подтвержденное моделирование. Суть данного метода заключается в расчете моделей на основании реальных экспериментальных данных, таких как характеристики момента, частоты, тока.

Так как метод основывается на реальных данных, косвенно учитывающих влияние механических люфтов, вибраций и других факторов, которые трудно смоделировать теоретически, то его расчетные значения более близки к реальным.

Не принимая в расчет необходимость в дополнительном оборудовании, включая экспериментальную машину, метод требует проведения эксперимента и обработки данных, что, в свою очередь, бывает весьма затратно по времени, также следует отметить, что эксперименты не всегда позволяют охватить все возможные условия эксплуатации.

Метод конечных элементов. Основным достоинством данного метода является наличие специальных видов программного обеспечения (ПО), автоматизирующих процесс расчёта. Данный метод применяется в таких ПО, как Ansys Maxwell (рис. 1), COMSOL Multiphysics и Altair Flux.

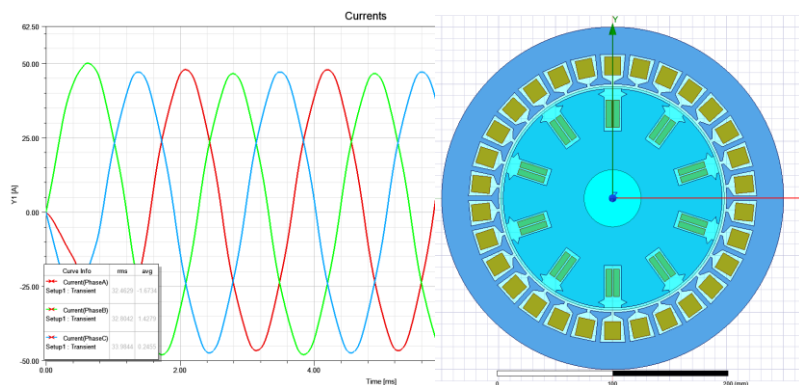


Рис. 1. Пример моделирования в Ansys Maxwell

Этот метод позволяет достаточно просто проводить анализ магнитного поля, тепловых характеристик и механической прочности. Его основным положительным моментом является повышенная точность за счет учета нелинейности магнитных материалов, насыщения, гистерезиса и сложной геометрии двигателя в ПО [2]. Недостатками можно назвать длительное время расчетов сложных моделей и сложность настройки модели (необходим навык работы с программой).

Симуляции с использованием SPICE и MatLab/Simulink (рис. 2). Работа этих ПО заключается в совмещении блочных моделей электрической машины и системы управления для исследования переходных процессов и тестирования алгоритмов управления двигателем.

Преимущество данного метода заключается в блочной системе моделирования, позволяющей достаточно просто перенастраивать систему и проводить анализ переходных процессов. Также программный пакет Simulink предоставляет готовые блоки для шаговых двигателей, что упрощает разработку [3].

Недостатки — только повышенная трудоёмкость при создании сложных пользовательских моделей и недостаточная детализация (не учитываются пространственные эффекты, нелинейности магнитных материалов и тепловые процессы) [1].

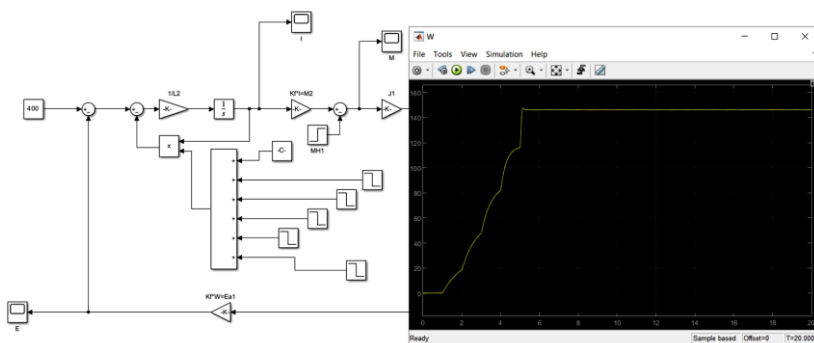


Рис. 2. Пример моделирование MatLab/Simulink

Многопараметрическая оптимизация. Этот метод направлен на поиск оптимального решения при проектировании двигателей, учитывая сразу несколько параметров, таких как эффективность, момент, размер, тепловые характеристики и стоимость. Он используется для

нахождения компромиссных решений, соответствующих заданным условиям эксплуатации и техническим требованиям [1].

В совокупности данный метод предполагает использование вышеуказанных методик в комплексе для получения оптимальной конструкции и параметров в заданных условиях эксплуатации.

Недостатком является высокая сложность расчета, включающего в себя вышеперечисленные методики.

Каждый метод имеет свои сильные и слабые стороны, что делает их подходящими для различных этапов разработки и анализа электрических машин. Комбинирование методов позволяет добиться наилучших результатов на разных этапах проектирования. На начальных этапах разработки целесообразно использовать аналитическое моделирование для оценки основных параметров. На средних этапах применяется метод конечных элементов и симуляции для уточнения конструктивных особенностей и проверки систем управления. На финальных этапах экспериментально подтвержденное моделирование обеспечивает соответствие результатов реальным условиям эксплуатации. Многопараметрическая оптимизация помогает интегрировать результаты всех методов и находить компромиссные решения, удовлетворяющие техническим требованиям и экономическим ограничениям.

Библиографический список

1. Белоусов Е.В. Электропривод механизма подачи стана холодной прокатки труб с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения. – 144 с.

2. Карпов А.В., Калабанов С.А., Шагиев Р.И. Современные программные средства структурно-функционального и схемотехнического моделирования. – Казань: Казан. ун-т, 2013 – 36 с.

3. Моделирование в среде MatLab/Simulink: метод. указания к лабораторным работам / сост.: А.И. Герасимов, В.В. Регада, О.Н. Регада. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. – 104 с.

Сведения об авторе

Балчугов Святослав Васильевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭМ-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vasilavslavaa5@gmail.com

А.В. Уфимцев, П.В. Павленко, Д.С. Макаров, А.А. Филипас

Томский национальный исследовательский политехнический
университет, Томск

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В данной работе представлена автоматизированная установка физического подобия моделирования технологических процессов нефтегазового производства. Разработанная установка позволяет в автоматическом, дистанционном и ручном режиме управления проведением эксперимента воспроизводить в миниатюре с помощью принципа физического подобия, базирующегося на основе законов физики, гидравлики и пневматики, такие процессы нефтегазового производства, как мониторинг и контроль объема регулируемой утечки на участке трубопровода, регулирование проходного сечения потока рабочей жидкости или газа, образование «газовой шапки», моделирование прорыва газа, наведение противодействия в системе, перекачка газа и жидкости по трубопроводу к месту сбора и хранения.

Ключевые слова: щит автоматики, автоматизация, программируемый логический контроллер, SCADA, автоматизированное рабочее место оператора, установка.

A.V. Ufimtsev, P.V. Pavlenko, D.S. Makarov, A.A. Filipas

Tomsk National Research Polytechnic University, Tomsk

AUTOMATION OF INSTALLATION OF PNEUMATIC AND HYDRODYNAMIC PROCESSES

In this paper, a scheme for automating the installation of pneumatic and hydrodynamic processes is proposed. The automation scheme considered in this paper provides for three levels of automation: lower (field), medium and high. The implementation of this solution is based on the existing installation of physical similarity of modeling of pneumatic and hydrodynamic processes, the purpose of which is to model and simulate technological processes in various industries based on the laws of pneumatics, physics and hydraulics. The automation of this system is ensured thanks to the mounting panel of automation, which receives signals from sensors and actuators of the stand. The signal data is processed and connected via a programmable logic controller that is installed in the shield. And then, with the help of a PLC, they are sent to the operator's automated workplace equipped with a SCADA system.

Keywords: automation shield, automation, programmable logic controller, SCADA, automated operator workplace, installation.

Исследовательская установка служит главным образом для моделирования реальных физических процессов, происходящих на нефтегазовом промысле, таких как местные потери давления в определенном диапазоне трубопровода, аварийный режим работы при прорыве газа, «всплытие» трубопровода в условиях тающей вечной мерзлоты районов Крайнего Севера и сопутствующее этому образование «газовых шапок». Особенностью данной установки является возможность управления её работой дистанционно, что возможно благодаря трёхуровневой системе автоматизации [1]. Она включает в себя «полевой» уровень, средний и высокий уровни автоматизации. К «полевому» уровню относят такие устройства, как различные датчики, а именно преобразователь давления, расходомер, манометр, уровнемер. А также к данному уровню можно отнести исполнительные устройства, роль которых выполняют электромагнитные клапаны. Средний уровень представлен программируемым логическим контроллером. Данное устройство является «мозгом» системы, собирает всю необходимую информацию с датчиков, что позволяет сделать расчеты основных параметров и проанализировать состояние установки и её параметров. Высокий уровень представлен автоматизированным рабочим местом оператора, позволяющим посредством программного продукта SCADA реализовывать управление установкой с высокой точностью [2].

Данная учебно-производственная установка расположена на двух специализированных транспортируемых столах, оснащенных колёсами для передвижения. На одном столе располагается гидропневматическая установка, представляющая из себя набор необходимых регуляторов, датчиков и функциональных устройств как для работы с газовой средой, так и с жидкостной, закреплённых на монтажном поле стола в виде перфорированного листа. Для работы с газовой средой предназначено использовать плавно регулируемый шаровый клапан для пропускания необходимого потока воздуха с помощью заданного процента открытия. А также отсекающий клапан с дросселем для создания регулируемой утечки, аналог реальных утечек на длинных линиях магистральных нефтепроводов и газопроводов. Моделирование гидродинамических процессов основано на основных законах гидравлики: Паскаля, Бернулли, Законе Пуазейля, а также главным образом уравнение неразрывности или постоянства потока, которое позволяет при известном секундном расходе установить скорость движения веществ в любом сечении потока и наоборот – точный расход жидкости

при начальной скорости ее движения. Именно на базе данных физических законов реализуются эксперименты в системе трубопроводов. Трёхмерная модель установки изображена на рис. 1.



Рис. 1. Гидропневматическая установка

В качестве внешних параметров для системы стенда служит давление в трубопроводе, диаметр проходного сечения потока жидкости, давление, создаваемое в гидроаккумуляторах системы, в которых осуществляется взаимодействие газопневматической и гидродинамической частей установки, посредством подачи компрессором потока воздуха с постоянным давлением из газовой части установки и перекачки насосами дистиллированной воды по замкнутому циклу трубопроводов [3]. Собственные параметры системы – это процент открытия регулирующих клапанов, которые осуществляют контроль проходного сечения рабочей жидкости.

Установка состоит из трёх идентичных друг другу каскадов, включающих в себя в своей газопневматической части шланг, оснащенный шаровым краном, отсечным клапаном с дросселем и преобразователем, который задаёт электрический сигнал и преобразует его в давление. Если мы наблюдаем отклонение параметров давления от необходимых нам по условию проведения эксперимента, то, зная меру отклонения, мы можем отрегулировать и привести систему к требуемому значению. В гидродинамической части каскада центральное место занимает гидроаккумулятор, оснащенный средством визуального контроля уровня, шлангом с ниппе-

лем для подачи в него воздушной среды из газопневматической части, отводом жидкости из аккумулятора через трубопровод с плавно регулируемым сбросным клапаном, для слива дистиллированной воды в специализированную ёмкость для её хранения под стойкой стола [4]. Также каскад включает в себя прямолинейный участок трубопровода с постоянным проходным сечением, где размер данного сечения регулируется электромагнитным клапаном, выполняющим роль запорной арматуры. После такого устройства установлены электромагнитные датчики расхода жидкости с ротором внутри и принципом работы, основанном на эффекте Холла, аналоговый датчик давления, цифровой датчик давления – преобразователь давления. Данный комплекс устройств позволяет осуществлять контроль за собственными и внешними параметрами технологического процесса, проводимого в каскадах установки [5].

С помощью специальных расчётных формул, представленных в техническом описании каждого из применяемых датчиков, возможно рассчитать определённый параметр, будь то разность давлений между двумя преобразователями такого рода физической величины, или объёмный расход жидкости, протекающий через электромагнитный расходомер. Для демонстрации съёма показаний с датчика потока была составлена простейшая программа в Control Expert, изображённая на рис. 2.

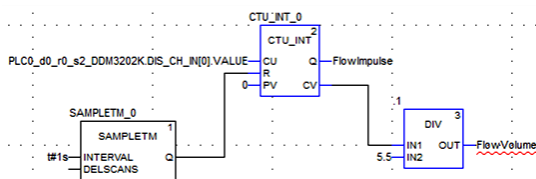


Рис. 2. Программа вычисления объёма расхода рабочей жидкости

На втором транспортируемом столе, предназначенном для размещения установки газопневматических и гидродинамических процессов, расположен монтажный щит, содержащий всю электрическую часть установки, и обеспечивает приём сигналов на средний уровень автоматизации благодаря программируемому логическому контроллеру отечественного производства «ОВЕН 200» [6], который, в свою очередь, передаёт собранную с датчиков и исполнительных устройств установки информацию на верхний уровень АСУ ТП по промышленному интерфейсу RS – 485. Далее программируемый логический контроллер обрабатывает полученную информацию с устройств полевого уровня и передает её на автоматизиро-

ванное рабочее место (АРМ) оператора. Данное место представляет из себя персональный компьютер, оснащенный SCADA системой для мониторинга и управления состоянием параметров технологического процесса в режиме реального времени. Разработанная SCADA система для управления работой насосов установки представлена на рис. 3.

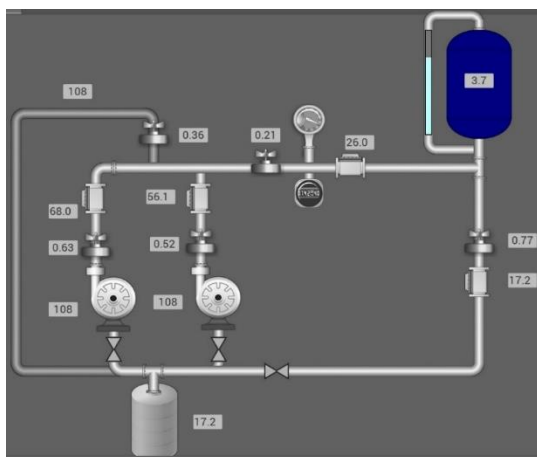


Рис. 3. SCADA система управления работой насосов гидропневматической установки

Закключение. В результате проведённого исследования была успешно разработана и реализована концепция автоматизированного управления установкой, предназначенной для моделирования пневматических и гидродинамических процессов. Созданная трёхуровневая система автоматизации, включающая полевой уровень (датчики и исполнительные устройства), средний уровень (программируемый логический контроллер «ОВЕН ПЛК 200») и высокий уровень (автоматизированное рабочее место оператора с SCADA-интерфейсом), обеспечивает комплексное управление установкой. Разработанное программное обеспечение и SCADA-система предоставляют возможности для мониторинга, управления и сбора данных в режиме реального времени, обеспечивая как ручное, так и автоматическое дистанционное управление системой. Это позволяет эффективно моделировать различные процессы в нефтегазовой отрасли, такие как потери давления, утечки, образование газовых шапок и другие сложные явления, и способствует созданию основы для дальнейших исследований и обучения.

Библиографический список

1. Уфимцев А.В., Филипас А.А. Разработка гидравлического стенда с автоматизированным управлением // Материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов в г. Нерюгри. – 2024. – С. 201–209.
2. Волкова Ю.С. Экономическая эффективность цифровой трансформации нефтегазовой отрасли // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 210–216.
3. Менгазетдинов Н.И., Полетыкин А.Г. Интеграция АСУ ТП и системы верхнего уровня АЭС - технологии и опыт ИПУ РАН // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2015. – № 2. – С. 97–100.
4. Обухова Е.Н., Синегетическое управление электропневматической системой противодавлением // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 27–33.
5. Иванов В.В., Лаленков В.А. Имитационное моделирование пневмогидромеханической системы в компьютерном тренажере // Программные продукты и системы. – 2013. – № 3. – С. 51.
6. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУ ТП: Проектирование и разработка: учеб.-практ. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

Сведения об авторах

Уфимцев Андрей Владимирович – студент Томского национального исследовательского политехнического университета, гр. 8Т11, Томск, Российская Федерация, e-mail: avu34@tpu.ru

Павленко Павел Витальевич – студент Томского национального исследовательского политехнического университета, гр. 8Т12, Томск, Российская Федерация, e-mail: pvp19@tpu.ru

Макаров Дмитрий Сергеевич – студент Томского национального исследовательского политехнического университета, гр. 8Т11, Томск, Российская Федерация, e-mail: dsm36@tpu.ru

Филипас Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент, руководитель отделения «Автоматизации и робототехники» Томского национального исследовательского политехнического университета, Томск, Российская Федерация, e-mail: filipas@tpu.ru

**М.В. Белозеров, К.А. Лейзгольд, А.А. Бачурин,
С.В. Бочкарев**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИМ
ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТАМИ НЕФТЯНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

В данной статье описывается метод автоматизации обработки данных, используемых в системе поддержки принятия решений по управлению техническим обслуживанием и ремонтами нефтяного оборудования, что является критически важным аспектом для обеспечения безопасности и эффективности нефтедобычи. В условиях растущей сложности оборудования и увеличивающихся объемов данных традиционные методы обработки данных становятся менее эффективными. В эпоху Индустрии 4.0 и 5.0, где машинное обучение и дата-майнинг играют ключевую роль, необходимость в автоматизации и оптимизации процессов становится актуальнее. В статье рассматриваются процессы подготовки данных, отбор значимых признаков, очистка данных, использование методов Data Mining, последующая обработка данных и интерпретация полученных результатов с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, Data Mining, Microsoft Excel обработка.

**M.V. Belozеров, K.A. Leisgold, A.A. Bachurin,
S.V. Bochkarev**

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**DATA PREPARATION FOR THE DECISION SUPPORT
SYSTEM FOR OIL EQUIPMENT MAINTENANCE
AND REPAIR MANAGEMENT**

This article describes a method for automating data processing used in a decision support system for managing maintenance and repairs of oil equipment. The management of oil equipment maintenance and repairs is a critical aspect for ensuring the safety and efficiency of oil production. With increasing hardware complexity and increasing amounts of data, traditional data processing methods are becoming less efficient. In the era of Industry 4.0 and 5.0, where machine learning and data mining play a key role, the need for automation and optimization of processes is becoming

more urgent. The article discusses the processes of data preparation, selection of significant features, data purification, use of Data Mining methods, subsequent data processing and interpretation of the results using Microsoft Excel software.

Keywords: decision support system, Data Mining, Microsoft Excel processing.

Автоматизация процессов обработки данных является важной темой. В статье [1] описывается система поддержки принятия решений, включающая подсистему анализа, которая базируется на оперативной аналитической обработке (OLAP) и интеллектуальном анализе данных (Data Mining). Эти компоненты служат фундаментом для процесса поддержки принятия решений. В статье [2] проводится исследование данных с применением методов Data Mining. Проводится сравнение между инструментами Data Mining и OLAP, определяются типы задач и виды моделей для выявления новых знаний. Кроме того, предложен алгоритм усовершенствованного цикла автоматизированного интеллектуального анализа баз данных и оценки выявленного нового знания.

Кроме того, известны и другие подходы к обработке данных [3–5].

Однако, несмотря на обширную литературу, вопрос о создании автоматизированной обработки данных в среде Microsoft Excel остается малоизученным. Это подчеркивает необходимость дальнейших исследований в данной области.

Задача заключается в том, чтобы создать автоматизированную систему по подготовке таблиц информации о параметрах технологического процесса в Microsoft Excel. В каждой таблице информации о параметрах технологического процесса имеются скважины, в которых присутствуют данные нефтяного оборудования за 2019 и 2020 гг. Пример исходных данных представлен на рис. 1.

Для эффективного применения методов обработки данных необходимо уделить особое внимание вопросам предобработки данных. Исходные данные являются «сырым материалом». Так как данные содержат пропуски, «пустые» скважины, списки параметров скважин отличаются. Данные должны быть качественными и корректными. Необходимо унифицировать данные – составить таблицу с количеством встречающихся параметров, выделить параметры, которые используются и не используются. Отбор параметров представлен на рис. 2. В результате отбора получилось 34 используемых параметра. Следует удалить «пустые» скважины, в которых нет данных. В этих действиях заключается предварительная обработка данных.

Для автоматизированной обработки данных будут использоваться макросы в Microsoft Excel. Макросы создаются с использованием кода на языке программирования VBA (Visual Basic for Applications), встроенного в Microsoft Excel.

[illegible]

Рис. 3. Конечный результат обработки

пустых строк данных в конечном результате. Для решения этой проблемы необходимо провести дополнительные исследования и тестирования. Важно проанализировать, как добавленные параметры влияют на общий анализ данных. Также следует рассмотреть возможность модификации или удаления параметров, которые создают пустые строки, если это не влияет на основную функциональность системы поддержки принятия решений по управлению техническим обслуживанием и ремонтами нефтяного оборудования.

Следующим шагом в изучении автоматизации обработки данных будет создание структуры логической и физической базы данных между обработанными таблицами информации о параметрах технологического процесса и таблицей данных по установленному оборудованию. Таблицу данных по установленному оборудованию необходимо подготовить – удалить неиспользуемые параметры. Таблица данных по установленному оборудованию представлена на рис. 4. Для этого необходимо объединить все таблицы информации о параметрах технологического процесса в одну базу и связать её с таблицей ремонта оборудования. Это представляет собой сложную задачу для программного обеспечения Microsoft Excel, поэтому целесообразно рассмотреть использование Erwin Data Modeler.

Ссылки	ЭЦН	Системное имя	Дата ввода в эксплуатацию	Дата окончания эксплуатации	Вид объекта	Имя				Датасет, УЭЦН, УШВН, ЭОЭН				ТМС		Дополнительное оборудование (технический прибор, параметр от коррозии, АС-20Н)		Гидропульт		
						Тип	Параметр	Вид	Кол-во точек датчик ЭЦН	Системное имя датчика	Техпараметры			Системное датасет	Тип	Системное прибор	Датасет	Системное прибор	Тип	Системное прибор
											Минимум	Максимум	Назначение							
№										в. кВт	ам	В								
37	УЭЦН	0	27.07.2008	11.11.2011	УЭЦН	30	1950	2	н	УЭЦН	22	117	750	н					ПРМ	н
37	УЭЦН	0	09.11.2011	11.11.2011	УЭЦН	30	1950	2	н	УЭЦН	32	117	950	н	КАДРОВ-СКС				ПРМ	н
37	УЭЦН	1	21.11.2011		УЭЦН	30	1950	2	н	УЭЦН	32	117	950	н					ПРМ	н
40	УЭЦН	0	24.12.2002	11.09.2012	УЭЦН	40	1700	2	н	УЭЦН	30	200	1000	н					ПРМ	н
40	УЭЦН	0	11.10.2010	11.09.2012	УЭЦН	18	1950	2	н	УЭЦН	24	117	800	н	СПТ-1				ПРМ	н
40	УЭЦН	0	16.05.2012	16.06.2012	УЭЦН	27	1800	2	н	УЭЦН	25	117	800	н	СКАД/ЭОЭН				ПРМ	н
40	УЭЦН	0	01.06.2010	11.01.2017	УЭЦН	21	2000	2	н	УЭЦН	25	117	800	н	СКАД	н			ПРМ	н
40	УЭЦН	0	01.02.2012	16.07.2018	УЭЦН	21	2000	2	н	УЭЦН	25	117	800	н	СКАД	н			ПРМ	н
40	УЭЦН	1	22.07.2018		УЭЦН	30	2000	2	н	УЭЦН	32	117	950	н	СКАД	н			ПРМ	н
44	УЭЦН	0	29.06.2007	16.06.2009	УЭЦН	22	1700	2	н	УЭЦН	28	117	800	н					ПРМ	н
44	УЭЦН	0	21.07.2009	24.08.2014	УЭЦН	30	1800	1	н	УЭЦН	30	117	950	н					ПРМ	н
44	УЭЦН	0	29.08.2012	11.11.2012	УЭЦН	30	1950	2	н	УЭЦН	28	117	800	н	СКАД				ПРМ	н
44	УЭЦН	1	17.11.2012		УЭЦН	40	2000	2	н	УЭЦН	40	117	1200	н	БС-117	н			ПРМ	н
44	УЭЦН	0	21.04.2005	20.11.2010	УЭЦН	30	1700	1	н	УЭЦН	25	100	750	н					ПРМ	н
44	УЭЦН	0	04.03.2011	11.02.2017	УЭЦН	30	1750	2	н	УЭЦН	30	117	950	н					ПРМ	н
44	УЭЦН	0	24.03.2011	01.06.2012	УЭЦН	30	1800	2	н	УЭЦН	25	117	800	н	СПТ-1				ПРМ	н
44	УЭЦН	1	06.06.2011		УЭЦН	30	1900	2	н	УЭЦН	40	117	1200	н	БП-117/М	н			ПРМ	н
46	УЭЦН	0	05.11.2005	21.08.2008	УЭЦН	30	1700	1	н	УЭЦН	25	117	800	н					ПРМ	н
46	УЭЦН	0	10.10.2008	29.03.2009	УЭЦН	21	2100	1	н	УЭЦН	40	117	100	н					ПРМ	н
46	УЭЦН	0	19.04.2009	20.11.2009	УЭЦН	18	2000	1	н	УЭЦН	30	117	800	н					ПРМ	н
46	УЭЦН	0	11.11.2009	14.04.2012	УЭЦН	30	2000	3	н	УЭЦН	30	117	1000	н					ПРМ	н
46	УЭЦН	0	09.04.2012	22.02.2017	УЭЦН	30	2000	1	н	УЭЦН	20	117	950	н	УЭЦН				ПРМ	н
46	УЭЦН	0	21.10.2011	27.03.2013	УЭЦН	30	2000	1	н	УЭЦН	28	100	800	н	УЭЦН				ПРМ	н
46	УЭЦН	0	02.05.2011	24.07.2014	УЭЦН	31	2400	1	н	УЭЦН	32	117	950	н					ПРМ	н

Рис. 4. Данные по установленному оборудованию

В программе Erwin Data Modeler были разработаны логическая и физическая модели базы данных, связывающие таблицу с информацией о параметрах технологического процесса и данными о параметрах установленного оборудования. Таблица связи в программе Erwin Data Modeler представлена на рис. 5. Полученные результаты заносятся в программу Oracle SQL Developer для управления базами данных, выполнения сложных запросов для анализа данных, выстраивания трендов.

4. К вопросу о подготовке данных для решения задач data mining / Е.Н. Живицкая, А.Т. Кусаинова, В.А. Пархименко, М.М. Татур // Big Data and Advanced Analytics. – 2017. – № 3. – С. 288–292.

5. Самойлик М.М., Газизов Р.Р., Замотайлова Д.А. Проблемы аналитики больших объемов данных. Использование OLAP-систем // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития: сб. материалов XV Междунар. форума; Краснодар, 10–15 июля 2022 г. – Краснодар: Изд-во Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, 2022. – С. 151–154.

Сведения об авторах

Белозеров Максим Викторович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: belozerovmaximkakirko@mail.ru

Лейзгольд Карина Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: leizgold_ka@pstu.ru

Бачурин Андрей Анатольевич – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: a.bachurin@pstu.ru

Бочкарев Сергей Васильевич – профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: bochkarev@msa.pstu.ru

Секция 3

**ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ.
ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

И.А. Мальцев^{1,2}, А.С. Литвин^{1,3}

¹Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

²Пермская научно-производственная
приборостроительная компания, Пермь

³Компания «СТС», Пермь

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

В статье рассматриваются ключевые аспекты электромагнитного преобразования энергии, лежащие в основе работы синхронных электрических машин. Обращается внимание на основные узлы электромеханического преобразователя (якорь и индуктор) и их взаимодействие, описываются физические процессы, связанные с образованием электрической энергии. Приводятся формулы для расчёта электромагнитного момента, основанные на потокоцеплении и токе якоря, и анализируется их влияние на равномерность вращения ротора. Работа представляет интерес для специалистов в области электромеханики, проектирования электрических машин и повышения их энергоэффективности.

Ключевые слова: электромеханика, проектирование электрического двигателя, электромагнитное преобразование, электромеханический преобразователь, якорь, вращающий момент, электромагнитный момент, потокоцепление.

I.A. Maltsev^{1,2}, A.S. Litvin^{1,3}

¹PPerm National Research Polytechnic University, Perm

²Perm Scientific and Production instrument
engineering company, Perm

³"СТС" Company, Perm

STUDY OF ELECTROMAGNETIC ENERGY CONVERSION IN SYNCHRONOUS ELECTRIC MACHINES

The article examines key aspects of electromagnetic energy conversion underlying the operation of synchronous electric machines. Attention is drawn to the main units of the electromechanical converter (anchor and inductor) and their interaction, describing the physical processes associated with the formation of electrical energy. Formulas for calculating the electromagnetic torque based on flux linkage and anchor current are given, and their effect on the uniformity of rotor rotation is analyzed. The work is of interest to specialists in the field of electromechanics, design of electrical machines and improving their energy efficiency.

Keywords: electromechanics, electric motor design, electromagnetic conversion, electromechanical converter, anchor, torque, electromagnetic torque, flux linkage.

В процессе проектирования электрических двигателей мы часто упускаем из виду фундаментальные принципы электромагнитного преобразования энергии [1]. В данной статье рассмотрим основные узлы синхронной электрической машины, механизм формирования электрической энергии и приведем ключевые формулы, поясняющие процесс.

Синхронный электромеханический преобразователь (ЭМП) включает две основные взаимодействующие части [2] (рис. 1):

- якорь – часть, в обмотке которой наводится электродвижущая сила (ЭДС) и создается магнитодвижущая сила (МДС), обеспечивающая прохождение магнитного потока по магнитной цепи;
- индуктор – часть, генерирующая поток возбуждения.

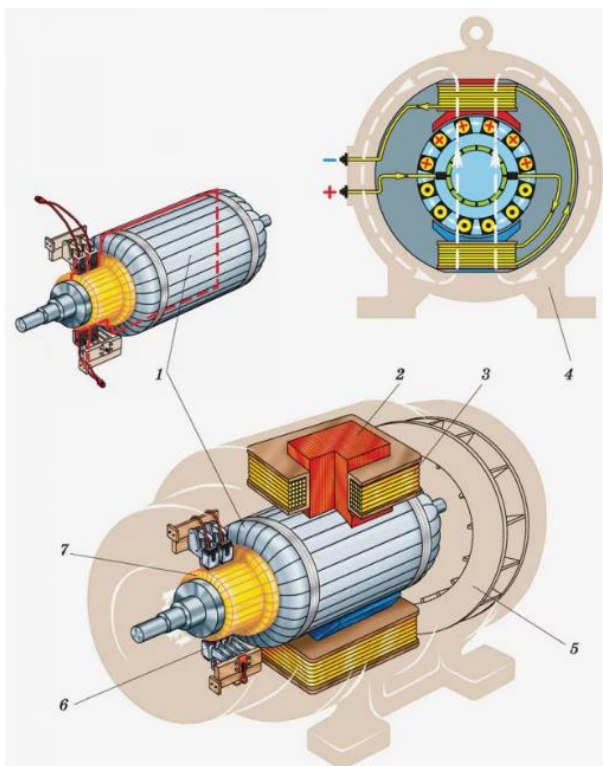


Рис. 1. Схема двигателя постоянного тока: 1 – якорь, 2 – сердечник полюса, 3 – обмотка полюса, 4 – индуктор, 5 – вентилятор, 6 – щетки, 7 – коллектор

В синхронных электродвигателях (СЭД) якорь обычно располагается на статоре, так как его обмотка соединена с источником питания, тогда как индуктор размещается на роторе [3].

Вращающий момент «ЭД – М» возникает в результате изменения электромагнитной энергии W_3 при повороте (угловом перемещении) ротора, т.е. является производной W_3 по углу φ . Электромагнитная энергия W_3 определяется как произведение потокосцепления – Ψ (между якорной обмоткой и потоком индуктора) на ток I в обмотке якоря. Производная произведения является суммой производных множителей. Поэтому выражение для электромагнитного момента имеет два слагаемых. Однако благодаря тому, что ток I в обмотке якоря практически не изменяется при повороте ротора, а производная постоянной величины равна нулю, одним из слагаемых в выражении для момента обоснованно пренебрегают.

Таким образом, электромагнитный момент ЭД считают равным произведению тока на производную потокосцепления по углу поворота (1), как показано на рис. 2 [4].

$$M = I \frac{d\Psi}{d\varphi}. \quad (1)$$

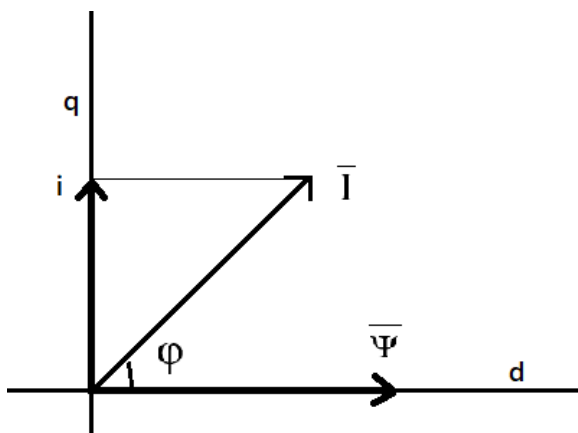


Рис. 2. Векторы синхронного двигателя в полеориентированных системах координат

Если это произведение домножить и разделить на dt и учесть, что угловая скорость вращения может быть выражена через частоту вра-

щения n , измеряемую в об/мин, то для вычисления мгновенного значения момента M_3 получим выражение (2):

$$M_3 = 30 \cdot i \cdot \frac{e}{(n \cdot \pi)} = 9,55 \cdot \frac{e}{n}. \quad (2)$$

При дополнении данного выражения угловой скоростью ω , которая связана с частотой вращения n (в об/мин), можно вычислить мгновенное значение момента:

$$M_3 = \frac{1}{\omega} \int_0^{2\pi} \Psi \cdot I \cdot d\varphi. \quad (3)$$

Среднее за оборот ротора (за период) значение момента вычисляется путем интегрирования этого выражения. Упрощенно его можно представить следующей формулой (4).

$$M_3 = C_m \cdot F \cdot \Phi. \quad (4)$$

где C_m – константа, F – МДС якоря, Φ – магнитный поток в рабочем зазоре ЭД.

Среднее значение момента за период вращения определяется интегрированием. При синусоидальности тока и ЭДС средний момент остается неизменным, что обеспечивает равномерное вращение ротора, снижает потери и повышает коэффициент полезного действия (КПД). В реальных условиях на процесс влияют гармонические искажения (обмоточные, зубцовые), несинусоидальность питающего напряжения и другие факторы, которые приводят к снижению среднего момента, вибрациям и неравномерности движения [5]. Наличие таких факторов снижает среднее значение момента и ухудшает качество работы ротора, вызывая вибрации и неравномерность вращения.

Существует мнение, что для улучшения характеристик двигателя необходимо стремиться к синусоидальности тока и ЭДС [6, 7] и подавлению высших гармоник. Лучше не создавать условий для их возникновения [8, 9].

Если на угловом интервале взаимодействия тока якоря с потоком индуктора обеспечить неизменность тока и ЭДС (при неизменной частоте вращения n), то среднее значение момента как произведение постоянных величин будет тоже неизменно и равно мгновенному значению. Таким образом, следует искать методы обеспечения постоянства тока и ЭДС на рабочих интервалах преобразования энергии.

Рассмотренные принципы формирования электромагнитного момента и подходы к минимизации гармонических искажений демон-

стрируют значимость оптимизации параметров токов и ЭДС для повышения эффективности работы синхронных электрических машин. Перспективным направлением является разработка новых конструкций и алгоритмов управления, исключающих условия возникновения высших гармоник и неравномерностей вращения.

Библиографический список

1. DatJid C. White, Herberl H. Woodson. Electromechanica/ Energy Convelsion. – New York, John Wiley and Sons, 1959.

2. Уайт Д.С., Вудсон Г.Х. Электромеханическое преобразование энергии; пер. с англ. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 528 с.

3. Возможность повышения эффективности работы погружного насоса путем замены привода с асинхронного двигателя на вентильный / И.А. Мальцев, А.И. Поливина, Е.А. Чабанов, А.С. Литвин // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2024. – Т. 1. – С. 404–408. .

4. Шулаков Н.В. Электрические Машины: конспект лекций. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 243 с.

5. Мальцев И.А. Разработка математической модели асинхронного двигателя для изучения работы электрической сети // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 690–695.

6. Усольцев А.А. Векторное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие по дисциплинам электромеханического цикла. Конспект лекций. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. гос. ин-та точной механики и оптики, 2002. – С. 10–15.

7. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1994. – 318 с.

8. Электромеханические системы космических аппаратов и автоматизация их проектирования / С.А. Бронов, Е.М. Курбатов, П.В. Авласко, В.А. Поваляев // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 191–204.

9. Мальцев И.А., Набиулин Р.Р., Чабанов Е.А. Исследование процесса регистрации токов и напряжений трехфазной электрической машины // Автоматизированные системы управления и информационные

технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф.: в 2 т. Т. 2; Пермь, 09–11 июня 2020 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исследоват. политехн. ун-та, 2020. – С. 207–215.

Сведения об авторах

Мальцев Илья Анатольевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета; инженер-конструктор Пермской научно-производственной приборостроительной компании, Пермь, Российская Федерация, e-mail: malcevia18.08.1997@mail.ru.

Литвин Артем Сергеевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, главный инженер компания ООО «СТС», Пермь, Российская Федерация, e-mail: LitvinArtS@yandex.ru

А.В. Нохрин, Г.А. Килин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПРЕДЕЛЫ МИНИАТЮРИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В ОБЛАСТИ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ

В данной статье рассматриваются пределы миниатюризации электрических машин и их применение в области протезирования. Современные достижения в области микроэлектромеханических систем (MEMS), нанотехнологий и биомеханики открывают новые горизонты для создания компактных и эффективных протезов, способных улучшить качество жизни пользователей. Особое внимание уделяется интеграции электрических машин в протезы, что позволяет обеспечить высокую функциональность, адаптивность и комфорт.

Ключевые слова: миниатюризация, электрические машины, протезирование, микроэлектромеханические системы, нейропротезирование.

A.V. Nohrun, G.A. Kilin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

THE LIMITS OF MINIATURIZATION OF ELECTRIC MACHINES IN THE FIELD OF PROSTHETICS

This article examines the limits of miniaturization of electric machines and their application in the field of prosthetics. Modern achievements in the field of microelectromechanical systems (MEMS), nanotechnology and biomechanics open up new horizons for the creation of compact and effective prostheses capable of improving the quality of life of users. Special attention is paid to the integration of electric machines into prostheses, which allows for high functionality, adaptability and comfort.

Keywords: miniaturization, electric machines, prosthetics, microelectromechanical systems, neuroprosthetics.

С учетом увеличения числа ампутаций и заболеваний, требующих протезирования, разработка высокотехнологичных и эффективных протезов становится важной задачей для медицинской науки и инженерии. Актуальность миниатюризации электрических машин в области протезирования обусловлена растущими потребностями пользователей в функциональных, легких и удобных решениях, которые способны

улучшить качество жизни и обеспечить высокую степень адаптации к индивидуальным потребностям [1–8].

Тем не менее, несмотря на значительный прогресс, существуют проблемы, связанные с миниатюризацией электрических машин. Ограничения в энергетической эффективности, сложности управления и взаимодействия с нервной системой, а также необходимость использования устойчивых и биосовместимых материалов остаются актуальными вызовами для разработчиков.

Микроэлектромеханические системы (МЭМС). МЭМС позволяют уменьшить размеры электрических машин, сохраняя при этом их производительность и эффективность. Эти системы включают в себя: микроскопические двигатели, микроскопические датчики и микроскопические механические структуры и т.д., которые взаимодействуют с электронными компонентами для выполнения различных задач. Миниатюрность позволяет МЭМС быть интегрированными в различные устройства и системы, включая смартфоны, ноутбуки, автомобили и медицинские приборы.

МЭМС также находят применение в области биомедицины: микроскопические насосы для инсулина, микроскопические датчики для мониторинга состояния пациентов и микроскопические роботы для диагностики и лечения заболеваний.

Ярким примером в этой области являются бионические руки. Украинский стартап Esper Bionics, который разработал роботизированный протез руки, управляемый цифровыми сенсорами. Эта технология позволяет протезу «изучать» своего владельца и адаптироваться к его потребностям. Кроме того, компания Motorica предлагает многосхватный бионический протез с использованием линейных двигателей, который может сгибать каждый палец независимо, обеспечивая до 14 различных видов схвата и взаимодействие с тачскринами.

Нанотехнологии. Применение нанотехнологий в производстве электрических машин позволяет создавать более компактные и мощные устройства. Это достигается за счет использования наноструктурных материалов с улучшенными электрическими и магнитными свойствами.

Одним из ключевых направлений является производство наноматериалов для магнитных сердечников электрических машин. Традиционные материалы для сердечников имеют ограниченные возможности по улучшению характеристик электрических машин. Наноматериалы,

напротив, обладают улучшенными магнитными свойствами, что позволяет снизить потери энергии и увеличить КПД электрических машин.

Современные изоляционные материалы часто имеют недостаточную термостойкость и устойчивость к воздействию внешних факторов, что может привести к снижению надежности работы электрических машин. Наноматериалы обладают улучшенными изоляционными свойствами, что позволяет увеличить срок службы электрооборудования.

Технология 3D-печати. Одной из ключевых особенностей 3D-печати является возможность создания сложных геометрических форм, которые невозможно было бы реализовать с помощью традиционных методов производства. Это позволяет проектировать электрические машины с учетом оптимальных характеристик: минимальное сопротивление, максимальная эффективность и долговечность. Кроме того, 3D-печать позволяет значительно сократить время и затраты на производство, так как не требуется создавать сложные инструменты и формы для производства деталей. Это делает процесс разработки и производства электрических машин более гибким и адаптивным.

Примером интеграции двух технологий служит разработка химиков из Санкт-Петербургского университета, которые создали технологию 3D-печати имплантатов из наночастиц. Это позволяет воспроизводить сложные биологические ткани и создавать имплантаты с неоднородной структурой, например, кости с жесткой внешней и пористой внутренней частью.

Беспроводные технологии и адаптивные алгоритмы управления. Использование беспроводных технологий в протезировании способствует развитию протезов с искусственным интеллектом. Такие устройства могут анализировать данные о движении пользователя, что, в свою очередь, будет накапливать датасеты для адаптивных алгоритмов или нейронных сетей.

Протезы могут быть оснащены датчиками, которые считывают сигналы мышц и позволяют управлять ими с помощью мыслей пользователя. Некоторые протезы могут получать обновления программного обеспечения, что позволяет пользователям расширить применение своего протеза.

Алгоритмы позволяют значительно улучшить взаимодействие между пользователем и протезом, делая его более естественным. Рациональное использование электрической энергии значительно увели-

чит автономность протеза. Разработка адаптивных алгоритмов для протезов требует взаимодействия в области искусственного интеллекта, машинного обучения и биомеханики, что усложняет ее изучение.

Ярким примером в этой области является протез «Комета», который может работать от одной зарядки до 10 дней, что выделяет его среди аналогов. Корпус изготовлен методом аддитивной печати из сплава РС-553, обеспечивая высокую прочность и защиту от механических повреждений. Современные технологии, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и новые материалы, открывают новые горизонты для дальнейшего развития электрических машин в области протезирования. Эти инновации могут привести к созданию адаптивных систем, способных учиться и подстраиваться под индивидуальные потребности пользователей, что, в свою очередь, будет способствовать улучшению качества жизни людей с ограниченными возможностями.

Библиографический список

1. Рудьковский Д.Н., Кан Д.В. Анализ рынка современных бионических протезов // Молодежь и современные информационные технологии: сб. тр. XV Междунар. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых (Томск, 4–7 декабря 2017 г.). – Томск: Изд-во Нац. исслед. Томск. политехн. ун-та, 2017. – С. 272–273.

2. Славущий Я.Л. Физиологические аспекты биоэлектрического управления протезами. – М.: Медицина, 1982. – 288 с.

3. Открытый проект OpenBionics [Электронный ресурс]. – URL: <https://openbionicslabs.com/> (дата обращения: 10.02.2022).

4. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов по специальности «Электромеханика». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1994. – 318 с.

5. Плюснин А.П., Опарин Д.А., Опарина А.В. Расчет линейного двигателя для целей бионического протезирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2022. – № 41. – С. 189–214.

6. Ванькова Ю.Г. Обзор параметров электромиографического сигнала в задачах управления протезом при ампутации выше локтя // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2019. – № 1. – С. 23–26.

7. Королев В.И. Шаговые двигатели // Colloquium-journal. – Голопристанський міськрайонний центр зайнятості= Голопристанский районный центр занятости, 2019. – № 17-2. – С. 30–33.

8. Коданева С.И. Научные и технологические тренды: 2020-2040 гг.: перспективы научно-технического развития (реферат доклада организации нато по науке и технологиям, 2020 г.) // Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. – 2020. – С. 139–169.

Сведения об авторах

Нохрин Александр Владимирови – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АЭЭ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: aleksand-nohrin@yande.ru

Килин Григорий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: thisisforasm@rambler.ru

А.С. Литвин, И.А. Мальцев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПО ВЕЛИЧИНЕ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В этой статье исследуются процессы диагностики и контроля технического состояния асинхронного двигателя переменного тока по величине индукции магнитного поля. В результате проведения экспериментальных исследований картины индукции магнитного поля вокруг асинхронных двигателей качественно совпадают с результатами математического моделирования и обладают резко выраженной неравномерностью, что несет значимую информацию о техническом состоянии двигателя. Наличие повреждений искажает общую картину распределения индукции магнитного поля на поверхности статора асинхронного двигателя – в зоне повреждений уменьшаются ее значения.

Ключевые слова: диагностика, контроль, техническое состояние, асинхронный двигатель, переменный ток, индукция магнитного поля.

A.S. Litvin, I.A. Maltsev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DIAGNOSTICS AND CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF AN ASYNCHRONOUS AC MOTOR BY THE VALUE OF MAGNETIC FIELD INDUCTION

This article examines the processes of diagnostics and control of the technical condition of an asynchronous AC motor by the value of magnetic field induction. As a result of experimental studies, the magnetic field induction patterns around asynchronous motors qualitatively coincide with the results of mathematical modeling and have a pronounced unevenness, which carries significant information about the technical condition of the motor. The presence of damage distorts the overall picture of the distribution of magnetic field induction on the surface of the stator of an asynchronous motor - in the damage zone, its values decrease.

Keywords: diagnostics, control, technical condition, asynchronous motor, alternating current, magnetic field induction.

Известно [1], что основной причиной аварий электрических машин переменного тока является повреждение изоляции (более 40 % по сравнению с другими факторами). Изоляционная конструкция электрических машин переменного тока обычно имеет сложную многослойную структуру [2]. Изменение во времени физико-химических показателей, характеризующих процесс старения изоляции, проявляется в виде микротрещин, микропор, образований молекулярных структур проводникового происхождения и других дефектов. Учитывая условия, влияющие на электрическую прочность изоляции, следует заключить необходимость учета структуры и количества дефектов. В то же время при осуществлении процесса диагностирования технического состояния изоляции следует учитывать не только энергию химических связей и масштабы дефектов диэлектрического вещества, но и условия эксплуатации электрической машины переменного тока [3].

Цель статьи – провести диагностику и контроль технического состояния асинхронного двигателя переменного тока по величине индукции магнитного поля.

Основная задача экспериментальных исследований состоит в доказывании гипотезы – изменение индукции магнитного поля на поверхности статора асинхронного двигателя является признаком, который может свидетельствовать об изменении состояния двигателя. Безусловно, четкую идентификацию причины, приведшей к изменению индукции магнитного поля, определить практически невозможно из-за многих факторов: изменение сопротивлений статора через витковые замыкания или обрывы витков, возникновение локальных точек замыкания пластин пакета стали, а также изменение сопротивлений статора и ротора из-за перегрева, вызванного перегрузкой. Но все это ведет к ухудшению состояния и понижению ресурса работы двигателя. Непосредственная причина может быть установлена при осмотре или ремонте, решение на проведение которого будет принято по факту изменения индукции магнитного поля и других внешних признаков работы двигателя.

Стремительные прорывы в полупроводниковой промышленности повлекли за собой развитие различных измерительных приборов. В частности, измерение магнитной индукции стало намного проще и точнее. Появился широкий спектр приборов в области измерения

электромагнетизма, принцип их работы основан на превращении магнитных величин в электрические [4].

С целью повышения точности полученных измерений были рассмотрены два принципа проведения экспериментов, по времени и по передвижению. Принцип измерения по времени заключался в следующем. В каждой конкретной точке измерения производилось десять измерений с интервалом в 30 с. Это позволило учесть изменения показаний прибора из-за таких факторов, как колебания и перепады напряжения в электрической сети. Эксперимент с измерениями по передвижению строился следующим образом. Прибор точно располагался в необходимой точке измерения, затем производилось его смещение в произвольном направлении и снова точное позиционирование в этой точке. Таких передвижений выбрано десять для каждой точки. Из десяти замеров находилось среднее квадратическое значение. Измерение электромагнитной индукции производилось посредством расположения тесламетра вокруг двигателя и над ним [5]. Для повышения точности измерения была создана карта с проектируемым неконтуром двигателя (рис. 1, 2). Эта карта имеет четыре градуированных круговых контура, расположенных друг от друга на расстоянии 50 мм. Прибор размещался в точках пересечения линий.

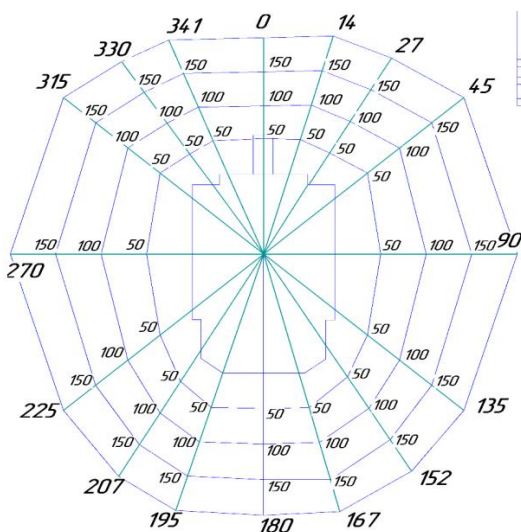


Рис. 1. Карта измерения магнитной индукции электродвигателя

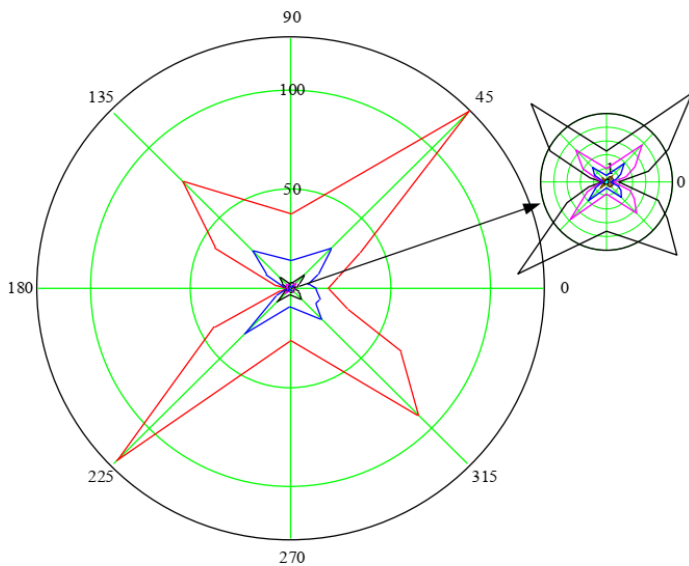


Рис. 2. Эпюра магнитной индукции вокруг симметричного двигателя, питающегося от сети, вращение по часовой стрелке

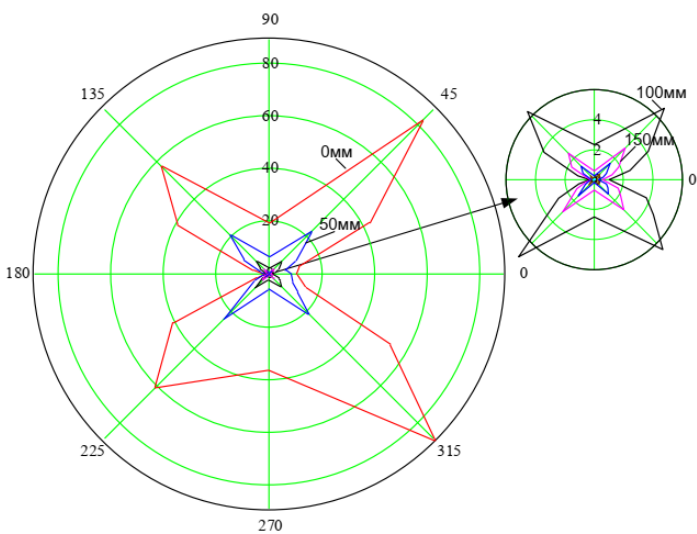


Рис. 3. Эпюра магнитной индукции несимметричного двигателя, питающегося от сети, вращение по часовой стрелке

На основании данных экспериментов была построена эпюра магнитной индукции вокруг двигателя (см. рис. 2). Анализируя полученный результат построения, можно заключить, что причина несимметрии в виде пиковых значений в области 45 и 225 градусов заключается в концентрации магнитного поля через направление вращения ротора. Данный эксперимент проводился при питании двигателя от преобразователя частоты (ПЧ), значение частоты задавалось 50, 30, 20 Гц, вращение ротора по часовой стрелке.

На основании измерений построена эпюра магнитной индукции вокруг двигателя (рис. 3). Анализ рис. 3 показывает, что несимметрия в 2,45 Ом приводит к значительным искажениям магнитной индукции в области 45–315 градусов, что, в свою очередь, негативно сказывается на работе электрической машины.

Полученные в результате проведения экспериментальных исследований картины индукции магнитного поля вокруг асинхронных двигателей качественно совпадают с результатами математического моделирования и обладают резко выраженной неравномерностью, что несет значимую информацию о техническом состоянии двигателя. Наличие повреждений искажает общую картину распределения индукции магнитного поля на поверхности статора асинхронного двигателя

— в зоне повреждений уменьшаются ее значения. Качественный характер искажения сохраняется при изменении частоты питающего напряжения двигателя и направлении его вращения.

Библиографический список

1. Коробейников А.Б., Сарваров А.С. Анализ существующих методов диагностирования электродвигателей и перспективы их развития // Электротехнические системы и комплексы. – 2015. – № 26. – С. 4–9.
2. Наливайко А.В., Сюсюка Е.Н. Анализ физических основ разрушающих методов контроля судовых технических средств // Наука, техника и образование. – 2017. – № 6 (36). – С. 9–12.
3. Брякин И.В., Бочкарев И.В., Храмшин В.Р. Разработка нового метода дефектоскопии электрических кабелей // Электротехнические системы и комплексы. – 2018. – №4 (41). – С. 4–10.
4. Шапошников В.В., Чабанов Е.А., Чабанова Е.В. Спектральный анализ неисправностей синхронной машины // Вестник Пермского

национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019. – № 30. – С. 227–240.

5. Соколова О.В., Соколов И.С. Устройство для диагностики межвитковых замыканий и дефектов подшипников асинхронных электродвигателей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2019. – № 11 (3). – С. 592–599.

Сведения об авторах

Литвин Артем Сергеевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: litvinarts@yandex.ru

Мальцев Илья Анатольевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: malcevia18.08.1997@mail.ru

И.А. Губарев, А.В. Бирилло, И.С. Калинин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ТРЕНАЖЕРОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

В данной статье рассматриваются 3D-тренажеры, в частности, для работы с электроустановками, приведенные для оценки эффективности использования в обучении студентов. Статья акцентирует внимание на требованиях использования современной технологии в образовательном процессе и рекомендованных методах дальнейшего внедрения 3D-тренажеров в учебные программы для повышения качества подготовки электротехнического персонала.

Ключевые слова: 3D-тренажеры, анализ, обучение, традиционные методы, эффективность, практические навыки, электромонтажные работы, монтаж.

I.A. Gubarev, A.V. Birillo, I.S. Kalinin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

APPLICATION OF 3D SIMULATORS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

This article examines 3D simulators, in particular for working with electrical installations, provided to assess the effectiveness of use in student training. The article focuses on the requirements for using modern technology in the educational process and recommended methods for further implementation of 3D simulators in educational programs to improve the quality of training of electrical personnel.

Keywords: 3D simulators, analysis, training, traditional methods, efficiency, practical skills, electrical installation work, installation.

Современные электрические системы становятся все более сложными и multifunctional. Это требует от обучающихся не только теоретических знаний, но и практических навыков. Традиционные методы обучения, такие как лекции и практические занятия на реальном оборудовании, имеют свои ограничения. Во-первых, работа с реальными системами может быть опасной и дорогостоящей, особенно при выполнении сложных манипуляций. Во-вторых, время обучения ограничено, и не всегда удастся охватить все необходимые аспекты работы с современными системами. Поэтому в ста-

тье будут рассмотрены 3D-тренажеры, как альтернатива традиционным методам обучения [1–4].

Задача исследования заключается в выявлении потенциальных возможностей 3D-тренажеров для повышения уровня подготовки студентов в работе с электроустановками, а также в анализе их влияния на восприятие учебного материала и формирование необходимых навыков. В дальнейшем будут приведены примеры 3D-тренажеров в различных областях деятельности, но в качестве ключевого будет рассмотрен имитационный 3D-тренажер для работы с электроустановками – «Электромонтажные работы».

Примеры 3D-тренажеров и их возможности:

1. *Тренажеры для авиации.* Симуляторы пилотирования: эти тренажеры используются для подготовки пилотов. Они моделируют полетные условия, включая различные метеорологические ситуации, механические неисправности и экстренные сценарии. К примеру, тренажеры, такие как тренажер Boeing 737 или Airbus A320, позволяют учащимся отрабатывать навыки управления самолетом в безопасной среде.

2. *Медицинские симуляторы.* Симуляция хирургических операций: 3D-тренажеры, такие как Osso VR, позволяют хирургам практиковать операции на виртуальных пациентах. Эти симуляторы помогают отрабатывать технику выполнения различных процедур, включая лапароскопические операции, а также развивать навыки диагностики и взаимодействия с медицинским оборудованием.

3. *Тренажеры для промышленного обучения.* Симуляторы для работы с техникой: в таких тренажерах, как CAT Simulators, пользователи могут управлять различной строительной и горнодобывающей техникой. Они предоставляют возможность отрабатывать навыки работы с экскаваторами, бульдозерами и другой тяжелой техникой, сохраняя безопасность и снижая затраты на обучение.

Тренажеры для работы с электроустановками, которые могут быть использованы в обучении. Потенциальные возможности таких тренажеров позволяют моделировать или имитировать различные электроустановки, такие как распределительные щиты, трансформаторные подстанции и другие объекты электрических сетей. С помощью интерактивных 3D-моделей студенты могут изучать принципы работы оборудования, правила подключения и обслуживания. В табл. 1 приведены требования таким тренажерам в обучении.

Таблица 1

Требования

Требования	Назначение
Инструкции и помощь	Тренажеры должны включать подробные инструкции и подсказки, чтобы студенты могли без труда выполнять задания и получать помощь при необходимости
Обратная связь и оценка	Наличие системы оценки результатов работы студентов, которая дает возможность получать обратную связь и корректировать действия
Интеграция с учебной программой	Тренажеры должны быть интегрированы в учебные планы и методические материалы, чтобы поддерживать образовательный процесс
Многоуровневые задачи	Предоставление задач различной сложности с учетом уровня подготовки студентов, чтобы каждый мог получить оптимальный уровень вызова и стимуляции
Дистанционное подключение	Студент должен иметь возможность дистанционно, во время внеучебной деятельности подключаться и работать в 3D-тренажерах

Таблица 2

3D-тренажеры

3D-тренажеры	Назначение	Название организации, разработавшей 3D-тренажер; город и адрес
«Электростанция»	Тренажер представляет собой виртуальную модель для имитации электрической подстанции, он позволяет пользователю ознакомиться с основными элементами подстанции (трансформаторами, выключателями, разъединителями и другими компонентами)	ArtPlay Studio; г. Москва
«Обслуживание высоковольтных распределительных устройств-2» (ТС-ОВРУ-2)	Виртуальный стенд-тренажер позволяет моделировать основные элементы комплектных трансформаторных подстанций, которые нужны для изучения конструкции и расположения, а также получения базовых навыков по регламенту проведения плановых и аварийных ремонтных работ	ООО НПП «Учебная техника – Профи»; г. Челябинск
«Электромонтажные работы»	Тренажер позволяет имитировать электромонтажные работы, он отвечает за формирование и совершенствование знаний и навыков по электромонтажным работам (монтаж и демонтаж оборудования под напряжением)	Межрегиональная ассоциация «Нефтегазовая информационно-образовательная корпорация»; г. Тюмень
«Электромонтер»	Тренажер позволяет имитировать взаимодействие с виртуальными копиями оборудования электро-механических установок и инструмента выполнения эксплуатационные сценарии по ремонту электро-двигателя	ООО НПП «Учебная техника – Профи»; г. Челябинск

В России есть свои 3D-тренажеры для работы с электроустановками. 3D-тренажеры для работы с электроустановками приведены в табл. 2.

Анализ 3D-тренажеров для работы с электроустановками. Для оценки эффективности 3D-тренажеров в обучении студентов был выбран компьютерный имитационный тренажер «Электромонтажные работы» [5], так как он имеет свои преимущества, которые делают его более удобным по сравнению с другими тренажерами. В табл. 3 приведены две ключевые причины, почему стоит сосредоточиться на этом конкретном тренажере.

Таблица 3

Ключевые причины

Причины	Пояснение
Фокус на монтаже	Тренажер «Электромонтажные работы» специализирован на учебе именно в области установки и наладки электрооборудования, что является первой и важной стадией в жизненном цикле электросистем. Оценка его эффективности позволяет глубже понять, насколько хорошо будущие специалисты подготовлены на начальных этапах работы с электроустановками
Подготовка к будущей специализации	Тренажер «Электромонтажные работы» закладывает основы для дальнейшего обучения и специализации в других тренажерах, таких как «Электростанция» и «Обслуживание высоковольтных распределительных устройств-2». Эффективная оценка этого тренажера поможет выявить ключевые знания и навыки, которые необходимы для успешного перехода к более сложным темам

Точность математической модели электросхем обеспечивается за счет использования библиотеки SPICE. Тренажер «Электромонтажные работы» может быть использован в двух режимах: с использованием стандартных средств ввода-вывода и с использованием системы формирования виртуальной реальности (VR). Учебно-тренировочные задачи тренажера [6–7]: применение измерительных приборов; установка и подключение розетки, выключателя; параллельные и последовательные электрические цепи; монтаж автоматов защиты; монтаж щитков; подключение различных типов двигателей, насосов; подключение УЗО и дифференциальных автоматов; технические требования и технология прокладки электропроводки типа ПРД, ПРВД, АППВ, ППВ и др.; правила монтажа и маркировки кабеля в общей сети; установка и подключение электрооборудования; монтаж ячеек ГРЩ, ВРУ, ШУ; установка и подключение приборов учета электроэнергии; монтаж заземления.

Демонстрация тренажера «Электромонтажные работы» приведена на рисунке, где показаны автоматические выключатели и ввод параметров для них.

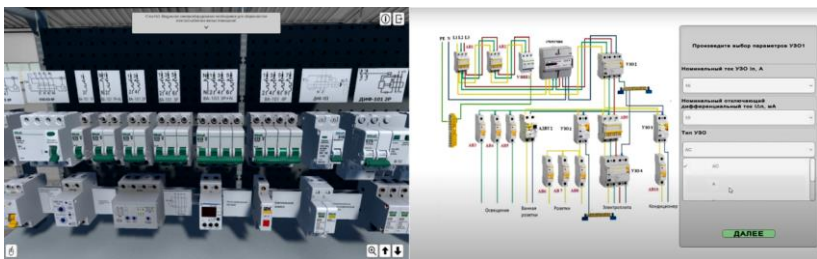


Рис. Наглядный пример автоматических выключателей и ввод параметров для них

Использование тренажера «Электромонтажные работы» в учебных дисциплинах высших учебных заведений. Тренажер можно использовать в дисциплинах, приведенных в табл. 4.

Таблица 4

Учебные дисциплины

№ п/п	Дисциплины	Применение	Вырабатываемые навыки и знания
1	Электроэнергетические системы и сети	Студенты могут взаимодействовать с компонентами системы, изучая их работу в разных режимах работы	Повышает понимание принципов распределения и передачи электроэнергии
2	Электроника	Студенты могут визуализировать электрические схемы, тестировать компоненты и наблюдать за изменениями в системе в зависимости от различных параметров	Анализирование функций резисторов, конденсаторов, транзисторов и других компонентов в цепях
3	Электроэнергетическое оборудование	Студенты могут обучаться правильному монтажу, настройке и техническому обслуживанию оборудования	Повышает навыки проектирования и выбора подходящего оборудования для различных задач
4	Электрические машины	Студенты могут изучать принципы работы двигателей, проводить симуляции различных режимов, а также взаимодействовать с моделями машин для анализа их характеристик	Освоение проектирования схем управления для различных машин, что включает в себя навыки программирования и автоматизации

Соответствие тренажера «Электромонтажные работы» требованиям в обучении студентов. Тренажер «Электромонтажные работы» соответствует требованиям, приведённым в табл. 1, так как он включает встроенные инструкции и подсказки, также включает в себя систему оценки, которая отслеживает прогресс пользователей, может интегрироваться с существующими учебными программами, предлагает многоуровневые задачи, а дистанционное подключение может быть орга-

низовано через запрос у производителя демоверсии или же покупки лицензии.

Рекомендации по внедрению 3D-тренажера «Электромонтажные работы» в обучение. Для успешного внедрения 3D-тренажера в процесс обучения следует учитывать несколько ключевых аспектов:

- проведение обучающих семинаров для преподавателей: нужно убедиться, что преподаватели и наставники имеют достаточные знания и навыки для эффективного использования тренажера;

- разработка учебных материалов: сопровождающие материалы и методические указания помогут структурировать обучение и сделать его более понятным;

- постоянное обновление учебного контента: электротехнические системы и технологии постоянно развиваются, поэтому для поддержки актуальности тренажера необходимо регулярно обновлять их содержание.

Закключение. Анализ 3D-тренажера «Электромонтажные работы» показал, что применение 3D-тренажеров в обучении студентов ведет к улучшению качества знаний и навыков, такой тренажер удовлетворяет требованиям в обучении студентов. Многофункциональность и использование тренажера в учебных дисциплинах показывает, что такая форма обучения является высокоэффективной и может стать важным элементом в подготовке квалифицированных специалистов в данной области. На основании вышеизложенного можно рекомендовать образовательным учреждениям интегрировать современные технологии в процесс обучения.

Библиографический список

1. Анастасия Кузнецова. Эффективность VR в обучении персонала [Электронный ресурс]. – URL: <https://modumlab.com/modum-daily/efficiency-vr-3> (дата обращения: 21.12.2024).

2. Корпорация Диполь. Тренажеры 3D иVR [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tacis-dipol.ru/corp/3d/> (дата обращения: 21.12.2024).

3. Электротехнический интернет-портал elec.ru. Полномасштабные 3D тренажеры для обучения персонала объектов электроэнергетики [Электронный ресурс]. – URL: <https://sike.ru/computer-simulator> (дата обращения: 21.12.2024).

4. Общероссийский полноцветный журнал «Новости Электротехники» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2016/102/06.php> (дата обращения: 21.12.2024).

5. Интернет-портал LContent. Электромонтажные работы [Электронный ресурс]. – URL: <https://lcontent.ru/product/elektromontazhnye-raboty-2/> (дата обращения: 21.12.2024).

6. Международный онлайн-сервис YouTube. Электромонтажные работы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=qiVGMgL-XPQ> (дата обращения: 21.12.2024).

7. Интернет-портал LContent. Эффективность компьютерных имитационных тренажеров в цифрах [Электронный ресурс]. – URL: <https://lcontent.ru/effektivnost-nashej-produkczii/> (дата обращения: 21.12.2024).

Сведения об авторах

Губарев Иван Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭС-21-1б, Пермь, Российская Федерация, e-mail: igubarev2003@gmail.com

Бирилло Александр Васильевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭС-21-1б, Пермь, Российская Федерация, e-mail: sasha.b.v.2003@mail.ru

Калинин Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: iskalinin@pstu.ru

И.С. Смоляков, К.А. Лейзгольд

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК КАК АЛЬТЕРНАТИВЫ КРЕМНИЕВЫМ СОЛНЕЧНЫМ ПАНЕЛЯМ

В работе изложен метод использования коллоидных квантовых точек в солнечных панелях. Также рассмотрены достоинства применения квантовых точек и проведено сравнение с традиционными солнечными панелями.

Ключевые слова: коллоидные квантовые точки, солнечные батареи.

I.S. Smolyakov, K.A. Leyzgold

Perm National Research Polytechnic University, Perm

COLLOIDAL QUANTUM DOTS AS AN ALTERNATIVE TO SILICON SOLAR PANELS

The paper presents a method for using colloidal quantum dots in solar panels. It also discusses the advantages of using quantum dots and compares them with traditional solar panels.

Keywords: colloidal quantum dots, solar panels.

Изготовление солнечных панелей включает в себя одну из обещающих областей для применения наночастиц квантовых точек. Классические солнечные модули, изготовленные на базе кремниевых материалов, обладают эффективностью использования энергии солнца до 25 %. Производство подобных панелей является невыгодным с точки зрения экономики по сравнению с другими источниками энергии на рынке. Однако в качестве замены кремниевых солнечных батарей возможно рассмотрение методики применения наночастиц квантовых точек для солнечных панелей.

Коллоидные квантовые точки (ККТ) – это полупроводниковые наночастицы, диаметр которых составляет всего несколько нанометров. Они могут синтезироваться из раствора, что позволяет наносить их в виде пленок на различные гибкие и жесткие подложки.

Благодаря способности регулировать положение полосы поглощения, квантовые точки отлично подходят для применения в качестве фотосенсибилизаторов. Высокая эффективность обусловлена тем, что ККТ могут эффективно поглощать от ультрафиолета до инфракрасного излучения. Из-за этой особенности такие панели могут эффективно работать при низком освещении.

Одной из проблем данной технологии является частичное совпадение спектров поглощения и излучения в самих точках, что ведет к потерям света из-за повторного рассеивания уже испущенного квантовыми точками света.

На рисунке показано, как квантовые точки, встроенные в пластик, направляют солнечный свет к краям пластины, повышая эффективность солнечных панелей.

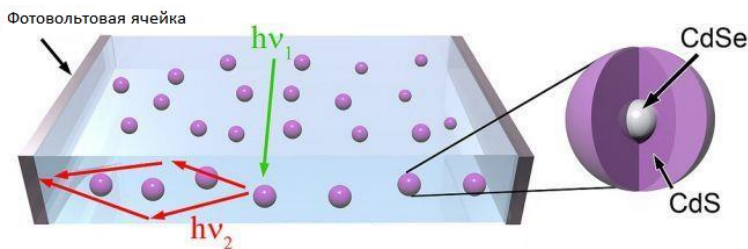


Рис. Внедрение квантовых точек в пластик

Для более наглядного анализа проведем сравнение традиционной солнечной панели и панели с ККТ.

Коэффициент полезного действия. На текущий момент для солнечных панелей с ККТ КПД составляет примерно 18,1 % [1], он ниже, чем у кремниевых панелей, КПД которых в среднем от 20 до 22 %. В данный момент технология солнечных панелей с ККТ развивается и в дальнейшем может иметь более высокий КПД [2].

Температурный коэффициент. Для панели, использующей PbS-квантовые точки (свинцово-сульфидные), температурный коэффициент находится в диапазоне от $-0,4$ до $-0,7$ % на градус Цельсия [3]. Это означает, что их эффективность снижается на $0,4$ – $0,7$ % на каждый градус повышения температуры. Этот параметр близок к значениям для кремниевых панелей, которые обычно имеют температурный коэффициент около $-0,4$ % на градус [3].

Устойчивость к деградации. В одном из исследований применяли поверхностно-активные вещества и лигандные оболочки для стабилизации наночастиц (НЧ). Это особенно важно для квантовых точек ZnS, стабилизатор таких квантовых точек, соль меди, позволяет длительное время сохранять активность квантовых точек и их устойчивость к внешним воздействиям [4]. Примерная деградация таких панелей за год может составлять 5–15 % от начальной эффективности [5], что выше, чем для кремниевых панелей, у которых этот показатель обычно составляет менее 1 % в год [5].

Цена. Для того чтобы оценить экономическую эффективность солнечных панелей с ККТ необходимо рассчитать примерную стоимость такой панели. Так как в открытых источниках информация о их стоимости отсутствует, рассчитаем по розничной стоимости отдельных компонентов, а затем сложим вместе.

- квантовые точки: стоимость квантовых точек в лабораторных условиях (10–50 тыс. руб. за грамм). На одну панель площадью 1 м² потребуются примерно 5–10 г материала, что составляет 50–500 тыс. руб. [6];

- подложка: обычно это стекло или гибкий полимер (например, полиэтилентерефталат) стоимостью 2–5 тыс. руб. за м² [7];

- проводники: использование оксида олова или серебряных нанонитей, которые обходятся в 1–3 тыс. руб. за м²;

- производственные затраты: для мелкосерийного производства стоимость нанесения слоёв и сборки может составлять 20–30 тыс. руб. за м² из-за специализированного оборудования;

- монтаж: монтажные работы для установки солнечных панелей оцениваются в 10–20 тыс. руб. за м².

С учётом перечисленных параметров стоимость солнечной панели с использованием квантовых точек может варьироваться от 83 и до 558 тыс. руб. за м² на ранних стадиях коммерциализации.

В сравнении стоимость производства кремниевой солнечной панели – от 94 до 169 тыс. руб. за м² [8].

Таким образом, на текущий момент панели из кремния дешевле, но в будущем, с развитием технологий и массовым производством, стоимость панелей на основе квантовых точек может стать конкурентоспособной.

Вес и размер. Обычно панели с квантовыми точками производятся в виде тонкоплёночных модулей, что делает их лёгкими и гибкими. Примерный размер панели для тестов – 1 м² [9]. Стандартная кремние-

вая панель имеет размеры около $1,6 \times 1$ м [10]. Тонкоплёночные панели с квантовыми точками могут весить около $1,5\text{--}2$ кг/м² [11]. В свою очередь, кремниевые панели весят $15\text{--}20$ кг/м² [10].

Таким образом, панели с коллоидными квантовыми точками значительно легче, что делает их потенциально более удобными для интеграции в различные архитектурные элементы, например в окна.

Утилизация. Панели с ККТ сложнее перерабатывать из-за их наноструктур и более сложного состава материалов. Однако утилизация панелей на основе ККТ может быть быстрее, чем кремниевых, благодаря меньшей массе и тонким слоям. На текущий момент примерное время утилизации таких панелей около одного дня, но по мере развития технологии это время уменьшится, потому что будут лучше изучены технологии разложения наноматериалов [3]. Кремниевые панели, они имеют более развитую систему переработки, но утилизация остается энергоёмкой, этот процесс занимает тоже около одного дня.

Для более наглядного понимания преимуществ и недостатков солнечных батарей на основе коллоидных квантовых точек по сравнению с традиционными кремниевыми панелями в таблице представлена сравнительная характеристика ключевых параметров этих технологий.

Сравнение кремниевых и ККТ солнечных панелей

Сравнительная характеристика	Традиционные кремниевые солнечные панели	Солнечные панели с использованием квантовых точек
КПД (коэффициент полезного действия)	От 20 до 22 %	18,1 %
Температурный коэффициент	–0,4 %/°C	От –0,4 %/°C до –0,7 %/°C
Устойчивость к деградации	1 % в год	5–15 % в год
Размер и вес	Вес – 15–20 кг/м ² Размер – $1,6 \times 1$ м	Вес – 1,5–2 кг/м ² Размер – 1×1 м
Цена за м ²	От 94 до 169 тыс. руб.	От 83 до 558 тыс. руб.
Утилизация	1 день	1 день

На основании представленных данных можно сделать следующие выводы: солнечные панели на основе коллоидных квантовых точек обладают более лёгким весом и меньшим размером, что упрощает их монтаж, также имеют сопоставимый КПД и температурный коэффициент, однако текущая стоимость, небольшая мощность и деградация этих панелей пока ограничивают их конкурентоспособность [12].

Ожидается, что дальнейшее развитие и увеличение масштабов производства позволят значительно сократить расходы и улучшить технические характеристики таких панелей.

Библиографический список

1. Quantum dot solar cells break efficiency record, silicon in its sights. Michael Irving 30.1.2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://newatlas.com/energy/quantum-dot-solar-cells-efficiency-record/> (дата обращения: 24.11.2024).

2. Николенко Л.М., Разумов В.Ф. Коллоидные квантовые точки в солнечных элементах // Успехи химии. – 2013. – Т. 82, № 5. – С. 429–448.

3. Recent progress of colloidal quantum dot based solar cells. Wei Huiyun, Li Dongmei, Zheng Xinhe¹, Meng Qingbo [Электронный ресурс]. – URL: https://cpb.iphy.ac.cn/article/2018/1919/cpb_27_1_018808.html (дата обращения: 24.11.2024).

4. Каримуллин К.Р., Аржанов А.И., Наумов А.В. Изготовление и оптические характеристики нанокompозитов с полупроводниковыми коллоидными квантовыми точками // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2017. – Т. 81, № 12. – С. 1581–1586.

5. Colloidal quantum dots and metal halide perovskite hybridization for solar cell stability and performance enhancement Dong Yan, Mengxia, Zhe Li, Bo Hou [Электронный ресурс]. – URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/ta/d1ta02214h> (дата обращения: 24.11.2024).

6. Квантовые точки улучшают КПД солнечных панелей на 50 %. [Электронный ресурс]. – URL: <https://globalscience.ru/article/read/19386/> (дата обращения: 19.11.2024).

7. Какие солнечные панели лучше? 24.01.20 [Электронный ресурс]. – URL: <https://sunsayenergy.com/ru/technology/yaki-sonyachni-paneli-kraschi> (дата обращения: 20.11.2024).

8. Выгодно ли устанавливать солнечные панели? Примеры расчетов для частных домов и малого бизнеса [Электронный ресурс]. – URL: <https://journal.tinkoff.ru/home-solar-power/> (дата обращения: 18.11.2024).

9. Colloidal quantum dot solar cells on curved and flexible substrates / Illan J. Kramer, Gabriel Moreno-Bautista, James C. Minor [Электронный

песуьс]. – URL: <https://pubs.aip.org/aip/apl/article-abstract/105/16/163902/28071/Colloidal-quantum-dot-solar-cells-on-curved-and?redirectedFrom=fulltext> (дата обращения: 17.11.2024).

10. How Much Does a Solar Panel Weigh? 1.12.2023 [Электронный песуьс]. – URL: <https://shopsolarkits.com/blogs/learning-center/how-much-does-a-solar-panel-weigh> (дата обращения: 19.11.2024).

11. Colloidal quantum dot based solar cells: from materials to devices. Jung Hoon Song, Sohee Jeong [Электронный песуьс]. – URL: <https://nanoconvergencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40580-017-0115-0> (дата обращения: 20.11.2024).

12. Применение золотых наностержней в солнечных элементах на основе коллоидных квантовых точек / Ю.Г. Корженевский, А.А. Бабаев, А.Ю. Дубовик, А.П. Литвин // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019 г. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2019. – С. 189–192.

Сведения об авторах

Смоляков Иван Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vanya.smolyakov@bk.ru

Лейзгольд Карина Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: leizgold_ka@pstu.ru

И.Н. Маслов, А.Р. Галимова

Казанский государственный энергетический университет, Казань

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Статья посвящена исследованию перспектив использования водородного топлива на электрических станциях. Отмечаются особенности и преимущества использования водородного топлива, о разработке технологий, о проблемах и вызовах, которые возникают на пути. Ожидаемое развитие технологий в ближайшие десятилетия. Для массового внедрения водородного топлива необходимо преодолеть ряд технологических, экономических и инфраструктурных вызовов.

Ключевые слова: перспективы водородного топлива, преимущества, развитие технологий, проблемы и вызовы.

I.N. Maslov, A.R. Galimova

Kazan State Power Engineering University, Kazan

PROSPECTS OF HYDROGEN FUEL FOR USE IN POWER PLANTS

This article discusses the prospects of hydrogen fuel for use in electric power plants. It discusses the fuel itself, the benefits of using hydrogen fuel, the development of technologies, and the problems and challenges that arise along the way. Expected development of technologies in the coming decades. For the mass introduction of hydrogen fuel, it is necessary to overcome a number of technological, economic and infrastructural challenges.

Keywords: prospects of hydrogen fuel, advantages, development of technologies, problems and challenges.

Глобальный переход к «зеленой» экономике и острая необходимость сокращения зависимости от ископаемого топлива, в первую очередь нефти и нефтепродуктов, приводят к бурному развитию водородной энергетики. Это стратегически важный фактор развития энергетической отрасли, подтверждением чему служит принятие водородных стратегий уже более чем в 26 странах мира. Развитые и развивающиеся государства одинаково заинтересованы в освоении водорода, как чистого и перспективного энергоносителя, способного обеспечить энергетическую безопасность и снизить углеродный след. При этом речь

идет не только о производстве самого водорода, но и о создании всей необходимой инфраструктуры – от способов его производства и хранения до транспортировки и эффективного использования в различных секторах экономики [1, 2].

Парижское соглашение 2015 г., вступившее в силу в 2016 г., стало значительным катализатором для развития этой отрасли, поставив перед мировым сообществом амбициозные цели по сокращению выбросов парниковых газов. Водородная энергетика представляет собой привлекательную альтернативу традиционным ископаемым видам топлива, обещая чистое и эффективное производство энергии. Водородное топливо рассматривается как один из наиболее многообещающих источников энергии для будущего. С учетом глобальных вызовов, таких как изменение климата, истощение ископаемых ресурсов и необходимость перехода на устойчивые источники энергии, водород становится ключевым элементом в стратегии декарбонизации энергетических систем. Водород может быть использован как в качестве топлива для транспортных средств, так и в качестве источника энергии для электростанций, что открывает новые горизонты для энергетической отрасли.

Водород имеет высокую энергетическую плотность и может использоваться в топливных элементах для генерации электричества или в газовых турбинах. Это позволяет эффективно преобразовывать его в электроэнергию с минимальными выбросами углерода. Внедрение водородного топлива в электростанциях представляет собой важный шаг к переходу на устойчивые источники энергии и снижению углеродных выбросов.

Водород – важный элемент международных энергетических стратегий, поэтому перспектива его использования на электрических станциях всё ещё актуальна, если рассматривать с экологической, экономической и технологической стороны. При возникновении глобальных вызовов, которые связаны именно с изменением климата и истощением ресурсов, в первую очередь водород становится ключевым элементом будущей энергетической системы.

Основные цели использования водородного топлива: сейчас идет острая борьба с изменением климата, и уменьшение выбросов парниковых газов улучшает качество воздуха; водород – лучшая альтернатива для повышения энергетической независимости стран, он источ-

ник хранения энергии, которая появилась при высокой генерации; использование водорода повышает надежность и стабильность поставок электроэнергии.

У водорода есть множество достоинств. Одним из них является то, что водород имеет высокую удельную энергию, выделяющуюся при его использовании в качестве топлива. Как известно, в 1 кг водорода содержится 33 кВт/ч энергии. Эта особенность определяет перспективу именно в области энергетики. Если рассматривать в узком смысле этого слова, то можно выделить только такие основные моменты, как экологичность, так как в топливных элементах единственным продуктом является вода, и поэтому он является чистым источником энергии; допустим, мы используем какие-нибудь возобновляемые источники, но водород ещё становится полностью нейтральным.

Несмотря на явные преимущества, следует отметить недостатки водородного топлива. Во-первых, водород чрезвычайно взрывоопасен по сравнению с другими углеводными видами топлива. Во-вторых, является газом низкой плотности и летучим. Указанные недостатки приводят к необходимости соблюдения особых мер безопасности и применению тяжеловесных баллонов и оборудования для транспортировки и использования.

Водород, как и другие элементы, имеет ряд химических свойств. Взаимодействует с кислородом, с серой, с азотом, а вот при использовании сложных веществ водород уже проявляет восстановительные свойства. Про особенности можно выделить его применение: нефтепереработка и химическая промышленность – 35 %, производство аммиака – 54 %, металлургия и стекольная промышленность – 3 %, пищевая промышленность – 2 %.

Методы получения водорода отличаются затратами на получение и уровнем углеродного выброса. Паровая конверсия метана. Этот процесс заключается в том, что метан (CH_4) начинает реагировать с водяным газом. Производится водород и углекислый газ. Процесс протекает при температурах около 400 °C.

При получении водорода газификацией угля производится пропуском паров воды над углем, раскаленным до температуры около 1000 градусов Цельсия.

Вышеуказанные методы являются менее затратным по сравнению с другими, однако сопровождаются выделением парниковых газов.

Электролиз воды – метод, позволяющий получить наиболее «зеленый» водород при использовании электроэнергии из возобновляемых источников. Отметим, что получение водорода этим методом наиболее дорогостоящее. Процесс разложения воды на водород (H_2) и кислород (O_2). Коротко о принципе работы: идёт процесс, в нем участие принимают два электрода, таких как анод (он у нас положительный) и катод (отрицательный), погруженные в воду. При пропускании электрического тока вода распадается на водород и кислород. На аноде происходит окисление, на катоде восстановление.

Следующий метод – это получение водорода с использованием биомассы. Она нагревается при ограниченном кислороде и образуется синтетический газ, состоящий из водорода, метана и угарного газа. Водород получают разделением полученного состава газов.

Следует отметить, что имеются также технологии получения водорода из воды при реакции с металлами с использованием водорослей, из мусора.

Водородное топливо может быть использовано как на топливных элементах, так и путем непосредственного сжигания. Топливные элементы – это электрохимическое устройство, которое служит для преобразования химической энергии в электрическую энергию водорода. Водород начинает реагировать с катализатором, и электроны выходят за пределы атома.

Транспортировка водорода осуществляется следующим образом: водород доставляется по трубопроводам, может быть произведен на заправочных станциях. Газообразный водород перевозят при помощи наземного транспорта, в основе лежат стальные цилиндрические контейнеры при температуре от -40 до $+40$ °C. Жидкий водород перевозят при помощи автомобильных цистерн, их вместимость в себя включает 25 и 45 м³. Железнодорожный транспорт не получил широкого распространения.

Экологическое преимущество использования водородного топлива заключается в том, что водород – чистый и безопасный вид топлива. При сгорании в атмосфере не поступают вредные выбросы.

Высокая стоимость производства водорода и оборудование для использования – один из недостатков, который является преградой для широкого применения. На сегодняшний день электрическая энергия – это основной фактор стоимости производства водорода, а для топлив-

ных элементов – стоимость платины. При повышении цен на электроэнергию и платину стоимость водородной энергии будет возрастать.

Будущее водородного топлива. Всё чаще и чаще разрабатываются новейшие технологии для того, чтобы хранить, производить и осуществлять транспортировку водорода. Это должно снизить стоимость и поспособствует повышению эффективности. Но для того, чтобы топливо имело широкое применение, необходима хорошая инфраструктура. Это могут быть системы хранения, заправочные станции. Уже много лет страны стараются развивать стратегии для внедрения водородной экономики. Туда входит финансовая поддержка и льготы для компаний, работающих в этой области.

Водородное топливо имеет большой потенциал для использования на электрических станциях. Водородное топливо демонстрирует значительный потенциал в области энергетики, особенно на электростанциях в контексте «зеленой энергетики». Этот вид топлива отличается высокой эффективностью и низким уровнем выбросов, что делает его привлекательным вариантом для перехода к более чистым источникам энергии. Развитие технологий, связанное с производством и хранением водорода, развитие технологий использования открывает новые горизонты для его применения в энергетическом секторе. На фоне глобальных усилий по снижению углеродного следа водородные электростанции могут стать важным шагом в борьбе с изменением климата. Использование водорода в качестве топлива не только способствует сокращению загрязнения окружающей среды, но и позволяет диверсифицировать источники энергии, что повышает устойчивость энергетических систем. Несмотря на существующие вызовы, такие как производственные затраты и необходимость создания соответствующей инфраструктуры, интерес к водородной энергетике остается. С внедрением новых технологий и поддержкой на уровне государственных инициатив водородное топливо имеет все шансы занять важное место в энергетике будущего.

Библиографический список

1. Неорганическая химия: в 3-х т. Т. 2: Химия непереходных элементов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов / под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Академия, 2004. – 368 с.

2. Баранов А.Ю., Соколова Е.В. Хранение и транспортировка криогенных жидкостей. Ч. 2: учебно-метод. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 60 с.

Сведения об авторах

Маслов Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетическое машиностроение» Казанского государственного энергетического университета, Казань, Российская Федерация, e-mail: ig-mas@mail.ru

Галимова Алия Римовна – студент Казанского государственного энергетического университета, гр. ЭПТ-1-23, Казань, Российская Федерация, e-mail: aliya.galimova.10@mail.ru

М.И. Рисков, Э.В. Юсупов, И.С. Калинин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 35–110 кВ

В этой статье рассматриваются технологии, применение которых предполагает возможность улучшения эксплуатации электрооборудования и последующего стабильного снабжения потребителей электроэнергией. Приведены виды оборудования и их концептуальные отличия от оборудования, в котором используются не самые эффективные технологии в настоящее время.

Ключевые слова: провод, опоры, температуры сплавов, токопроводящие части, композитные материалы.

M.I. Riskov, E.V. Yusupov, I.S. Kalinin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

APPLICATION OF NEW GENERATION WIRES ON 35-110 kV OVERHEAD LINES

This article discusses technologies, the use of which suggests the possibility of improving the operation of electrical equipment and the subsequent stable supply of electricity to consumers. The types of equipment and their conceptual differences from equipment that use less efficient technologies at present are given.

Keywords: wire, supports, alloy temperatures, conductive parts, composite materials.

Система передачи электроэнергии является ключевым элементом современной энергетической инфраструктуры. Воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 35–110 кВ обеспечивают транспортировку электроэнергии от подстанций к потребителям. В последние годы наблюдается тенденция к модернизации этих линий с использованием проводов нового поколения. Данная статья рассматривает преимущества и особенности применения таких технологий [1–7].

Провода нового поколения. На сегодняшний день в большинстве регионов нашей страны эксплуатируются провода старого типа, такие как АС, АСО, ААС, ААСО – алюминиевые самонесущие провода с использованием стальных сердцевин и оптоволоконных проволок,

достоинствами которых являются легкость, стоимость, коррозионная стойкость. Но, помимо этого, данные провода имеют ряд недостатков: малая проводимость, плохая механическая прочность алюминия, вес, большая стрела провеса, температурная устойчивость.

В последние годы в области передачи электроэнергии появились новые типы проводов, которые используют инновационные материалы и технологии для улучшения характеристик и повышения эффективности. Наиболее перспективные виды проводов нового поколения:

- алюминиевые провода с композитной сердцевиной (ACCR);
- провода с высокотемпературными сверхпроводниками (ВТСП);
- провода с оптоволоконной интеграцией (OPGW);
- провода с улучшенной термостойкостью (HTLS);
- провода повышенной коррозионной стойкости.

Алюминиевые провода с композитной сердцевиной (ACCR). ACCR (алюминиевый проводник, армированный композитом) – это провод, в котором алюминиевые жилы окружают композитную сердцевину, обычно изготовленную из углеродного волокна. Композитная сердцевина обеспечивает высокую механическую прочность и устойчивость к коррозии, что делает такие провода идеальными для использования в сложных условиях.

Производители в России: ООО «Углепласт», Кабельный завод «Севкабель». Пример модели: ACCR 477-T16 240/32.

Провода с высокотемпературными сверхпроводниками (ВТСП). ВТСП (высокотемпературные сверхпроводники) – это провода, изготовленные из материалов, таких как YBCO (иттрий-барий-медь-оксид), которые при определенных условиях (обычно при низких температурах) проявляют сверхпроводимость. Это позволяет передавать электричество с минимальными потерями энергии.

Производители в России: ООО «СуперОкс», Кабельный завод «Севкабель». Пример модели: ВТСП 1x4x1,2.

Провода с оптоволоконной интеграцией (OPGW). OPGW (Optical Ground Wire – оптический заземляющий провод) – это провода, которые включают в себя алюминиевые или стальные жилы для передачи электроэнергии и интегрированные оптоволоконные кабели для передачи данных. Оптоволоконные кабели обеспечивают высокую скорость передачи данных и устойчивость к электромагнитным помехам.

Производители в России: Кабельный завод «Электрокабель», Кабельный завод «Севкабель». Пример модели: OPGW-81.

Провода повышенной коррозионной стойкости (АСКП). АСКП (алюминиевый самонесущий кабель с коррозионной защитой) – это провод, в котором алюминиевые жилы окружают стальную сердцевину, покрытую коррозионностойким материалом, таким как цинк или специальные полимеры. Это обеспечивает высокую устойчивость к коррозии и увеличивает срок службы провода.

Производители в России: Кабельный завод «Камкабель», Кабельный завод «Электрокабель», Кабельный завод «Севкабель». Пример модели: АСКП 300/39.

Провода с улучшенной термостойкостью (HTLS). HTLS (High-Temperature Low-Sag – высокотемпературный провод с низкой стрелой провеса) – это провода, которые включают в себя композитные материалы, такие как углеродное волокно или стекловолокно, с алюминиевыми жилами. Эти материалы обеспечивают высокую термостойкость и устойчивость к провисанию при высоких температурах. Использование таких проводов может увеличить пропускную способность линии до 1,5–2 раз без необходимости замены опорной инфраструктуры.

Производители в России: завод «Угличкабель», ООО «Ламфил» (Ярославская область). Пример модели: GZTACSR 185 (рисунок).



Рис. Провод GZTACSR 185

Применение проводов. Провода нового поколения уже применяются в России, одним из заводов-изготовителей является завод «Угличкабель», компания «Ламфил» в Ярославской области. В Московской области проведены исследования при реконструкции ВЛ 110 кВ Одинцово – Очаково длиной 13 км, провод АСР 240/32 заменен на провод ACCR 477-T16 Hawk с поперечным сечением 238 мм². На 98 % повысилась пропускная способность линии. В ходе применения нового провода использовались уже эксплуатируемые опоры. Был обеспечен

значительный рост надежности и безопасности обновлённой линии, пересекающей густонаселённые жилые местности, из-за низкого коэффициента теплового расширения и уменьшенной погонной массы провода. Далее приведена таблица со сравнением проводов старого и нового типа.

Сравнение проводов

Характеристика	ACSR 240/32	ACCR 477-T16 Hawk
Тип сердцевины	Стальная	Композитная (углеродное волокно)
Количество жил	240 алюминиевых, 32 стальных	477 алюминиевых
Термостойкость	До 90 °С	До 200 °С
Устойчивость к коррозии	Низкая (стальная сердцевина подвержена коррозии)	Высокая (композитная сердцевина не подвер- жена коррозии)
Механическая прочность	1000 МПа	1200 МПа
Вес (кг/км)	1000 кг/км	800 кг/км
Стоимость (примерно)	Р10000/км	Р15000/км
Применение	Средние и высокие напряжения	Большие мощности на длинные расстояния
Производитель	Различные производители, например, Кабельный завод «Электрокабель»	ООО «Углепласт»
Электрическое сопротивление	0,17 Ом/км	0,15 Ом/км
Максимальная рабочая температура	90°С	200 °С
Максимальная нагрузка	1000 А	1500 А
Коэффициент теплового расширения	$23,1 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	$1,6 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Устойчивость к вибрациям	Хорошая	Отличная
Срок службы	20–30 лет	30–40 лет
Экологичность	Средняя (сталь и алюминий)	Высокая (композитные материалы)
Устойчивость к УФ- излучению	Средняя	Высокая
Устойчивость к химическим воздействиям	Низкая	Высокая
Длина пролета при одина- ковой стреле провеса провода, м	350	450

Проблемы замены используемых проводов. Введение новых, современных проводов в эксплуатацию может быть ограничено рядом факторов:

1. Экономические факторы. Новые технологии и материалы часто требуют значительных инвестиций. Например, провода с композитной сердцевиной (ACCR) или высокотемпературные сверхпроводники (HTS) могут быть значительно дороже традиционных проводов.

2. Амортизация существующих активов. Существующие линии электропередачи могут еще не достигнуть конца своего срока службы, и их замена на новые провода может быть нецелесообразной с точки зрения амортизации.

3. Технические факторы. Новые провода могут требовать изменений в существующей инфраструктуре, таких как опоры, изоляторы и крепления. Это может увеличить сложность и стоимость внедрения.

4. Регуляторные и административные факторы.

Введение новых технологий может требовать соответствия новым регуляторным требованиям и стандартам, что может замедлить процесс внедрения.

Заключение. Введение проводов нового поколения в системы передачи электроэнергии напряжением 35–110 кВ открывает новые перспективы для повышения эффективности и надежности энергетической инфраструктуры. Алюминиевые провода с композитной сердцевиной (ACCR) обеспечивают высокую механическую прочность и устойчивость к коррозии, что делает их идеальными для сложных условий эксплуатации.

Провода с высокотемпературными сверхпроводниками (ВТСП) позволяют передавать электричество с минимальными потерями энергии, что особенно важно для повышения энергоэффективности. Провода с оптоволоконной интеграцией (OPGW) обеспечивают высокую скорость передачи данных и устойчивость к электромагнитным помехам, что делает их незаменимыми в современных условиях цифровизации.

Провода повышенной коррозионной стойкости (АСКП) увеличивают срок службы линий электропередачи, а провода с улучшенной термостойкостью (HTLS) позволяют увеличить пропускную способность линий без необходимости замены опорной инфраструктуры.

Применение этих инновационных технологий уже показало значительные результаты. Однако внедрение новых проводов сталкивается с рядом проблем, включая экономические, технические и регуляторные факторы. Новые технологии требуют значительных инвестиций и могут быть дороже традиционных проводов.

Таким образом, несмотря на значительные преимущества проводов нового поколения, их внедрение требует тщательного планирования и учета всех факторов, чтобы обеспечить эффективное и экономически обоснованное обновление энергетической инфраструктуры.

Библиографический список

1. Инновационные провода для воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ruscable.ru/article/Innovacionnye_provoda_dlya_vozdushnyx_linij_part1/ (дата обращения: 07.12.2024).

2. Тимашова Е.П., Никифоров Е.П. Повышение надежности воздушных линий электропередачи и оптимизация их проектирования при применении проводов нового поколения // Энергия единой сети. – 2014.

3. Кабельное оборудование для ВЛ [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--80aqajdd1d.xn--p1ai/produkcija/nomenklatura/provoda-dlja-vl/ztacsr> (дата обращения: 12.12.2024).

4. Быстрокабель: Кабельная энциклопедия, АККР [Электронный ресурс]. – URL: <https://bystrokabel.ru/factory/search?page=2> (дата обращения: 12.21.2024).

5. Кабельное оборудование для ВЛ: провод ВТСП [Электронный ресурс]. – URL: <https://rfopt.ru/vtsp-1h4h12#similar> (дата обращения: 21.12.2024).

6. ЛЭП-ИНЖИНИРИНГ: Кабельный каталог, ОКГТ [Электронный ресурс]. – URL: <https://energoteh-ek.ru/catalog/grozozashhitnyj-tros/opgw-opticheskij-kabel-vstroennyj-v-grozozashhitnyj-tros/opgw-ast-opticheskij-kabel-vstroennyj-v-grozozashhitnyj-tros-s-opticheskimi-modulyami-iz-polimera-v-aluminievoy-obolochke/> (дата обращения: 21.12.2024).

7. Быстрокабель: Кабельная энциклопедия, АСКП [Электронный ресурс]. – URL: <https://bystrokabel.ru/item/askp> (дата обращения: 22.12.2024).

Сведения об авторах

Рисков Михаил Иванович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭС-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: riskov2003m@gmail.com

Юсупов Эльмир Вильнурович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭС-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: elmiry07@mail.ru

Калинин Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: iskalinin@pstu.ru

Секция 4

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ.
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

В.А. Гурко, Т.И. Мугизов, С.А. Суворова, Ф.С. Бородин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ОЦЕНКА СЛУЧАЙНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГОННОЙ ЕМКОСТИ КАБЕЛЯ

Измерение параметров кабельных линий, таких как погонная емкость и индуктивность, имеет ключевое значение для оценки их характеристик. Вторичные параметры, включая волновое сопротивление, зависят от этих величин. Для измерений часто применяются векторные анализаторы цепей (VNA), однако на результаты влияют случайные погрешности, вызванные внешними помехами. В работе проведено исследование случайной погрешности при измерении погонной емкости двух образцов кабеля. Полученные данные позволяют оптимизировать число наблюдений для повышения точности измерений.

Ключевые слова: погонная емкость, случайная погрешность, векторный анализатор цепей, точность измерений.

V.A. Gurko T.I. Mugizov, S.A. Suvorova, F.S. Borodkin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

EVALUATION OF RANDOM ERROR IN CABLE LINEAR CAPACITANCE MEASUREMENT

Measuring cable parameters such as linear capacitance and inductance is key to evaluating their performance. Secondary parameters, including impedance, depend on these values. Vector Network Analyzers (VNAs) are often used for measurements, but the results are affected by random errors caused by external interference. In this work, a random error was studied when measuring the linear capacity of two cable samples. The data obtained allows you to optimize the number of observations to improve the accuracy of measurements.

Keywords: linear capacitance, random error, vector network analyzer, measurement accuracy.

Основными параметрами кабельных, а также иных линий передачи информации, являются погонная емкость C_0 и погонная индуктивность L_0 . Эти величины характеризуют емкость и индуктивность линии на единицу длины. Значения основных параметров определяются размерами проводников и их взаимным расположением.

На практике более важными являются вторичные параметры, к которым относятся волновое сопротивление и коэффициент укорочения [1]. Однако вторичные параметры связаны с основными. Волновое сопротивление и скорость распространения сигнала в кабеле определяются соотношениями $z = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$, $v = \sqrt{\frac{1}{L_0 C_0}}$, а коэффициент укорочения $k = \frac{c}{v}$, где c – скорость света.

Эти параметры могут быть определены с помощью измерительных приборов – рефлектометров. Наиболее функциональными приборами такого типа являются векторные анализаторы VNA (Vector Network Analyzer). Они представляют собой панорамные приборы, позволяющие отображать параметры электрических двухполосников и четырехполосников в широком диапазоне частот [2]. При этом на основе резонансных явлений в длинных линиях можно определить скорость распространения сигнала и, зная погонную емкость, вторичные параметры линии.

Погонная емкость может быть измерена прямым методом по показаниям векторного анализатора на нижней частоте диапазона сканирования при подключении к выходному порту анализатора отрезка кабеля известной длины в режиме холостого хода, когда противоположный конец кабеля является разомкнутым. Если длина кабеля будет намного меньше длины волны сигнала выходного порта анализатора, реактивное сопротивление такого отрезка без учета потерь будет иметь чисто емкостный характер.

Как показала практика, измерение в режиме холостого хода подвержено случайным ошибкам. Причиной их возникновения является то, что внешние электромагнитные поля, являющиеся источником помех, воздействуя на проводники кабеля, искажают измерительный сигнал. Для оценки случайной погрешности измерения емкости были выполнены измерения с многократными наблюдениями для двух различных образцов отрезков кабелей длиной 5 и 10 м. В каждом случае было выполнено 50 наблюдений на частоте 50 кГц.

Среднеквадратическое отклонение (СКО) единичных наблюдений для первого образца составило 2,94 пФ при среднем значении величины емкости 513,42 пФ, для второго образца – 3,33 пФ при среднем значении величины емкости 813,68 пФ. Полученные данные распреде-

ления погрешностей по интервалам, их частоты W_i , относительные частоты w_i и вероятности p_i попадания погрешностей в указанные интервалы для нормального распределения сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений

i	Δ_n , пФ	Δ_v , пФ	Образец 1			Образец 2		
			W_i	w_i	p_i	W_i	w_i	p_i
1	$-\infty$	-7	2	0,04	0,0085	1	0,02	0,0177
2	-7	-5	0	0,00	0,0357	4	0,08	0,0488
3	-5	-3	5	0,10	0,1091	4	0,08	0,1172
4	-3	-1	10	0,20	0,2133	9	0,18	0,1982
5	-1	1	15	0,30	0,2667	10	0,20	0,2362
6	1	3	10	0,20	0,2133	10	0,20	0,1982
7	3	5	7	0,14	0,1091	9	0,18	0,1172
8	5	7	1	0,02	0,0357	3	0,06	0,0488
9	7	$+\infty$	0	0,00	0,0085	0	0,00	0,0177

Соответствие полученных распределений погрешности нормальному закону проверено с помощью критерия Пирсона в соответствии с рекомендациями [3]. В обоих случаях гипотеза о нормальном распределении случайной погрешности была подтверждена. Гистограммы распределения погрешностей приведены на рисунке.

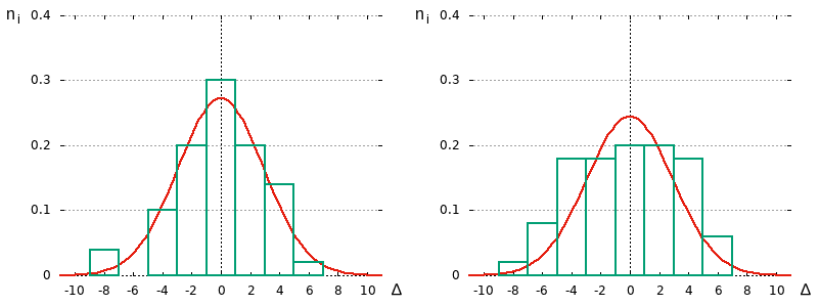


Рис. Гистограммы распределения погрешностей

Таким образом, поскольку случайная погрешность при измерении емкости кабеля имеет нормальное распределение, возможно оценить относительную величину погрешности в зависимости от числа наблю-

дений и найти оптимальное значение этого числа для косвенных измерений вторичных параметров кабеля.

Погрешности измерений емкости образцов при различных значениях числа наблюдений показаны в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Погрешности измерения первого образца

Число наблюдений, n	5	10	15	20	25
СКО результата измерений, пФ	1,313	0,928	0,758	0,656	0,587
Коэффициент Стьюдента	2,775	2,262	2,145	2,093	2,064
Абсолютная погрешность, пФ	3,645	2,100	1,626	1,374	1,212
Относительная погрешность, %	0,710	0,409	0,317	0,268	0,236

Таблица 3

Погрешности измерения второго образца

Число наблюдений, n	5	10	15	20	25
СКО результата измерений, пФ	1,489	1,053	0,859	0,744	0,666
Коэффициент Стьюдента	2,775	2,262	2,145	2,093	2,064
Абсолютная погрешность, пФ	4,133	2,381	1,843	1,558	1,374
Относительная погрешность, %	0,508	0,293	0,227	0,191	0,169

Полученные результаты показывают, что относительные значения случайной погрешности результата прямых измерений емкости с помощью векторного анализатора цепей не превышают одного процента уже при пяти наблюдениях. Для того чтобы исключить на практике влияние случайной погрешности на результат измерения, достаточно сделать до десяти отсчетов с последующим усреднением результата. При этом определяющий вклад в погрешность измерения будет вносить только основная погрешность векторного анализатора цепей.

Библиографический список

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: электрические цепи: учебник для вузов. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2023. – 831 с.

2. Векторный анализатор цепей nanoVNA [Электронный ресурс]. – URL: <https://nanovna.com/> (дата обращения: 10.11.2024).

3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.207-76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.

Сведения об авторах

Гурко Владимир Алексеевич – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vlgurko@gmail.com

Мугизов Тимур Ильгизович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-23-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: timu.mugizov@gmail.com

Суворова Софья Александровна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-23-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: sofya.suvorova.0605@bk.ru

Бородкин Федор Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-23-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: borodanefedor@mail.ru

В.А. Гурко, Ф.С. Бородин, С.А. Суворова, Т.И. Мугизов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ С ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ

В этой статье мы описали методику работы с векторным анализатором NanoVna. Векторный анализатор – это прибор, который позволяет определить различные параметры электрических цепей с помощью измерения влияния характеристик прибора на амплитуду и фазу тестовых сигналов с изменяемой частотой и мощностью.

Ключевые слова: векторный анализатор, линии передачи сигналов, погонная емкость и индуктивность, волновое сопротивление, коэффициент укорочения, коэффициент отражения, диаграмма Смита, скорость распространения сигнала.

V.A. Gurko, F.S. Borodkin, S.A. Suvorova, T.I. Mugizov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

MEASUREMENT OF LINE PARAMETERS USING A VECTOR CIRCUIT ANALYZER

In this article, we described the methodology of working with the NanoVNA vector analyzer. A vector analyzer is a device that allows you to determine various parameters of electrical circuits by measuring the effect of device characteristics on the amplitude and phase of test signals with variable frequency and power.

Keywords: vector analyzer, signal transmission lines, linear capacitance and inductance, wave resistance, shortening coefficient, bipolar, reflection coefficient, Smith diagram, signal propagation velocity.

В сложных электронных устройствах отдельные модули связаны между собой с помощью линий передачи сигналов. Если длина такой линии соизмерима с длиной волны электромагнитных колебаний, являющихся носителем информации, параметры переменных напряжений и токов в такой линии являются функциями не только времени, но и координаты точки, в которой выполняются измерения. Эти соотношения рассматриваются в теории длинных линий [1].

Основными параметрами линий являются погонная емкость C_0 и погонная индуктивность L_0 – значения емкости и индуктивности на единицу длины линии. Основные параметры зависят от размеров и взаимного расположения проводников.

Вторичными параметрами являются волновое сопротивление линии Z , описывающее зависимость тока и напряжения в линии, и коэффициент укорочения k , показывающий во сколько раз скорость распространения сигнала в линии v отличается от скорости света в вакууме c .

Вторичные параметры связаны с первичными. В линии связи без потерь волновое сопротивление

$$Z = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}},$$

а скорость передачи сигнала в линии

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}.$$

Значения волнового сопротивления и скорости передачи могут быть определены с помощью векторного анализатора электрических цепей. Векторные анализаторы позволяют непосредственно измерять S -параметры тестируемых устройств (DUT – device under test) путем измерения комплексных амплитуд падающих, отраженных и проходящих волн в широком диапазоне изменения частоты [2].

Основным S -параметром линии связи как двухполюсника является коэффициент отражения S_{11} . Параметр S_{11} зависит от соотношения внутреннего сопротивления источника сигнала z_0 и входного сопротивления цепи

$$S_{11} = \frac{z - z_0}{z_0 + z}.$$

Сопротивление источника является фиксированным значением, как правило, 50 Ом. Тогда коэффициент отражения можно выразить через приведенное сопротивление $z' = \frac{z}{z_0}$:

$$S_{11} = \frac{z' - 1}{1 + z'}.$$

Комплексный коэффициент отражения обычно отображается в полярных координатах и находится внутри окружности единичного радиу-

са. Отображение комплексного сопротивления z' на плоскость коэффициента отражения называется диаграммой комплексных сопротивлений (диаграммой Вольперта – Смита). Диаграмма Смита является одним из основных графиков, отображаемых векторным анализатором (рис. 1).

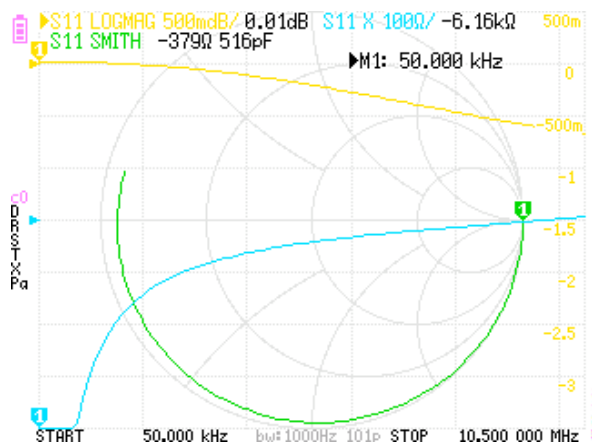


Рис. 1. Измерение емкости кабеля

На действительной оси диаграммы расположены три ключевые точки: в центре диаграммы сопротивление соответствует нормированному $z_0 = 50$ Ом, в правой точке действительной оси сопротивление равно бесконечности, а в левой точке сопротивление равно нулю. В нижней полуплоскости сопротивления имеют емкостный характер, а в верхней – индуктивный.

В нижней части частотного диапазона векторного анализатора (10...50 кГц) сопротивление разомкнутой линии имеет емкостный характер и близко к бесконечному. Это позволяет, зная длину линии, измерить погонную емкость C_0 непосредственно по величине реактивного сопротивления на диаграмме Смита.

Для измерения скорости распространения сигнала можно использовать явление образования стоячих волн в ненагруженной линии. В этом случае на конце линии падающая волна отражается в сторону источника сигнала, при этом напряжение на конце линии всегда равно амплитудному (наблюдается пучность напряжения), а ток равен нулю.

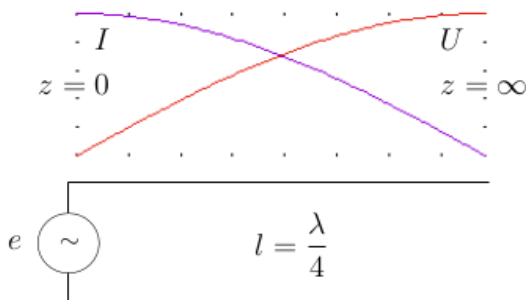


Рис. 2. Четвертьволновая линия

На расстоянии четверти длины волны от конца линии фазы напряжений и тока изменятся на 90 градусов, напряжение станет равно нулю, а ток будет максимальным (рис. 2). Входное сопротивление линии в этом случае становится равно нулю. Это происходит тогда, когда частота сигнала f на входе будет такой, чтобы длина линии l была равна четверти длины волны

$$f = \frac{v}{4l},$$

где v – скорость распространения сигнала в линии.

Линия связи в этом случае будет эквивалентна последовательному колебательному контуру (рис. 3).

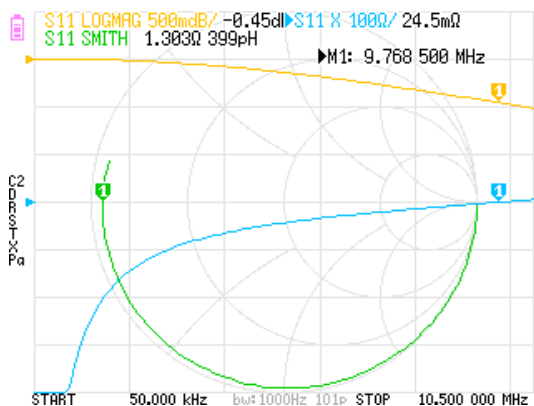


Рис. 3. Определение частоты резонанса

Из этого соотношения можно найти интересующую нас скорость распространения сигнала v . Волновое сопротивление линии будет равно

$$Z = \frac{1}{vC_0}.$$

Рассмотренные возможности векторного анализатора цепей позволяют предложить следующую методику определения параметров кабелей и линий связи.

1. Измерить физическую длину кабеля l .
2. Оценить требуемый диапазон частот для проведения эксперимента

$$f_{\text{макс}} = 0,7 \frac{c}{4l},$$

где l – длина кабеля, c – скорость света, 0,7 – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости распространения сигнала в кабеле.

3. Выполнить калибровку векторного анализатора цепей в найденном диапазоне частот по трем точкам (холостой ход, короткое замыкание и нормированная нагрузка 50 Ом).

4. Подключить кабель к выходному порту анализатора.

5. Оценить показание значения емкости C выходного порта на нижней частоте диапазона, установив указатель в начальную точку (точку холостого хода) диаграммы комплексных сопротивлений. Повторить эти измерения несколько раз, чтобы снизить влияние случайной погрешности. Определить величину погонной емкости

$$C_0 = \frac{c}{l}.$$

6. Определить частоту f , на которой сопротивление становится равным нулю. В левой части диаграммы установить указатель в точку пересечения с действительной осью сопротивлений. В этой точке емкостный характер сопротивления кабеля изменяется на индуктивный, т.е. реактивная часть сопротивления меняет знак. Эту точку легко найти, если на одном из графиков анализатора отобразить реактивное сопротивление (см. рис. 3).

7. По найденной частоте определить скорость сигнала в кабеле $v = 4lf$, коэффициент укорочения $k = v/c$ и значение волнового сопротивления

$$Z = \frac{1}{vC_0}.$$

В эксперименте, показанном на графиках, использован кабель RG-58 длиной 5 м. Значение погонной емкости (см. рис. 1) составляет 103 Ом/м. Частота последовательного резонанса в линии 9,7685 МГц (см. рис. 3). Скорость сигнала $195,37 \cdot 10^6$ м/с. Коэффициент укорочения 0,65. Волновое сопротивление кабеля 49,7 Ом. Полученные значения соответствуют паспортным значениям исследуемого кабеля.

Рекомендуемая методика может использоваться в практических целях, а также для построения лабораторной работы для студентов соответствующих специальностей.

Библиографический список

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: учебник для вузов. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2023. – 831 с.
2. Introduction to Network Analyzer Measurements: Fundamentals and Background» [Электронный ресурс]. – URL: http://download.ni.com/evaluation/rf/Introduction_to_Network_Analyzer_Measurements.pdf (дата обращения: 28.10.2024).

Сведения об авторах

Гурко Владимир Алексеевич – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vlgurko@gmail.com

Бородкин Фёдор Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-23-1б, Пермь, Российская Федерация, e-mail: borodanefedor@mail.ru

Суворова Софья Александровна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-23-1б, Пермь, Российская Федерация, e-mail: sofya.suvorova.0605@bk.ru

Мугизов Тимур Ильгизович – студент Пермского национально-исследовательского политехнического университета, гр. АТ-23-1б, Пермь, Российская Федерация, e-mail: timu.mugizov@gmail.com

Е.С. Трушкин, В.И. Фрейман

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
РЕСУРСОВ В ГИБРИДНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ
ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

В этой статье предлагается возможность построения математической модели адаптивного распределения ресурсов, которая оптимизирует распределение вычислительных задач между CPU и FPGA. Используя профилирование нагрузки в реальном времени, предложенный метод динамически изменяет распределение ресурсов для обеспечения оптимальной производительности и минимизации энергопотребления. Эта модель учитывает те аспекты, которые были не полностью предусмотрены в уже существующих моделях и методах распределения ресурсов. В статье также показан сравнительный анализ эффективности предложенного метода и статической модели распределения.

Ключевые слова: вычислительная система, методы распределения, модель, FPGA, CPU, гибридные модели, динамическая нагрузка.

E.S. Trushkin, V.I. Freyman

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**ADAPTIVE RESOURCE ALLOCATION MODEL
IN HYBRID COMPUTING SYSTEMS
FOR TELECOMMUNICATION EQUIPMENT**

This article suggests the possibility of constructing a mathematical model of adaptive resource allocation that optimizes the distribution of computing tasks between the CPU and FPGA. Using real-time load profiling, the proposed method dynamically changes the allocation of resources to ensure optimal performance and minimize energy consumption. This model takes into account those aspects that were not fully provided for in existing models and methods of resource allocation. The article also shows a comparative analysis of the effectiveness of the proposed method and the static distribution model.

Keywords: computing system, distribution methods, model, FPGA, CPU, hybrid models, dynamic load.

В современной науке основным направлением по развитию высокопроизводительных вычислительных систем является архитектура гибридных систем. Гибридная вычислительная система – это параллельная вычислительная система, в которой, наряду с универсальными процессорами, используются различные типы ускорителей, или сопроцессоров, обладающих нестандартной архитектурой (векторной, мультитредовой, реконфигурируемой под конкретную задачу и т.п.) [1, 2]. В рамках данной статьи мы рассмотрим проблему гибридных систем на базе CPU и FPGA (ПЛИС). CPU отлично справляются с общими вычислениями, а FPGA обеспечивают высокую производительность и энергоэффективность для специализированных задач за счет аппаратного параллелизма. Однако для эффективной работы таких систем критически важно грамотно распределять ресурсы, особенно в условиях динамичных нагрузок и высоких затрат на реконфигурацию FPGA.

Цель работы. Разработка и теоретическое обоснование нового метода адаптивного распределения ресурсов в гибридных вычислительных системах.

Объект исследования – гибридные вычислительные системы CPU-FPGA.

Предмет исследования – производительность и энергоэффективность гибридных вычислительных систем.

Задачи статьи:

- разработать математическую модель для адаптивного распределения ресурсов в гибридных системах;
- предложить предсказательный алгоритм планирования, который обеспечивает минимальные затраты на реконфигурацию fpga;
- провести оценку эффективности предложенного метода с помощью моделирования и теоретического анализа.

FPGA обеспечивают возможность аппаратной реконфигурации, что позволяет системам адаптироваться к изменяющимся нагрузкам. Однако высокое время реконфигурации и фрагментация ресурсов создают значительные трудности. Зачастую используют статическое распределение ресурсов, которое не всегда учитывает эти аспекты в полной мере. Новая модель же учитывает динамичность нагрузки и добавляет предсказательный компонент.

Для построения предложенной модели опишем способ взаимодействия элементов системы. В данной системе CPU одновременно с выполнением вычислений занимается арбитражем задач. Он может оставить задачу для собственной обработки или отправить её для вычисления на ускоритель FPGA.

Предложенная модель адаптивного распределения ресурсов включает три основных компонента:

- профилирование рабочей нагрузки в реальном времени;
- предсказательный алгоритм планирования;
- динамическое разделение ресурсов с минимизацией затрат на реконфигурацию.

Обозначим множество вычислительных задач как $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, где каждая задача t_i характеризуется:

- сложностью вычислений: λ_i , количество операций;
- объемом данных: δ_i , байт;
- приоритетом выполнения: π_i .

Профиль рабочей нагрузки в момент времени t определяется формулой:

$$W(t) = \{(\lambda_i, \delta_i, \pi_i)\}_{i=1}^n. \quad (1)$$

Профиль рабочей нагрузки – это описание характеристик задач, которые выполняются в вычислительной системе. Он нужен для определения наиболее подходящих ресурсов для выполнения конкретной задачи (например, использовать CPU или FPGA). Профиль нагрузки позволяет адаптировать систему под конкретные задачи, оптимизируя время выполнения, энергопотребление и производительность.

В рамках данной статьи профиль нагрузки учитываться не будет для упрощения модели. Однако он критически необходим для прогнозирования в моделях, приближенных к реальным.

Целевая функция планирования описывается формулой:

$$C = \sum_{i=1}^n [\alpha \cdot Time_{norm}(t_i) + \beta \cdot Energy_{norm}(t_i)]. \quad (2)$$

Алгоритм минимизирует функцию стоимости C , которая учитывает время выполнения и энергопотребление.

$$Time_{norm}(t_i) = \frac{T_i}{T_{max}}, \quad Energy_{norm}(t_i) = \frac{E_i}{E_{max}}.$$

Система динамически распределяет задачи между CPU и FPGA на основе результатов планировщика. Пусть CFPGA и CСРU – результат расчета целевой функции для i -й задачи, которая может быть выполнена на FPGA и CPU соответственно. Таким образом, CPU выбирает ресурс с минимальным значением целевой функции. Если CFPGA < CСРU, то задача передаётся на FPGA.

Упрощенная математическая модель. В этом разделе будет описана модель в первом её приближении, однако планируется увеличить её точность в дальнейших научных работах по этой теме.

Описание сценария. Так как FPGA и CPU – два принципиально разных вычислительных ресурса, нужно определить их характеристики для расчетной модели. FPGA обычно обеспечивает более высокую производительность на операцию, но требует времени на перенастройку. CPU универсален, но менее эффективен для массовых вычислений.

Характеристики системы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики системы

Элемент	Вычислительная мощность (R , операций/с)	Энергозатраты (E , единиц/операцию)	Реконфигурация (τ , с)
FPGA	$4 \cdot 10^6$	0,4	0,3
CPU	$1,5 \cdot 10^6$	1	–

Также для повышения точности вычислений необходимо учесть общий канал памяти, так как он добавляет задержки вычислений. Обозначим его пропускную способность $B = 50$ МБ/с (табл. 2).

Таблица 2

Задачи для распределения

Задача	Сложность вычислений (λ , количество операций)	Объем данных (δ , МБ)	Коэффициент приоритета
t_1	$2 \cdot 10^6$	50	2
t_2	$3 \cdot 10^6$	100	1
t_3	$1,5 \cdot 10^6$	20	3

Статическое распределение. В статическом распределении задачи назначаются на этапе инициализации системы без учета изменения условий или приоритетов: t_1, t_3 – CPU; t_2 – FPGA.

Расчет времени выполнения:

Время передачи данных определяется формулой (3).

$$T_{di} = \frac{\delta_i}{B}. \quad (3)$$

Время выполнения каждой задачи определяется формулой (4).

$$T_{t_i} = \frac{\lambda_i}{R_{CPU/FPGA}} + T_{di} + \tau. \quad (4)$$

$$t_1 (CPU): T_{t_1} = \frac{\lambda_1}{R_{CPU}} + T_{d1} = \frac{2 \cdot 10^6}{1,5 \cdot 10^6} + \frac{50}{50} = 1,33 + 1 = 2,33.$$

$$t_2 (FPGA): T_{t_2} = \frac{\lambda_2}{R_{FPGA}} + T_{d2} + \tau = \frac{3 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} + \frac{100}{50} + 0,3 = \\ = 0,75 + 2 + 0,3 = 3,05.$$

$$t_3 (CPU): T_{t_3} = \frac{\lambda_3}{R_{CPU}} + T_{d3} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{1,5 \cdot 10^6} + \frac{20}{50} = 1 + 0,4 = 1,4.$$

Расчет энергозатрат:

Энергозатраты на расчет задачи определяются по формуле (5).

$$E_{t_i} = \lambda_i \cdot E_{CPU/FPGA}. \quad (5)$$

$$E_{t_1} = \lambda_1 \cdot E_{CPU} = 2 \cdot 10^6 \cdot 1 = 2 \cdot 10^6 \text{ ед.}$$

$$E_{t_2} = \lambda_2 \cdot E_{FPGA} = 3 \cdot 10^6 \cdot 0,4 = 1,2 \cdot 10^6 \text{ ед.}$$

$$E_{t_3} = \lambda_3 \cdot E_{CPU} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 1 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ ед.}$$

Предсказательное распределение. В данном случае задачи назначаются динамически на основе прогнозов и приоритетов. Прогноз показывает, что наиболее приоритетные задачи должны использовать FPGA для более быстрого выполнения: t_1, t_3 – FPGA; t_2 – CPU.

Расчет времени выполнения:

$$t_1 (FPGA): T_{t_1} = \frac{\lambda_1}{R_{FPGA}} + T_{d1} + \tau = \frac{2 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} + \frac{50}{50} + 0,3 = \\ = 0,5 + 1 + 0,3 = 1,8.$$

$$t_2 (CPU): T_{t_2} = \frac{\lambda_2}{R_{CPU}} + T_{d2} = \frac{3 \cdot 10^6}{1,5 \cdot 10^6} + \frac{100}{50} = 2 + 2 = 4.$$

$$t_3 (FPGA): T_{t_3} = \frac{\lambda_3}{R_{FPGA}} + T_{d3} + \tau = \frac{1,5 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} + \frac{20}{50} + 0,3 = \\ = 0,375 + 0,4 + 0,3 = 1,075.$$

Расчет энергозатрат:

$$E_{t_1} = \lambda_1 \cdot E_{FPGA} = 2 \cdot 10^6 \cdot 0,4 = 0,8 \cdot 10^6 \text{ ед.}$$

$$E_{t_2} = \lambda_2 \cdot E_{CPU} = 3 \cdot 10^6 \cdot 1 = 3 \cdot 10^6 \text{ ед.}$$

$$E_{t_3} = \lambda_3 \cdot E_{FPGA} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,4 = 0,6 \cdot 10^6 \text{ ед.}$$

Сопоставление результатов. Результаты, представленные в табл. 3, показывают, что использование предсказательного распределения позволяет более эффективно использовать ресурсы вычислительной системы в условиях высокой динамики нагрузки и приоритетов.

Таблица 3

Результаты расчета

Метрика	Статическое распределение	Предсказательное распределение	Изменение, %
Время выполнения t_1 , с	2,33	1,8	-22,75
Время выполнения t_2 , с	3,05	4	+31Ю15
Время выполнения t_3 , с	1,4	1,075	-23,21
Общее время выполнения, с	6,78	6,875	+1,4
Общее энергопотребление, ед.	$4,7 \cdot 10^6$	$4,4 \cdot 10^6$	-6,38

Заключение. Предсказательное распределение позволяет уменьшить общее время выполнения задач, но в данном сценарии общее время увеличилось из-за того, что менее приоритетная задача была перенаправлена на менее производительный элемент. Это иллюстрирует важность правильного выбора критериев.

Предложенный метод обеспечивает снижение энергозатрат на 6,38 % по сравнению со статическим методом распределения.

Учитывая приоритеты и текущее состояние, предсказательное распределение показывает большую гибкость, позволяя минимизировать время выполнения более приоритетных задач.

Таким образом, предложенный метод предсказательного распределения ресурсов является перспективным решением для гибридных вычислительных систем, особенно в сценариях, где требуется балансировать производительность, энергопотребление и приоритеты. В будущем планируется улучшить модель для более точного расчета,

приближенного к реальному оборудованию. Также можно предложить внедрение более сложных моделей прогнозирования на основе нейросетей для повышения точности распределения.

Библиографический список

1. Давыдов А.А. Численное моделирование задач газовой динамики на гибридных вычислительных системах: автореферат. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2012. – 25 с.

2. Modular dynamic reconfiguration in Virtex FPGAs / P. Sedcole, B. Blodget, T. Becker, J. Anderson, P. Lysaght // IEE Proceedings of Computers and Digital Techniques. – May 2006. – Vol. 153, iss. 3. – P. 157–164.

Сведения об авторах

Трушкин Егор Сергеевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: egor.s.trushkin@gmail.com

Фрейман Владимир Исаакович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vfrey@mail.ru

В.А. Фёдоров, А.М. Бочкарев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТЕГРАЦИИ V2RAY
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ
VPN-СОЕДИНЕНИЙ: АНАЛИЗ OPENVPN,
WIREGUARD И IKEV2/IPSEC**

В настоящее время использование технологии V2Ray совместно с протоколами OpenVPN, WireGuard и IKEv2/IPsec открывает новые возможности для обеспечения стабильных и безопасных сетевых соединений. Такая интеграция позволяет повысить надежность и конфиденциальность передачи данных в корпоративных и индивидуальных сетевых системах. В статье приводится анализ результатов тестирования, направленного на выявление зависимости производительности работы VPN-протоколов при интеграции с V2Ray. Это позволило определить особенности работы протокола в сочетании с V2Ray, а также выявить возможные побочные эффекты, влияющие на производительность и надежность соединения в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: протокол, виртуальная частная сеть (VPN), VPN-протоколы, технология V2Ray, производительность и стабильность vpn-соединений.

V.A. Fedorov, A.M. Bochkarev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**INVESTIGATING THE IMPACT OF V2RAY INTEGRATION
ON THE PERFORMANCE AND STABILITY OF VPN CONNECTIONS:
ANALYZING OPENVPN, WIREGUARD AND IKEV2/IPSEC**

Nowadays, the use of V2Ray technology together with OpenVPN, WireGuard and IKEv2/IPsec protocols opens up new opportunities for providing stable and secure network connections. Such integration allows to increase reliability and confidentiality of data transmission in corporate and individual network systems. The article analyzes the results of testing aimed at revealing the performance dependence of VPN protocols when integrated with V2Ray. This allowed to determine the peculiarities of the protocol operation in combination with V2Ray, as well as to identify possible side effects affecting the performance and reliability of the connection in different operating conditions.

Keywords: protocol, virtual private network (VPN), VPN protocols, V2Ray technology, vpn connection performance and stability.

Технология V2Ray представляет собой мощное решение для создания стабильных и безопасных соединений, поскольку она эффективно маскирует VPN-трафик, превращая его в обычный веб-трафик. Это делает трафик почти невидимым для программ и систем, занимающихся анализом и отслеживанием сетевого потока. Интеграция V2Ray с такими широко используемыми и надёжными VPN-протоколами, как OpenVPN, WireGuard и IKEv2/IPsec, открывает новые горизонты для обеспечения стабильного, защищённого и высокоскоростного подключения к Интернету [1–6].

Использование таких решений приобретает особую актуальность в условиях глобальных сетевых инфраструктур, где постоянное и надёжное соединение является ключевым для обеспечения бесперебойной работы бизнеса и оперативного доступа к критически важным корпоративным ресурсам. Такие технологии, как V2Ray, позволяют поддерживать устойчивую связь даже в условиях нестабильных сетевых условий, минимизируя потери производительности и защищая данные от перехвата и несанкционированного доступа.

Применение V2Ray в сочетании с различными VPN-протоколами даёт возможность создавать высокоэффективные и безопасные сетевые решения, которые подходят для самых разнообразных задач. Эти решения могут быть востребованы как в корпоративной среде, где требуется высокий уровень защиты информации и конфиденциальности, так и для индивидуальных пользователей, стремящихся к максимальной безопасности в интернет-соединениях.

Описание используемых протоколов. OpenVPN, WireGuard и IKEv2/IPsec. Каждый из этих протоколов обладает уникальными характеристиками, что делает их эффективными для различных сценариев использования:

- OpenVPN – надёжный и универсальный VPN-протокол, известный своей безопасностью благодаря использованию алгоритма AES-256 и поддержке TCP/UDP. Он предоставляет гибкие возможности настройки, что делает его подходящим для сложных корпоративных сетей;

- WireGuard – современный протокол, отличающийся простотой и высокой производительностью. Использует новейшие алгоритмы шифрования, такие как Curve25519, обеспечивая быструю и надёжную передачу данных при минимальной нагрузке на ресурсы;

– _IKEv2/IPsec — протокол, выделяющийся устойчивостью соединения, особенно при смене сетей. Быстрое установление туннелей делают его идеальным для мобильных устройств и стабильных подключений.

Выбор этих протоколов обусловлен их эффективностью и возможностью удовлетворить различные требования к безопасности и производительности.

Анализ результатов. В рамках тестирования были рассмотрены следующие параметры:

- производительность – измерение скорости передачи данных;
- стабильность – анализ стабильности соединения при длительной работе.

Методика тестирования включала:

- тестирование производительности и скорости передачи данных: измерение скорости передачи данных через настроенный VPN-сервер, интегрированный с V2Ray, с использованием инструментов для измерения сетевой производительности, таких как `iperf3` и `speedtest-cli`. Эти инструменты позволяли оценить скорость загрузки и выгрузки данных. Замеры проводились в различных сетевых условиях: при низкой и высокой нагрузке, а также в разные временные интервалы для оценки стабильности скорости;

- анализ задержек (пинга): измерение задержек (ping) между клиентом и сервером для оценки влияния V2Ray на время отклика сети. Пинг тестировался как в обычных условиях, так и при активном использовании трафика, чтобы определить степень увеличения задержки под нагрузкой;

- стабильности соединения: была проверена стабильность соединения при длительном использовании с целью выявления разрывов или деградации качества связи.

В рамках данного исследования было проведено два типа тестирований VPN-протоколов с целью оценки их производительности и стабильности при различных условиях работы: без использования V2Ray и с интеграцией V2Ray.

Первый набор тестов позволил оценить базовые характеристики каждого протокола, такие как скорость передачи данных, задержки и потери пакетов, без дополнительных слоёв защиты и маршрутизации.

Во втором наборе тестов была рассмотрена интеграция V2Ray, которая добавляет дополнительный уровень безопасности и маскировки трафика, что повлияло на производительность и стабильность соединения.

На рис. 1 представлен график результатов тестирования средней скорости загрузки и выгрузки соединений через VPN-протоколы как с интеграцией V2Ray, так и без него.

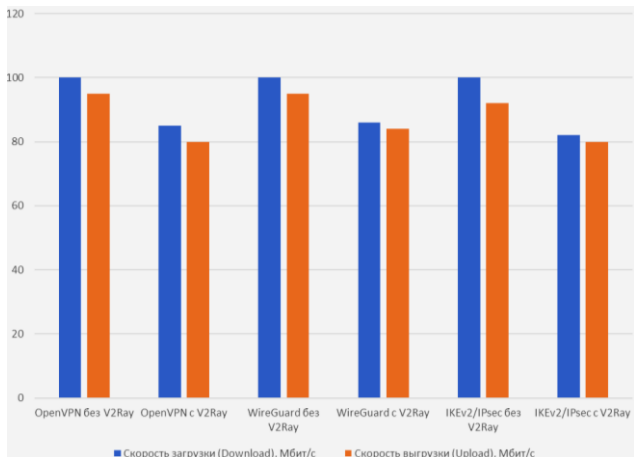


Рис. 1. График средней скорости соединения

Согласно представленным на графике данным, видно, что использование V2Ray оказывает значительное влияние на скорость интернет-соединения. В среднем при подключении V2Ray скорость передачи данных падает на 13 % по сравнению с работой без него. Это снижение обусловлено дополнительной обработкой трафика, шифрованием и маршрутизацией данных через V2Ray, что увеличивает нагрузку на сеть.

На рис. 2 представлены графики результатов тестирования скорости загрузки при зависимости нагрузки на туннель связи соединений через VPN-протоколы как с интеграцией V2Ray, так и без него. На представленных графиках, которые иллюстрируют зависимость скорости загрузки и выгрузки от уровня нагрузки на туннель связи при использовании различных VPN-протоколов, можно четко наблюдать, как интеграция с V2Ray влияет на общую производительность. В условиях

увеличения нагрузки на сеть все протоколы демонстрируют тенденцию к снижению скорости передачи данных как при использовании V2Ray, так и без его использования. Однако при интеграции V2Ray это снижение скорости становится более выраженным, что указывает на дополнительную нагрузку, которую создаёт дополнительная обработка трафика через V2Ray. Это может быть связано с тем, что V2Ray добавляет дополнительные шаги шифрования и маршрутизации, что увеличивает время обработки каждого пакета данных и, как следствие, снижает общую скорость передачи данных.

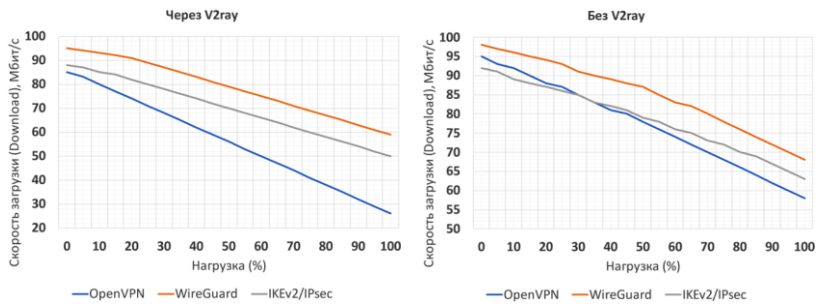


Рис. 2. Графики средней скорости соединения при изменениях нагрузки

На рис. 3 представлены графики результатов тестирования задержки (пинг) при зависимости нагрузки на туннель связи соединений через VPN-протоколы как с интеграцией V2Ray, так и без него.

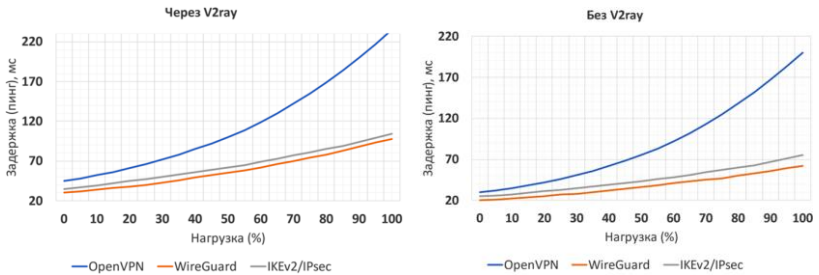


Рис. 3 Графики задержки при изменениях нагрузки

На представленных графиках, отображающих результаты тестирования задержки (пинга) в зависимости от нагрузки на туннель связи через различные VPN-протоколы, можно наблюдать явную зависи-

мость увеличения задержки с ростом нагрузки. Все протестированные протоколы демонстрируют увеличение времени отклика как при использовании V2Ray, так и без его интеграции. Однако при подключении V2Ray увеличение задержки становится более заметным, что указывает на дополнительное время, необходимое для обработки и маршрутизации трафика через V2Ray. Это обусловлено дополнительными вычислениями, связанными с шифрованием и маршрутизацией данных, что приводит к увеличению общего времени отклика.

На рис. 4 представлены графики результатов тестирования потери пакетов при продолжительном соединении связи продолжительностью 24 ч через VPN-протоколы как с интеграцией V2Ray, так и без него.

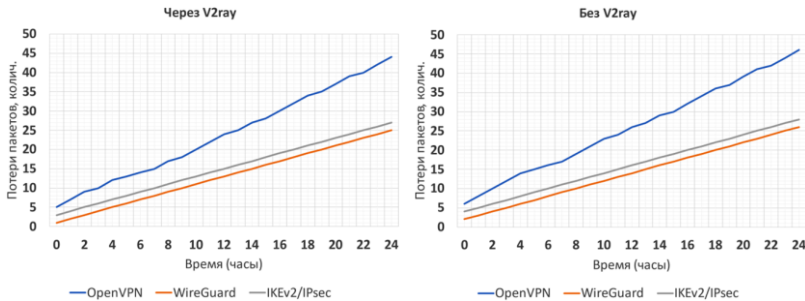


Рис. 4. Графики потери пакетов при изменениях нагрузки

По результатам тестирования потери пакетов при продолжительном соединении в течение 24 ч через различные VPN-протоколы интеграция V2Ray не привела к заметному увеличению количества потерянных пакетов. Небольшое повышение потерь, которое наблюдается при использовании V2Ray, можно скорее интерпретировать как погрешность измерений, чем как значительное ухудшение производительности. В целом соединения оставались достаточно стабильными, что свидетельствует о минимальном влиянии V2Ray на потери пакетов в условиях продолжительной работы.

Заключение. Целью тестирования было выявить, как подключение V2Ray влияет на работу таких популярных VPN-протоколов, как OpenVPN, WireGuard и IKEv2/IPsec, а также оценить возможные потери в производительности и стабильности при добавлении дополнительного уровня шифрования и маршрутизации трафика. В ходе тестов было про-

анализировано несколько ключевых показателей, включая скорость передачи данных, задержку (пинг), стабильность соединения и потери пакетов. Ожидается, интеграция V2Ray увеличила нагрузку на систему, что привело к небольшому снижению скорости и увеличению задержки, однако изменения в производительности не были критичными. В целом подключение V2Ray обеспечило значительное улучшение безопасности и конфиденциальности, при этом сохранялась высокая стабильность соединений и минимальные потери пакетов, что подтверждает эффективность данного решения в обеспечении защищённости трафика без существенного ущерба для производительности.

Библиографический список

1. Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2022. – 1008 с.
2. Транебаум Э. Компьютерные сети. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 992 с.
3. Смирнова П.В. Сетевые технологии и средства мультисервисных сетей. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 304 с.
4. Запечников С.В. Основы построения виртуальных частных сетей. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2011. – 248 с.
5. Росляков А.В. Виртуальные частные сети. Основы построения и применения – М.: Эко-Трендз, 2006. – 304 с.
6. Браун С. Виртуальные частные сети – М.: Лори, 2001. – 508 с.

Сведения об авторах

Фёдоров Виталий Андреевич – студент Пермского национально-го исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: fed.vit@mail.ru

Бочкарев Алексей Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: albo-73@mail.ru

Ю.М. Букирева, А.И. Тур

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ ТРАНЗАКЦИЙ В АНТИФРОД-СИСТЕМЕ

Сегодня важность проблем безопасности информации в автоматизированных банковских системах становится все более актуальной из-за роста популярности новых платежных технологий. Однако, наряду с плюсами, данная тенденция также способствует увеличению активности мошенников. В научной статье был проведен анализ статистики мошенничества в банковской сфере. Для предотвращения и сокращения количества мошеннических операций предлагается использовать модель антифрод-системы, основанную на байесовском классификаторе. Предложенный алгоритм обладает высокой точностью и надежностью в выявлении мошенничества.

Ключевые слова: банк, антифрод-система, фрод-мониторинг, мошенничество, транзакции, операции, клиент, классификатор, вероятность, признак.

Yu.M. Bukireva, A.I. Tur

Perm National Research Polytechnic University, Perm

A LEARNING MODEL FOR FILTERING TRANSACTIONS IN AN ANTI-FRAUD SYSTEM

Today, the importance of information security issues in automated banking systems is becoming increasingly relevant due to the growing popularity of new payment technologies. However, along with the advantages, this trend also contributes to an increase in the activity of scammers. The scientific article analyzed the statistics of fraud in the banking sector. To prevent and reduce the number of fraudulent transactions, it is proposed to use an anti-fraud system model based on the Bayesian classifier. The proposed algorithm has high accuracy and reliability in detecting fraud.

Keywords: bank, anti-fraud system, fraud monitoring, fraud, transactions, operations, client, classifier, probability, feature.

Банки в России играют ключевую роль в экономике, выполняя функцию расчетов и обеспечивая безопасность денежных операций. Важным аспектом деятельности банков является защита информации клиентов, так как любое нарушение может негативно отразиться на

репутации и финансовом положении учреждения. Для соблюдения стандартов и требований регулятора банки должны улучшать свои методы защиты информации и применять новейшие технологии безопасности. Эффективное противодействие мошенничеству требует постоянного совершенствования систем мониторинга и обнаружения аномалий в финансовых операциях.

Финансовые преступники постоянно совершенствуют свои методы и технологии, чтобы обойти защитные механизмы банков. Возрастание уровня финансового мошенничества представляет серьезную проблему как для клиентов, так и для самого банковского сектора. Для борьбы с этой угрозой необходимо вести постоянный мониторинг и анализ действий злоумышленников. Статистика Банка России за первый квартал 2024 г. свидетельствует о необходимости усилить борьбу с финансовым мошенничеством и защитить интересы клиентов. Внедрение инновационных технологий и повышение квалификации сотрудников помогут усилить безопасность банковских операций и предотвратить утечку конфиденциальных данных.

В I квартале 2024 г. количество мошеннических операций увеличилось на 16,8 % по сравнению с I кварталом 2023 г. (с 252 111 до 294 414 ед.) [1]. В I квартале 2024 г. через систему быстрых платежей (СБП) у граждан Российской Федерации украли 1,13 млрд руб., что в 2 раза превысило показатель, рассчитанный за январь – март 2023 г. (552,5 млн руб.). Количество операций без согласия клиентов увеличилось более чем в 3 раза [1]. Больше всего мошеннических транзакций было совершено по банковским картам: 1,9 млрд руб. против 1,3 млрд руб. в I квартале 2023 г. (объем вырос более чем на 40 %) [1]. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистика об инцидентах информационной безопасности Банка России

Карты		
	I квартал 2023 г.	I квартал 2024 г.
Количество операций без согласия клиентов, ед.	196 575	237 207
Объем операций без согласия клиентов, тыс. руб.	1 363 735,83	1 918 855,52

Для предотвращения мошеннических действий и защиты конфиденциальной информации клиентов банки применяют специальные программные комплексы – антифрод-системы. Постоянное совершенствование средств фрод-мониторинга является обязательным условием для повышения уровня безопасности банковских систем в условиях постоянно изменяющихся схем мошенничества.

Основные принципы всех антифрод-систем включают в себя отслеживание действий клиента, автоматизированную проверку транзакций, оценку риска мошенничества, управление пользователями и хранение истории клиента. При обнаружении подозрительной активности система оповещает фрод-аналитика, который принимает меры, основываясь на оценке действия и истории клиента.

В банковской сфере используется трехуровневая модель проверок, включающая глобальные фильтры, простые эвристики и ядро классификатора.

Логическая модель системы представлена ниже на рисунке.



Рис. Схема проверки транзакции антифрод-системой

Основная работа приходится на заключительный этап анализа. Вот почему важно правильно выбрать алгоритм, на основе которого будет организована данная стадия классификации. Сегодня алгоритмы

машинного обучения считаются передовым методом классификации. Этот подход позволяет настраивать модель на обучающей выборке и применять ее для классификации новых данных.

Однако возникают проблемы при долгосрочном использовании. Одним из основных недостатков такого подхода является негибкость к изменениям. В случае появления нового критерия оценки это может привести к потере точности классификации.

Одним из альтернативных решений таких проблем может быть использование вероятностной классификации.

В работе планируется рассмотрение антифрод-системы, работающей на принципе применения байесовского классификатора. В его основе лежит применение одноименной теоремы Байеса с условием независимости событий, по формуле которого необходимо определить вероятность фрода [2]:

$$P(c|t) = \frac{P(t|c) \cdot P(c)}{P(t)}, \quad (1)$$

где $P(c|t)$ – вероятность, что транзакция t принадлежит к классу безопасности c (является фродом); $P(t|c)$ – вероятность встретить транзакцию t среди класса c ; $P(c)$ – безусловная вероятность транзакции класса c ; $P(t)$ – безусловная вероятность транзакции t среди других.

Несмотря на простоту данного алгоритма, он дает достоверные результаты при классификации по независимым признакам и считается эталоном для подобных методов.

Преимуществом этого подхода также являются минимальные вычислительные затраты и небольшие объемы данных, необходимые для обучения системы, оценки параметров и их анализа.

Ниже рассмотрена работа этого подхода. Для начала необходимо определить тестовую выборку, где будут представлены данные по транзакциям, каждая из которых включает в себя следующие признаки (табл. 2).

Для дальнейшего рассмотрения в качестве примера предлагается взять данные по 5 признакам и частоту, с которой они сталкиваются в мошеннических и правомерных транзакциях (табл. 3, 4).

Таблица 2

Признаки для анализа классификатором

№ п/п	Признак для анализа транзакции
1	Присутствие IP-адреса в черном списке
2	Смена пароля у клиента
3	Появление платежа в пользу нового получателя для данного счета отправителя
4	Присутствие банка получателя в черном списке
5	Подозрительные фразы в назначении платежа
6	Быстрая смена IP-адреса
7	Присутствие устройства плательщика в черном списке
8	Замена ИНН
9	Несколько неудачных попыток ввода пароля при входе в систему
10	Появление платежа на счет получателя с суммой выше предельной
11	Появление ошибочных платежей
12	Снижение предельного остатка на счете
13	Появление запросов выписки
14	Смена типового времени получения платежа
15	Превышение суточной суммы платежей за период
16	Превышение суточного количества платежей за период
17	Подозрительные ФИО получателя
18	Название получателя находится в справочнике террористов
19	Имя получателя находится в справочнике террористов
20	Имя отправителя находится в справочнике террористов
21	Слишком малое время между формированием платежа и его отправкой
22	Осуществление нетипичной для клиента трансграничной транзакции
23	Более 5 транзакций в минуту
24	Смена оборудования
25	4 и более устройств авторизации
26	Более 10% стран совершения платежа не соответствуют стране регистрации
27	Более 5 попыток пополнения баланса средств клиента сверх установленного лимита
28	Более 20% неодобренных заявок на вывод средств
29	Более 1 случая фиксирования подозрения на фрод в истории клиента
30	Имя получателя находится в списках ФинЦЕРТ
31	Паспорт получателя находится в списках ФинЦЕРТ
32	СНИЛС получателя находится в списках ФинЦЕРТ
33	Кошелек получателя находится в списках ФинЦЕРТ
34	Номер телефона получателя находится в списках ФинЦЕРТ
35	IP-адрес получателя находится в списках ФинЦЕРТ
36	Факт использования прокси-сервиса (на основании IP-адреса)

Таблица 3

Статистика транзакций по классам

№ признака	Количество фрода	Количество безопасных транзакций
2	407	153
5	1644	686
6	4532	3984
7	804	1095
15	5351	756

Таблица 4

Суммарная статистика признаков и количества транзакций по классам

Параметр	Фрод	Не фрод
Количество транзакций с признаками	137566	89439
Суммарное количество признаков	12738	6674

Далее необходимо разобрать случай классификации транзакции. Для расчета возьмем операцию, у которой, например, есть признаки № 2, 6 и 15 для классов «фрод» (f) и «не фрод» ($\bar{f}$):

$$f = \log \frac{137566}{137566+89439} + \log \frac{407+407}{5 \cdot 407+12738} + \log \frac{4532+407}{5 \cdot 407+12738} + \log \frac{5331+407}{5 \cdot 407+12738} = -2,36; \quad (2)$$

$$\bar{f} = \log \frac{89439}{137566+89439} + \log \frac{153+153}{5 \cdot 153+6674} + \log \frac{3984+153}{5 \cdot 153+6674} + \log \frac{756+153}{5 \cdot 153+6674} = -3,25. \quad (3)$$

Так как $f > \bar{f}$, такая транзакция будет классифицирована как фрод. После того как транзакция помечается небезопасной, клиент автоматически попадает на проверку фрод-аналитиком в ручном режиме.

На этом этапе портрет клиента оценивается в соответствии с определенными критериями. Ниже приведен пример анализа карточки транзакций клиента (табл. 5).

Таблица 5

Критерии и величины оценок

Критерии оценки	Величина оценки
Присутствие получателя в клиентском белом списке	+5
Приобретение клиентом услуги страхования счетов и вкладов	+20
Стандартное время проведения транзакции	+10
Неуспешная транзакция	-5
Быстрая смена региона отправки платежа	-15
Транзакция отмечена как фрод	-30

Фрод-аналитик, заходя на карточку транзакции клиента, видит ее текущую оценку. Очевидно, что клиент подозрительный: пресечена попытка мошеннической транзакции согласно приведенной оценке.

В результате система правильно определила мошенническую транзакцию, отклонила операцию и снизила оценку клиента.

Так как класс транзакции определяется путем простого сравнения оценок и выбора наивысшей, это значение не полностью отражает точность классификации. Например, если установить ограничение на значение в 65 %, транзакции, у которых вероятность мошенничества превышает это значение, следует считать неправомерными.

Для этого необходимо из логарифмических оценок сформировать вероятностное пространство, т.е. избавиться от логарифмов и нормировать сумму по единице:

$$\frac{e^{-2,36}}{e^{-2,36} + e^{-3,25}} \approx 0,7, \quad (4)$$

или 70 %. В нашем случае порог был бы преодолен и транзакция стала бы считаться за мошенническую.

Точно неизвестно, с какими проблемами сталкивается наивный байесовский классификатор, существуют ли более точные алгоритмы для проверки классификации по имеющимся данным. Однако на тестовой выборке этот метод показывает отличные результаты и может быть применен для решения подобных задач.

После обнаружения признаков мошенничества в процессе проверки и обработки транзакции общая оценка клиента в системе может быть изменена. В таких случаях клиент банка будет поставлен в очередь для дополнительной проверки фрод-аналитиком.

Разработанная модель системы фрод-мониторинга позволяет обнаруживать и приостанавливать мошеннические действия на первоначальном этапе, а затем – блокировать дальнейшие действия клиента.

Из-за того что большинство параметров практически независимы, лучше всего использовать байесовский классификатор. Результаты исследований показывают преимущество этой модели, а ее относительная простота в реализации и низкие затраты на вычисления являются важными критериями для использования в качестве основного алгоритма фрод-мониторинга.

Библиографический список

1. Сайт Центрального Банка РФ [Электронный ресурс]. – URL: cbr.ru (дата обращения: 20.09.2024).
2. Палий И.А. Теория вероятностей: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 578 с.

Сведения об авторах

Букирева Юлия Михайловна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: yulia.bukireva@yandex.ru

Тур Александр Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tur.aleksandr93@mail.ru

А.В. Цыплякова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ИССЛЕДОВАНИЕ АСПЕКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ
РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ
КАНАЛОВ В WDM-СИСТЕМЕ**

В этой статье рассматриваются моделирование и анализ схемы резервирования оптических каналов в системах WDM, которые являются основой современных информационно-коммуникационных сетей благодаря их высокой пропускной способности и большому объёму передачи данных. Исследование посвящено интеграции оптических компонентов в среде САПР OptiSystem для повышения надёжности и устойчивости к сбоям и ухудшению качества сигнала.

Ключевые слова: WDM-система, резервирование, оптические каналы, коэффициент ошибок (BER), оптические компоненты.

A.V. Tsyplyakova

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**RESEARCH ON ASPECTS OF OPTICAL CHANNEL
REDUNDANCY ORGANIZATION IN WDM SYSTEMS**

In this article examines the modeling and analysis of optical channel redundancy schemes in WDM systems, which form the foundation of modern information and communication networks due to their high capacity and large data transmission volumes. The study focuses on integrating optical components within the OptiSystem CAD environment to enhance reliability and resilience against failures and signal quality degradation.

Keywords: WDM system, redundancy, optical channels, bit error rate (BER), optical components.

В наши дни сети WDM составляют основу информационно-коммуникационных систем благодаря их высокой пропускной способности и значительному объёму передачи данных. Эти сети играют ключевую роль в таких областях, как телекоммуникации, Интернет, облачные технологии и др. Они предоставляют возможность быстрой

и стабильной передачи данных, что позволяет людям взаимодействовать и обмениваться информацией по всему миру.

Принцип работы WDM базируется на разделении оптического спектра на несколько независимых каналов связи. Каждому из них присваивается уникальная длина волны, которая используется для передачи данных. Благодаря этому сигналы разных пользователей могут передаваться по одному и тому же оптоволокну, не мешая друг другу.

Использование резервирования оптических каналов и маршрутов позволяет создавать альтернативные пути передачи данных, что обеспечивает надежность даже при выходе из строя основного маршрута. Резервирование оборудования делает возможным оперативную замену неисправных или поврежденных компонентов сети, сводя к минимуму время простоя. Оно также предотвращает такие проблемы, как ухудшение качества сигнала из-за помех или значительных искажений. В итоге резервирование в сетях WDM играет важную роль в обеспечении их надежности и стабильности, однако оно может повышать стоимость системы и требовать сложных технических решений [1].

Для моделирования схем резервирования каналов рекомендуется выбирать программное обеспечение из категории прикладных программ, применяемых в системах автоматизированного проектирования (САПР). Данные программы позволяют не только моделировать телекоммуникационные сети в общем, но также отдельные узлы и компоненты сети. Среди таких программных продуктов можно выделить OptiSystem.

Таким образом, выполним резервирование каналов в САПР OptiSystem на электрическом уровне. Ключевые компоненты системы WDM, которые будут использоваться: источники оптического излучения, линейные поляризаторы света, приёмники оптического излучения, оптические разветвители, мультиплексоры и демультиплексоры, оптическое волокно, поляризационный сплиттер. В качестве примера используем схему резервирования оптических маршрутов (каналов) с использованием пассивных компонентов (рис. 1) [2].

Выставим ручную настройки для мультиплексора и демультиплексора WDM с шагом мультиплексирования 100 ГГц, оптическими потерями 3 дБ и переходным затуханием между каналами 20 дБ. Количество входных портов составляет 4. Длины волн источников задаются согласно частотному плану.

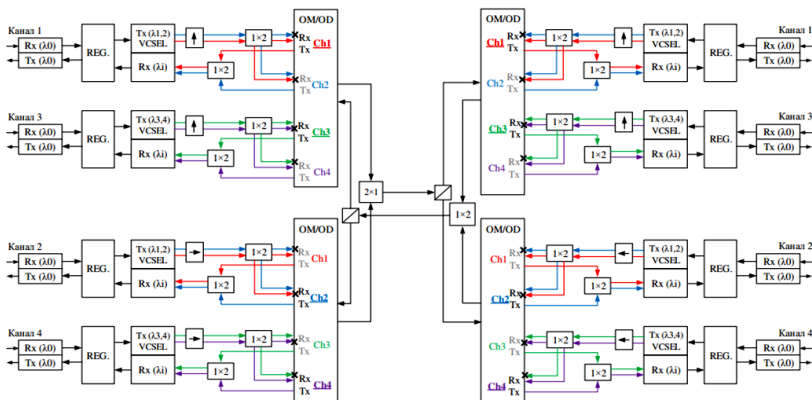


Рис. 1. Схема резервирования оптических маршрутов (каналов) с использованием пассивных компонентов

Оптические разветвители (1×2) и объединители (2×1), которые отвечают за соединение оптического сигнала, в настройках задаём им оптические потери 3 дБ. Этот параметр не должен превышать максимально допустимые потери для оптического разветвителя PLC, составляющие 4 дБ.

Оптическое волокно, моделирующее оптическую линию связи длиной 80 км, соответствует стандарту ITU-T G.652 [3]. Оно имеет затухание 0,2 дБ/км и дисперсионный хроматический параметр 18 пс/нм/км.

Четыре линейных поляризатора предназначены для поляризации светового излучения лазерного диода: для нечётных каналов поляризация составляет 0° (горизонтальная поляризация), для чётных – 90° (вертикальная поляризация).

Четыре PIN-фотодиода преобразуют оптический сигнал в электрический и регенерируют его по схеме 3R (усиление, восстановление формы и ресинхронизация). Эти фотодиоды обеспечивают связь на расстояние до 80 км благодаря низким собственным шумам и высокой чувствительности.

Для разделения поляризованных сигналов на приеме используется поляризационный сплиттер, который вносит потери до 3 дБ. В настройках задается угол поляризации, по умолчанию равный 0° .

Для оптимизации конструкции добавляется оптический усилитель EDFA, который обеспечивает необходимую мощность для приема сигнала. Параметры EDFA остаются неизменными, интерфейс настройки показан на рис. 2.

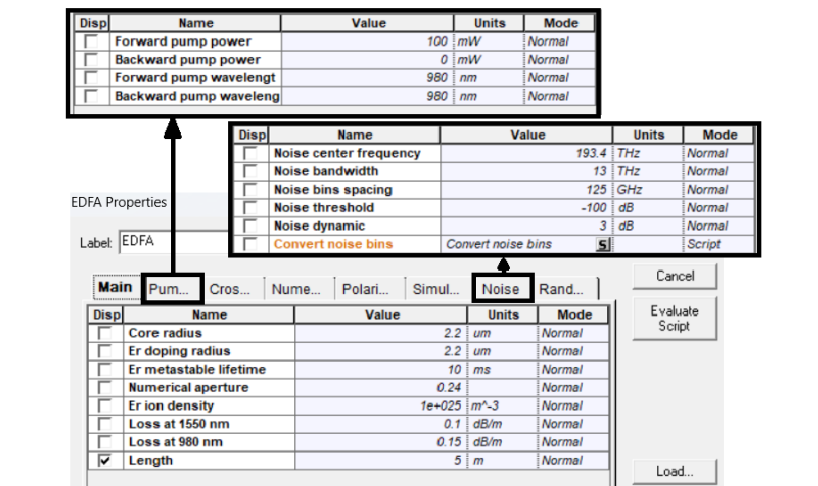


Рис. 2. Настройки оптического усилителя EDFA

Таким образом, разработанная в САПР OptiSystem схема резервирования оптических каналов со всеми прилегающими к ней настройками оборудования, упомянутыми выше, показана на рис. 3.

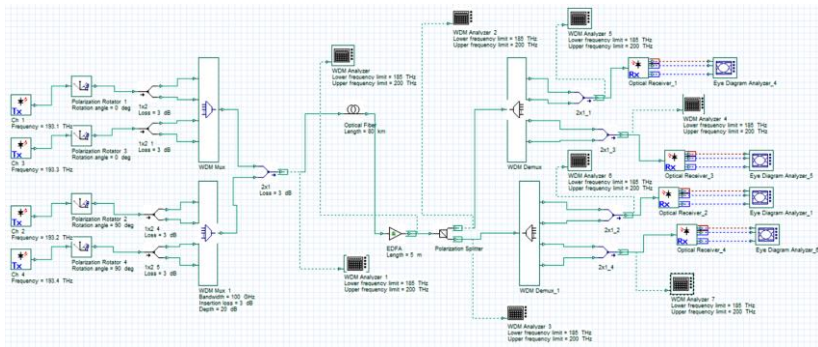


Рис. 3. Схема резервирования оптических каналов в САПР OptiSystem

Чтобы показать анализ работоспособности схемы, используются следующие инструменты:

1. Анализатор WDM сигнала (WDM Analyzer), который показывает параметры оптического канала, например: уровень шума, отношение сигнал/шум, мощность, длина волны.

2. Анализатор «глаз диаграммы» (Eye Diagram Analyzer), который показывает численные значения (коэффициент ошибок (BER), Q-фактор) и графические данные («глаз диаграммы» и Q-фактор).

Рассмотрим результаты значений коэффициента ошибок для оптических каналов (рис. 4), которые показал анализатор «глаз диаграммы».

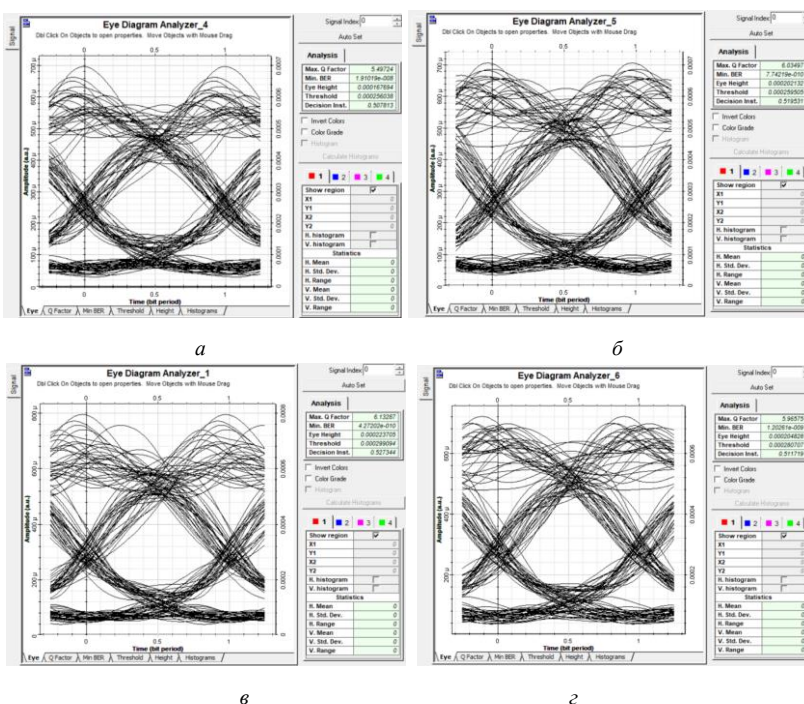


Рис. 4. Результаты BER для оптических каналов

На рис. 4, а показан первый канал с коэффициентом ошибок (BER) для оптического канала: $5,9 \times 10^{-8}$. На рис. 4, б показан второй канал с коэффициентом ошибок (BER) для оптического канала:

$7,7 \times 10^{-10}$. На рис. 4, в показан третий канал с коэффициентом ошибок (BER) для оптического канала: $4,3 \times 10^{-10}$. На рис. 4, г показан четвёртый канал с коэффициентом ошибок (BER) для оптического канала: $1,2 \times 10^{-9}$.

Результаты варьируются от 10^{-8} до 10^{-10} . Все каналы имеют достаточно низкие значения BER, что указывает на хорошее качество связи и стабильную работу системы.

Для компенсации переходных помех в оптических системах WDM можно использовать различные методы, включая применение оптических компонентов с определёнными характеристиками и техническими решениями, направленными на улучшение качества передачи сигнала.

Оптические компоненты с большим значением переходного затухания для смежных каналов: переходное затухание – это эффект, который возникает при передаче сигнала между каналами в мультиплексированной системе. Он может вызывать помехи между смежными каналами, что приводит к ухудшению качества передачи сигнала. Использование оптических компонентов, таких как мультиплексоры/демультиплексоры и поляризационные сплиттеры, с большим значением переходного затухания для смежных каналов позволяет снизить влияние этих помех. Эти компоненты помогают эффективно изолировать каналы друг от друга, минимизируя перекрёстные помехи, которые могут возникать при передаче сигнала через систему.

Использование усилителя: при значительных расстояниях передачи или низкой мощности сигнала для компенсации потерь и помех может быть использован оптический усилитель. Бустер повышает мощность сигнала, что помогает компенсировать потери, возникающие из-за переходных помех и других факторов. Это также улучшает качество сигнала, повышая отношение «сигнал/шум» и обеспечивая более стабильную и надёжную передачу данных на больших расстояниях.

Уменьшение длины секции мультиплексирования: Если длина системы, где сигналы различных каналов объединяются в единый поток для передачи, слишком велика, то это может привести к накоплению помех и ухудшению качества сигнала. Чтобы минимизировать такие эффекты, можно уменьшить/разбить длину секции, тем самым улучшить стабильность и точность передачи данных в системе. Это также может способствовать снижению потерь мощности и уменьшению

искажений сигнала, что, в свою очередь, сокращает вероятность появления ошибок при передаче.

В результате применение вышеупомянутых методов позволяет значительно уменьшить влияние переходных помех в системе WDM, обеспечивая высокое качество передачи данных и улучшая общую эффективность системы.

Подводя итог, можно сказать, что на основе положительных результатов моделирования схемы резервирования оптического канала, данный вариант резервирования имеет практическое применение как для новых сетей, так и для модернизации существующих объектов связи. Для этого достаточно интегрировать в действующее оборудование оптические компоненты (поляризационный сплиттер, оптический разветвитель/объединитель), что позволит эффективно повысить надёжность и устойчивость системы, обеспечивая бесперебойную передачу данных в условиях различных помех.

Библиографический список

1. Евгунов М.М., Шувалов В.П. Резервирование и восстановление в телекоммуникационных сетях // Вестник СубГУТИ. – 2012. – 10 с.

2. Шестакова Д.П., Салифов И.И., Шестаков И.И. Системный подход в решении проблем резервирования оптических каналов DWDM // T-Comm. – 2019. – Т. 13, № 7. – 31 с.

3. Рекомендация ITU-T G.652 (11/2016) «Characteristics of a single-mode optical fibre and cable» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13076&lang=en> (дата обращения: 21.12.2024).

Сведения об авторе

Цыплякова Анна Владимировна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tsyplyakova.anna01@mail.ru

А.Д. Равилов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

В статье исследуются динамические характеристики цифровой системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Проведено моделирование системы с использованием программного обеспечения MatLab, позволяющее анализировать влияние параметров системы на её устойчивость и переходные процессы. Описаны методы оптимизации коэффициентов настройки, направленные на повышение точности синхронизации и снижение уровня помех. Выявлены ключевые особенности работы цифровой фазовой автоподстройки частоты в условиях изменяющихся внешних воздействий.

Ключевые слова: фазовая автоподстройка частоты, MatLab, цифровая система, динамические характеристики, устойчивость.

A.D. Ravilov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE PLL DIGITAL SYSTEM

The article examines the dynamic characteristics of a digital phase-locked frequency (PLL) system. The system is modeled using MATLAB software, which allows analyzing the influence of system parameters on its stability and transients. Optimization methods of tuning coefficients aimed at improving synchronization accuracy and reducing interference levels are described. The key features of the digital PLL operation in conditions of changing external influences are revealed.

Keywords: PLL, MatLab, digital system, dynamic characteristics, stability.

Фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ, Phase-Locked Loop – PLL) представляет собой систему управления, предназначенную для стабилизации частоты сигнала путём сравнения фаз эталонного сигнала и выходного сигнала генератора. Основные компоненты ФАПЧ включают фазовый детектор, фильтр нижних частот (ФНЧ) и генера-

тор с управляемой частотой (например, генератор с управляемым напряжением – VCO). Фазовый детектор измеряет разность фаз между эталонным и выходным сигналами. Полученная разность фаз проходит через фильтр низких частот, который сглаживает сигнал и формирует управляющее напряжение для генератора. В результате частота выходного сигнала генератора корректируется таким образом, чтобы минимизировать фазовую ошибку и синхронизироваться с эталонным сигналом [1].

ФАПЧ обеспечивает стабилизацию как частоты, так и фазы выходного сигнала, что делает её незаменимой в таких областях, как цифровая передача данных, радиосвязь и генерация синхросигналов. Работа системы основана на принципе обратной связи: при наличии разности фаз система генерирует управляющий сигнал, который корректирует частоту генератора, синхронизируя её с эталонным сигналом. Это обеспечивает стабильность частоты и фазы выходного сигнала [2].

Для моделирования системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) использовалась программная среда MATLAB. В рамках работы была разработана дискретная модель ФАПЧ, включающая основные функциональные узлы: фазовый детектор, петлевой фильтр и управляемый генератор частоты (ГУН). Такая структура позволяет наиболее точно описать процессы, происходящие в реальных системах синхронизации.

Основной целью моделирования является исследование динамических характеристик системы, включая поведение при различных начальных условиях и параметры устойчивости. Разработанная модель соответствует структурной схеме, представленной на рис. 1.

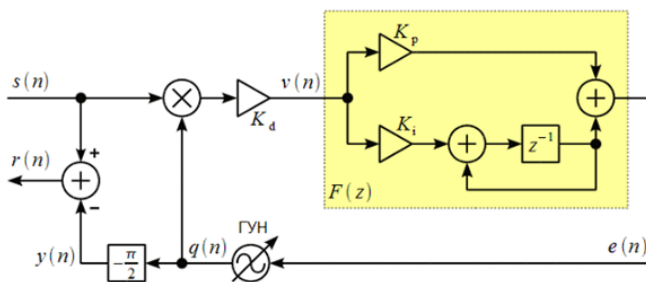


Рис. 1. Структурная схема модели контура ФАПЧ

Исходный сигнал $s(n)$ представлен в формуле (1):

$$s(n) = \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t(n) + \varphi_0), \quad (1)$$

где f_0 – частота исходного сигнала, φ_0 – начальная фаза, умножается на сигнал с выхода ГУН $q(n)$, который представлен в формуле (2):

$$q(n) = \cos(2\pi \cdot f_g \cdot t(n) + \Psi(n - 1)), \quad (2)$$

где f_g – частота ГУН, которая отличается от f_0 на величину df , $\Psi(n - 1)$ – отсчет фазы ГУН. Сигнал $y(n)$ – повернутый на минус 90° сигнал $q(n)$, представлен в формуле (3):

$$y(n) = \sin(2\pi \cdot f_g \cdot t(n) + \Psi(n - 1)). \quad (3)$$

Исходные данные для моделирования:

- коэффициент фазового детектора $K_d = 1,0$;
- коэффициент ГУН: $K_o = 1,0$;
- резонансная частота ФАПЧ $\omega_p = 2\pi \cdot 50$ рад/с;
- демпинг фактор $\xi = 0,5$;
- частота дискретизации $F_s = 10$ кГц;
- частота сигнала $f_0 = 1$ кГц;
- частотная расстройка ГУН $df = 4$ Гц;
- частота ГУН $f_g = f_0 - df$.

Была разработана программа, выполняющая расчет согласно описанной модели. В результате работы программы будут показаны осциллограммы: сигнала на выходе фазового детектора, сигнала управления на выходе петлевого фильтра, фаза сигнала на выходе ГУН и исходный сигнал, и сигнал на выходе ГУН, синхронизированный со входным сигналом и сигнал ошибки слежения.

Осциллограмма, изображенная на рис. 2, представляет сигнал на выходе фазового детектора, который отражает фазовую ошибку между входным сигналом и сигналом ГУН. В начале графика наблюдаются значительные колебания, что указывает на большую начальную фазовую расстройку. По мере того как система ФАПЧ начинает синхронизироваться, амплитуда колебаний уменьшается, что указывает на снижение фазовой ошибки.

Осциллограмма, изображенная на рис. 3, представляет выход петлевого фильтра, который корректирует фазовую ошибку. В начале графика наблюдается увеличение значения петлевого фильтра, что

указывает на активный процесс коррекции частотной расстройки. Со временем сигнал стабилизируется, что указывает на достижение системой состояния равновесия.

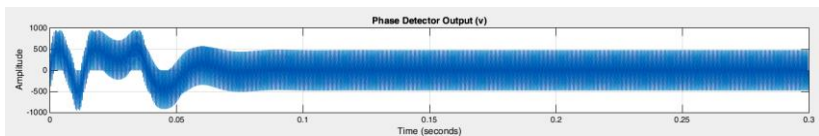


Рис. 2. Сигнал на выходе фазового детектора

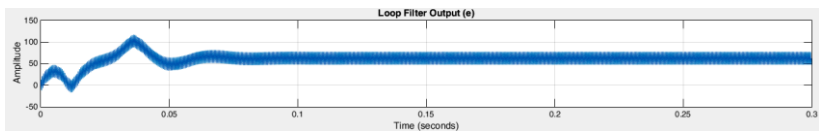


Рис. 3. Сигнал управления на выходе петлевого фильтра

График на рис. 4 показывает изменение фазы сигнала ГУН. В начале моделирования фаза ГУН изменяется значительно, что обусловлено попыткой системы ФАПЧ захватить частоту. После захвата частоты изменение фазы замедляется, что указывает на синхронизацию с входным сигналом.

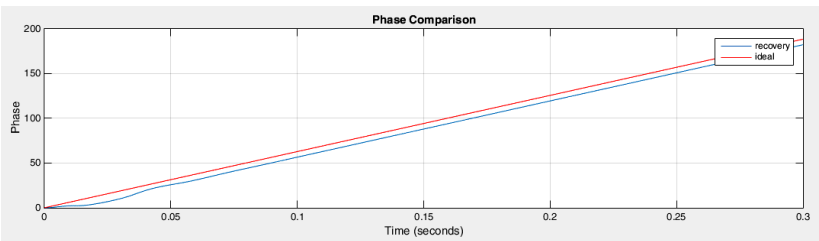


Рис. 4. Фаза сигнала на выходе ГУН

График на рис. 5 показывает, как выходной сигнал $y(n)$ синхронизируется с входным сигналом $s(n)$. В начале моделирования существует заметная ошибка слежения r , так как система еще не захватила частоту. Однако по мере работы системы ошибка слежения уменьшается, что указывает на успешный захват частоты. Время захвата частоты характеризуется временем, за которое ошибка слежения стабилизи-

руется, и фаза ГУН приближается к фазе входного сигнала. В данном случае время захвата составляет примерно 0,075 с при заданных параметрах системы.

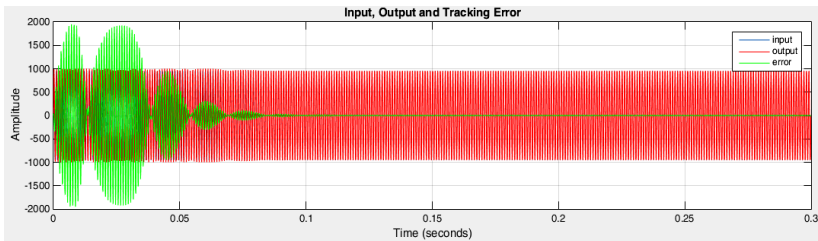


Рис. 5. Исходный сигнал (синий), сигнал на выходе ГУН, синхронизированный со входным сигналом (красный) и сигнал ошибки слежения (зеленый)

На основании данных графиков можно определить, что данная модель эффективно синхронизируется с входным сигналом, что подтверждается устойчивым поведением выходных сигналов фазового детектора, петлевого фильтра и фазы генератора, управляемого напряжением.

Таким образом, модель ФАПЧ на частоте 1 кГц показала свою эффективность и стабильность. Одним из важных параметров системы ФАПЧ является время захвата частоты, данный параметр зависит от нескольких факторов, таких как резонансная частота контура (ω_p), демпинг-фактор (ζ), коэффициенты петлевого фильтра и начальная частотная расстройка (df).

Увеличение резонансной частоты контура ускоряет отклик системы, что может уменьшить время захвата, но может также привести к увеличению колебаний. Уменьшение резонансной частоты замедляет систему, что увеличивает время захвата, но может сделать систему более устойчивой и менее подверженной колебаниям.

Увеличение демпинг-фактора может сделать систему более устойчивой и уменьшить колебания, что улучшит качество установившегося режима, но может несколько увеличить время захвата. Уменьшение демпинг-фактора может ускорить отклик системы, но с риском усиления колебаний. Коэффициенты петлевого фильтра (K_p и K_i) определяют динамику работы петлевого фильтра, влияя на

скорость коррекции ошибок. Увеличение K_p может ускорить время захвата, но слишком большое значение может привести к неустойчивости. Увеличение K_i улучшает точность в установившемся режиме, но замедляет время реакции системы.

Начальная частотная расстройка (df). Чем больше начальная расстройка, тем больше времени потребуется системе для захвата частоты. Снижение начальной расстройки ускоряет процесс захвата [3].

Проведем моделирование модели и произведем регулировку параметров, таких как резонансная частота контура (увеличим в два раза), демпинг-фактор (уменьшим в полтора раза), коэффициенты петлевого фильтра (увеличим в полтора раза).

График на рис. 6 показывает, как изменяется сигнал фазового детектора. Он отражает фазовую ошибку между входным сигналом и сигналом ГУН.

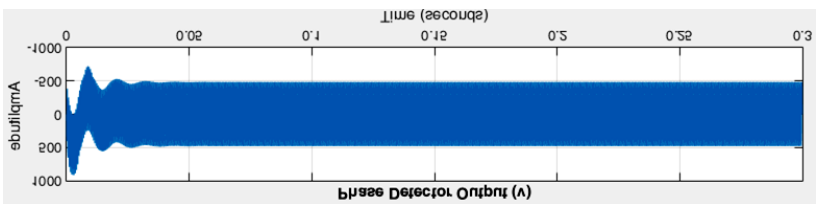


Рис. 6. Осциллограмма сигнала на выходе фазового детектора

В начале графика на рис. 7 резкий рост сигнала – это попытка системы скорректировать фазовую расстройку.

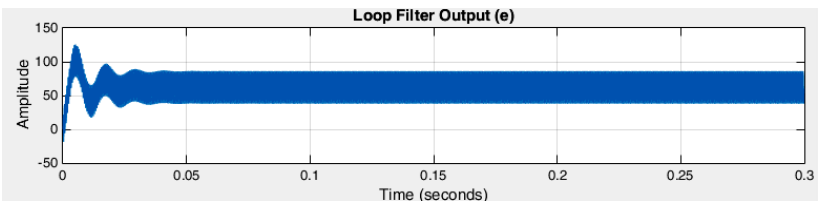


Рис. 7. Сигнал управления на выходе петлевого фильтра

Со временем сигнал стабилизируется, и его амплитуда уменьшается, что говорит о том, что система приближается к установившемуся режиму. На низких частотах сигнал стабилизируется довольно быстро,

что говорит о высоком коэффициенте демпфирования и быстрой стабилизации системы. Это означает, что система эффективно компенсирует фазовую расстройку и быстро выходит на устойчивое состояние.

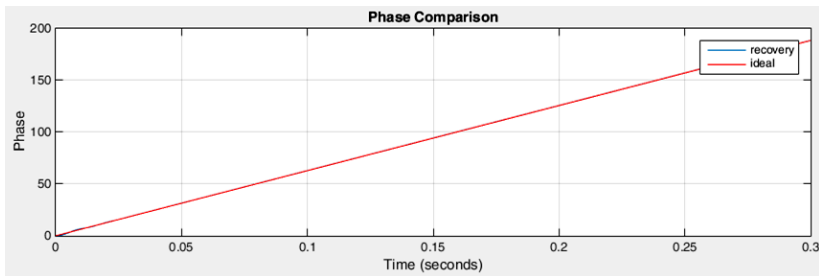


Рис. 8. Фаза сигнала на выходе ГУН

В начале графика заметное расхождение между фазой ГУН и идеальной фазой, после периода захвата фазы начинают совпадать и линия фазы ГУН практически совпадает с идеальной фазой, что указывает на успешную синхронизацию.

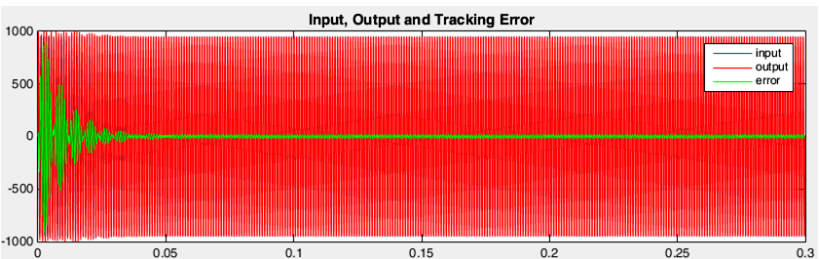


Рис. 9. Исходный сигнал (синий), сигнал на выходе ГУН, синхронизированный со входным сигналом (красный) и сигнал ошибки слежения (зеленый)

В начале графика разница между входным и выходным сигналом максимальна, но по мере работы системы эта разница уменьшается, что указывает на успешное захватывание частоты.

Время захвата частоты в данном случае составляет 0,03 с, что показывает уменьшение времени захвата, так как до регулировки модели время захвата составляло примерно 0,075 с.

В ходе работы была разработана дискретная модель системы фазовой автоподстройки частоты в среде MatLab. Модель включает основные элементы системы: фазовый детектор, петлевой фильтр и генератор, управляемый напряжением.

Было проведено дополнительное моделирование с изменением параметров системы, которые позволили сократить время захвата частоты с 0,075 до 0,03 с, сохраняя стабильность и точность системы. Полученные данные могут быть использованы для проектирования и настройки реальных систем синхронизации.

Библиографический список

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: учеб. для вузов / В.И. Иванов [и др.]; под ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2003. – 232 с.
2. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки / В.А. Левин [и др.]. – М.: Радио и связь, 1989.
3. Матюхин А.Ю., Курицын С.А. Многоканальные системы передачи. – СПб., 2013. – С. 398.

Сведения об авторе

Равилов Арсений Данилович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: ars-13@mail.com

И.А. Панкратов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕР
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЦЕЛОСТНОСТИ G-CODE
ПРИ УПРАВЛЕНИИ АДДИТИВНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ
С 3D-МАНИПУЛЯТОРАМИ**

В данной работе рассматривается разрабатываемое программное обеспечение и другие меры по обеспечению целостности G-code при использовании сварочных роботов для наплавки в ходе технологического процесса аддитивно-гибридной наплавки промышленных деталей. В результате был разработан и реализован комплекс мер, состоящий из введения на предприятии практики работы с анализаторами уязвимостей исходного кода и программной реализации алгоритма обеспечения целостности G-code.

Ключевые слова: G-code, файлы управляющих программ, целостность, слайсер, сварочный робот, программа контроля целостности.

I.A. Pankratov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION
OF A SET OF MEASURES TO ENSURE THE INTEGRITY
OF G-CODE WHEN CONTROLLING ADDITIVE
COMPLEXES WITH 3D MANIPULATORS**

This paper discusses the software being developed and other measures to ensure the integrity of G-code when using welding robots for surfacing during the technological process of additive-hybrid surfacing of industrial parts. As a result of the work, a set of measures was developed and implemented, consisting of introducing the practice of working with source code vulnerability analyzers and software implementation of the G-code integrity algorithm at the enterprise.

Keywords: G-code, numerical control program, integrity, slicer, welding robot, G-code integrity algorithm.

На сегодняшний день на многих предприятиях, занимающихся производством различных промышленных деталей, широкую популярность приобретает гибридно-аддитивная технология, используя

щаяся при проволочной наплавке. Такой метод изготовления промышленных деталей не только позволяет экономить материал, но и в несколько раз ускорить производственный цикл.

При использовании технологии используются специальные сварочные роботы с 3D-манипуляторами, которые выплавляют детали по инструкциям, содержащимся в специальных управляющих программах. Набор инструкций для сварочного робота образует собой файл с G-code. Тем не менее, несмотря на высокие темпы развития, рост популярности этой технологии, появление нового программного обеспечения для работы с 3D-манипуляторами и G-code, вопросам информационной безопасности в данной сфере практически не уделяется внимания. В этом и состоит одна из главных проблем развития информационных технологий во многих отраслях, в том числе и в этой. Скорость развития прикладных информационных технологий сильно опережает скорость развития принципов информационной безопасности в определенной области знаний.

Например, существует вредоносное программное обеспечение, которое способно искать файлы G-code соответствующего формата на рабочих станциях системы управления 3D-манипуляторами, рандомизировать некоторые значения в случайных местах файлов управляющих программ и саботировать таким образом производство, ведь производимая продукция признается негодной для дальнейшего использования [1, с. 14].

Кроме того, зачастую возникает необходимость написания собственного ПО, которое занималось бы постобработкой G-code в случае его некорректной автоматической генерации.

Совокупность приведенных фактов делает очевидной необходимость применения комплекса мер, направленного на обеспечение целостности G-code, так как любое несанкционированное изменение файлов управляющих программ может нарушить производственный цикл предприятия.

Целью работы является разработка и реализация комплекса мер по обеспечению целостности G-code для защиты от вредоносных атак и при написании собственного ПО, которое отвечает за постобработку G-code в управляющих программах. Объектом исследования является

генерируемый для управления 3D-манипуляторами G-code. Предметом исследования является свойство целостности G-code.

Научно-техническая проблема состоит в некорректной автоматической генерации G-code и в возможности нарушения целостности G-code. Задачами работы являются:

- 1) постановка проблемы обеспечения целостности G-code;
- 2) анализ научной литературы по теме работы;
- 3) создание математической модели системы управления 3D-манипуляторами;
- 4) введение практики использования анализаторов уязвимостей исходного кода;
- 5) разработка и программная реализация алгоритма обеспечения целостности G-code;
- 6) оценка параметров математической модели с учетом разработанного и примененного комплекса мер;
- 7) оценка эффективности разработанного комплекса мер.

Актуальность данной работы обусловлена отсутствием в сообществе кибербезопасности стандартного подхода или прикладного ПО для решения проблемы обеспечения целостности G-code, а сама сфера знаний на текущий момент все еще остается слабо изученной.

С целью последующей оценки эффективности разработанных и реализованных мер по обеспечению целостности файлов управляющих программ необходимо построить математическую модель системы управления 3D-манипуляторами. Главным интересующим нас параметром будет снижение вероятности компрометации управляющих программ. Обозначим ее буквой P . Таким образом, вычисляться параметр будет по следующей формуле, где Q_c – это количество скомпрометированных файлов, предупреждение о нарушении целостности которых получил оператор, а $Q_{\text{общ}}$ – общее число скомпрометированных файлов с G-code в системе:

$$P = \frac{Q_c}{Q_{\text{общ}}}. \quad (1)$$

Кроме того, нас также интересуют параметры скорости работы системы. Поскольку в случае повреждения файла управляющей программы восстановить его представляется невозможным, оператору придется компилировать его из сохраненного проекта в программе-слайсере, что

затрачивает дополнительное время. Обозначим эффективность по времени за E_t , а вычислять ее будем по следующей формуле, где $t_{\text{изн}}$ – среднее время, требующееся для отправки одного файла управляющей программы в изначальной системе без изменений, а $t_{\text{мод}}$ – это среднее время, требующееся для отправки одного файла управляющей программы после введения программы контроля целостности:

$$E_t = \frac{t_{\text{изн}}}{t_{\text{мод}}}. \quad (2)$$

Следующим интересующим нас параметром будет соотношение выявленных уязвимостей в исходном коде санкционированного ПО, предназначенного для постобработки файлов с G-code. Обозначим его за E_q и будем считать по следующей формуле, где $Q_{\text{изн}}$ – среднее количество уязвимостей исходного кода в изначальной системе без изменений, а $Q_{\text{мод}}$ – среднее количество уязвимостей исходного кода:

$$E_q = \frac{Q_{\text{изн}}}{Q_{\text{мод}}}. \quad (3)$$

Пользовательский опыт (UX) высчитывается методом опроса персонала, непосредственно взаимодействующего с системой, – программистов, инженеров, операторов сварочных комплексов и управленческий блок предприятия. Каждого из членов персонала просят оценить по шкале от 1 до 10 удобство работы в системе до введения комплекса мер по защите целостности и после, берется два средних арифметических значения и сравниваются между собой через отношения. Пусть $UX1$ – это среднее арифметическое удобство взаимодействия с системой до введения комплекса мер, а $UX2$ – среднее арифметическое удобство взаимодействия с системой после введения комплекса мер, тогда данный параметр будет высчитываться по формуле:

$$UX = \frac{UX2 - UX1}{UX1}. \quad (4)$$

Экономическая эффективность (Ee) – высчитывается как отношение разницы денежных средств, необходимых для поддержания системы в необходимом состоянии в течение года до и после введения комплекса мер. Пусть $Ee1$ – количество денежных средств, необходимых для поддержания системы в нужном состоянии в течение года (техническое обслуживание, замена вышедших из строя компонентов, лицензии на ПО). $Ee2$ – количество денежных средств, необходимых для поддержания си-

стемы в нужном состоянии в течение года после введения комплекса мер. Сюда входит, например, программная аппаратура, необходимая для развертывания сервера БД и программы контроля целостности. В таком случае данный параметр будет высчитываться по формуле:

$$Ee = \frac{Ee1 - Ee2}{Ee1}. \quad (5)$$

Кроме того, всем параметрам методом экспертной оценки будут присвоены веса ($w_1 - w_5$), а общая эффективность будет высчитываться по формуле:

$$E(\%) = w_1 P(\%) + w_2 E_q(\%) + w_3 E_t(\%) + w_4 UX(\%) + w_5 E_e(\%). \quad (6)$$

Был разработан и программно реализован модуль контроля целостности файлов управляющих программ. Каждый из алгоритмов вычисления хэш-функции использует различные алгоритмы вычисления, векторы инициализации, имеет разную длину раундовых ключей и число раундов, но для основы модуля был выбран алгоритм вычисления хэш-функции SHA3-256, поскольку на данный момент он устойчив ко всем видам криптоанализа и присутствует во многих стандартных библиотеках языков программирования [2, с.15]. Для реализации программы контроля целостности файлов управляющих программ был выбран язык Python версии 3.9 с использованием стандартной библиотеки hashlib [3].

В случае отправки файла управляющей программы на сварочный робот система контроля реального времени, расположенная на мини-ПК, общающимся со сварочным комплексом, должна вызвать функцию `process_hash` из данной библиотеки с флагом `is_reading`, равным единице. В случае, если значение `is_reading` равно единице, программа использует внутреннюю функцию `reading`, считает хэш-функцию файла управляющей программы и сравнивает с хранящейся в базе данных. В случае успеха программа возвращает право на исполнение файла, система реального времени проверяет возвращенное значение и в случае успеха отправляет управляющую программу непосредственно на сварочного робота. Затем в случае, если значение `is_modifying` равно единице, в конце выполнения санкционированным ПО функции по модификации файла управляющей программы будет использоваться внутренняя функция `modifying`, значение хэш-функции файла будет пересчитано и занесется в базу данных.

Графическую интерпретацию алгоритма контроля целостности можно наблюдать на рисунке. Также в целях превентивного реагирования было предложено введение практики использования анализатора уязвимостей исходного кода.

Анализатор уязвимостей исходного кода – специальный гибко настраиваемый программный комплекс, сканирующий исходный код проекта и выводящий отчет с указанием мест в коде (файл, строка), которые могут привести к эксплуатации некоторой уязвимости (с указанием кодового номера уязвимости, зачастую из базы CVE от MITRE). В конечном итоге был выбран продукт Solar appScreener, поскольку он поддерживает работу с 36 языками программирования, обладает всеми важными функциями и имеет низкий порог входа для пользователя.

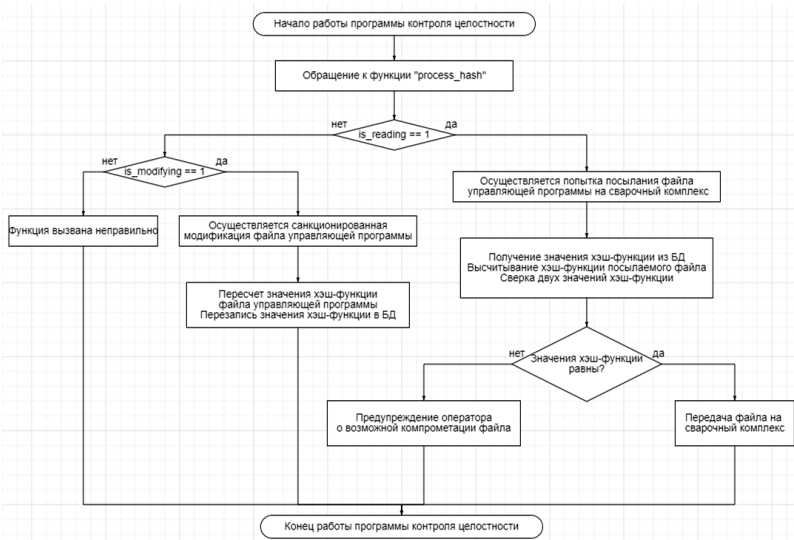


Рис. Графическое представление разработанного алгоритма контроля целостности

Для обучения специалистов по информационной безопасности и программистов предприятия рекомендуется организовать 4-часовой тренинг, включающий в себя порядок работы с реализованной программой контроля целостности файлов управляющих программ и порядок работы с анализатором уязвимостей исходного кода Solar appScreener.

В качестве среды для проведения тестовых испытаний была создана сеть из четырех виртуальных машин при помощи VMWare ESXi Server под управлением MS Windows 10, на каждом из которых располагалось по 100 файлов управляющих программ в случайных директориях. Для оценки вероятности компрометации файлов управляющих программ был написан простейший вредоносный скрипт на языке Python 3.9, совершающий рекурсивный обход папок системного диска, сохраняющий список всех файлов с подходящим расширением, поочередно их открывающий и меняющий несколько параметров в случайных местах.

По итогам проведенного тестирования и оценки параметров описанного тестового стенда по окончании трехдневного срока при помощи формул (1)–(6) был сделан вывод, что эффективность системы управления 3D-манипулятором в соответствии с построенной математической моделью увеличилась на 28 %.

Разработанный и реализованный в работе комплекс мер по защите целостности G-code может быть взят за основу для разработки собственной системы защиты информации на предприятиях, занимающихся производством промышленных деталей.

Библиографический список

1. dr0wned – Cyber-Physical Attack with Additive Manufacturing [Электронный ресурс] / S. Belikovetsky, M. Yampolskiy [et al.] // arxiv.org – 2016. – URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1609/1609.00133.pdf> (дата обращения: 22.02.2024).

2. Хеш-функции: основы теории, новые конструкции и новые стандарты / М.А. Иванов, Б.Л. Козырский, Т.И. Комаров [и др.] // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. – 2014. – Т. 4, № 3. – С. 285–288.

3. Hashlib – Secure hashes and message digests. Python 3.11.4 Documentation [Электронный ресурс] // docs.python.org. – URL: <https://docs.python.org/3/library/hashlib.html> (дата обращения: 18.01.2024).

Сведения об авторе

Панкратов Игорь Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: strigul2013@mail.ru

А.Н. Каменских, С.Н. Чернов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗАЩИЩЕННОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ И СЕРВИСОВ УМНОГО ГОРОДА

В статье рассматриваются проблемы безопасности веб-приложений, используемых в экосистемах умных городов. Предлагаемая модель защищенного веб-приложения включает современные механизмы идентификации, контроля доступа и мониторинга. Модель направлена на снижение рисков кибератак и повышение устойчивости критических городских систем и сервисов. Рассматриваются основные угрозы, архитектура решения и возможные сценарии применения.

Ключевые слова: умный город, безопасность, веб-приложение, Интернет вещей, киберугрозы, модель защиты, контроль доступа, идентификация, мониторинг.

A.N. Kamenskih, S.N. Chernov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DEVELOPMENT OF A PROTECTED WEB APPLICATION MODEL FOR SMART CITY SYSTEMS AND SERVICES

The article discusses the security issues of web applications used in smart city ecosystems. The proposed model of a protected web application includes modern mechanisms of identification, access control and monitoring. The model is aimed at reducing the risks of cyberattacks and increasing the resilience of critical city systems and services. The main threats, solution architecture and possible application scenarios are considered.

Keywords: Smart city, security, web application, Internet of Things, cyber threats, protection model, access control, identification, monitoring.

Системы умного города активно внедряются во всем мире, чтобы оптимизировать управление городской инфраструктурой и повысить качество жизни граждан. Однако этот переход сопровождается значительным увеличением числа киберинцидентов.

В последние годы в России наблюдается стремительный рост кибератак, особенно в отношении критической инфраструктуры и систем

умного города. Зимой 2023–2024 гг. решения Лаборатории Касперского зафиксировали в России почти в шесть раз больше атак типа DDoS по сравнению с тем же периодом годом ранее [1]. Социальная инженерия по-прежнему является ключевой угрозой для частных лиц (92 %) и применяется в половине (50 %) атак на организации, утечки конфиденциальных данных наблюдались более чем в половине (52 %) случаев успешных атак на организации. Среди основных трендов также выделяются использование шпионского ПО и активное применение искусственного интеллекта злоумышленниками для социальной инженерии и фишинга [2].

Существует два основных пути заражения IoT-устройств:

- перебор слабых паролей;
- эксплуатация уязвимостей в сетевых сервисах.

В первом случае наиболее распространенным методом является перебор паролей к сервисам, использующим протокол Telnet – крайне популярный в IoT-среде нешифрованный текстовый протокол. Успешный перебор паролей позволяет киберпреступникам выполнять произвольные команды на устройстве и запускать на нем вредоносное ПО. Аналогичные результаты дает и перебор паролей к сервисам, использующим SSH, – более современный протокол, предусматривающий шифрование трафика. Однако атака на SSH требует больших ресурсов, а доступных из сети Интернет сервисов меньше, чем в случае с Telnet.

За первую половину 2023 г. 97,91 % попыток перебора паролей, зафиксированных ханипотами Лаборатории Касперского, были связаны с протоколом Telnet и 2,09 % – с SSH [3]. Эти данные подчеркивают важность усиления киберзащиты в умных городах, где широко используются IoT-устройства и облачные технологии.

Умный город – это концепция управления городским пространством с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и Интернета вещей (IoT) для повышения качества жизни граждан, оптимизации работы инфраструктуры и эффективного использования ресурсов. В умном городе используются такие технологии, как видеонаблюдение, детектирование света и движения и искусственный интеллект, чтобы собирать, анализировать и использовать информацию для принятия решений [4].

Основные компоненты умного города:

– умный транспорт. Системы управления дорожным движением, мониторинг общественного транспорта и зарядные станции для электромобилей. Например, такие технологии помогают уменьшать пробки и оптимизировать маршруты общественного транспорта и легковых автомобилей;

– энергетика. Интеллектуальные сети (smart grids) используют умные счетчики для регулирования и оптимизации энергопотребления;

– коммунальные услуги. Системы умного освещения автоматически регулируют интенсивность света, а системы интеллектуального управления отходами сигнализируют о необходимости опустошения мусорных контейнеров;

– безопасность граждан. Системы видеонаблюдения отслеживают и оценивают ситуацию на улице или в здании и с помощью датчиков экстренного реагирования детектируют нарушения граждан и сигнализируют в правоохранительные органы;

– здравоохранение. Внедрение телемедицины и технологий удаленного мониторинга здоровья особенно актуально в больших городах и способствует улучшению здоровья граждан;

– образование и связь. Цифровые образовательные платформы, наряду с обеспечением высокоскоростного доступа в сеть Интернет в общественных местах, способствуют повышению уровня образования и осведомленности граждан [5].

Однако развитие умных городов открывает не только новые возможности и улучшение качества жизни для граждан, но и новые угрозы для информационной безопасности. Среди ключевых угроз можно выделить следующие:

– кибератаки на IoT-устройства. По данным исследования компании Forescout, около трети (33 %) всех проанализированных IoT-устройств имели уязвимости, доля которых выросла на 14 % в 2023 г. Обнаруженные уязвимости позволяют получить доступ к критическим системам, таким как энергоснабжение и управление транспортом [6, 7];

– DDoS-атаки. Растущая сложность таких атак создает угрозу для сетей умного города. В 2024 г., по данным Роскомнадзора, количество DDoS-атак в России выросло на 70 % по сравнению с предыдущим годом;

– социальная инженерия и фишинг. Использование ИИ злоумышленниками для создания убедительных фишинговых писем и атак на городские службы становится всё более частым явлением, и в 2024 г. эти показатели выросли до 425 % по сравнению с 2023 г. [8];

– угрозы безопасности данных. В умных городах огромное количество данных собирается, передается и анализируется, что делает их привлекательной целью для злоумышленников. При утечке таких данных, киберпреступник использует шантаж для достижения своих целей.

Для защиты от этих угроз требуется разработка многоуровневой системы безопасности, включая надежные веб-приложения, которые смогут выполнять функции мониторинга, управления доступом и анализа угроз в реальном времени.

Системы умного города работают на основе взаимодействия множества IoT-устройств, облачных платформ и веб-приложений. Последние играют ключевую роль в управлении и обеспечении безопасности таких систем, выполняя следующие задачи:

– мониторинг и управление. Веб-приложения предоставляют интерфейсы для отслеживания состояния городской инфраструктуры в реальном времени, как например, системы управления транспортом контролируют потоки автомобилей и оптимизируют движение, минимизируя пробки;

– аутентификация и управление доступом. Защищённые веб-приложения обеспечивают контроль доступа к системам, предотвращая несанкционированный доступ и обеспечивая безопасность хранимых и передаваемых данных;

– анализ угроз. Такие приложения могут быть интегрированы в системы анализа больших данных, что позволяет идентифицировать аномалии и предотвращать потенциальные атаки;

– восстановление после кибератак. Веб-приложения позволяют быстро возобновить работу городских систем и сервисов после проведённых злоумышленниками кибератак, минимизируя негативные последствия для населения [9].

По данным отчёта Solar, в 2024 г. 60 % успешных атак на веб-приложения были связаны с компрометацией учетных данных от аккаунтов пользователей, что подчеркивает важность регулярного аудита,

тестирования безопасности систем и совершенствование парольной политики безопасности [10].

Ключевые требования к защищённым веб-приложениям:

- использование современных методов шифрования для защиты передаваемых данных;
- реализация двухфакторной аутентификации (2FA);
- постоянное обновление и устранение уязвимостей через безопасные DevOps-процессы;
- интеграция с системами обнаружения вторжений (IDS) [11].

Для защиты городской инфраструктуры необходимо разрабатывать модели веб-приложений, которые способны противостоять современным кибератакам, основные этапы создания такой модели включают:

- анализ требований безопасности. Необходимо учитывать специфику угроз для конкретных систем умного города. Например, транспортные системы требуют защиты от DDoS-атак и подделки сигналов, а энергетические сети – от вмешательства в их управление;
- проектирование архитектуры безопасности. Ключевые элементы архитектуры:

- многоуровневая защита. Использование межсетевых экранов, систем обнаружения вторжений (IDS) и решений для предотвращения атак (IPS);

- защита данных. Шифрование всех данных при передаче и хранении;

- изоляция сервисов. Внедрение микросервисной архитектуры для снижения риска компрометации всей системы.

- интеграция инструментов анализа и мониторинга. Для обеспечения безопасности необходимы системы, способные отслеживать аномалии в реальном времени и предоставлять отчёты о возможных угрозах. Например, такие системы успешно используются в Москве в рамках проекта «Умный город» для мониторинга видеонаблюдения и анализа транспортных потоков [12];

- тестирование и обновление. Важнейший этап – регулярное тестирование веб-приложений на уязвимости (penetration testing) и оперативное устранение найденных проблем. Также необходимо внедрить процессы безопасной разработки (DevSecOps) для минимизации рисков на стадии разработки;

– обучение пользователей. Необходимо обучать сотрудников и пользователей систем умного города безопасным методам работы, чтобы снизить вероятность реализации фишинг-атаки злоумышленником.

Разрабатываемая модель преследует следующие задачи:

- защита личных и системных данных;
- обеспечение устойчивости к кибератакам;
- интеграция с компонентами умного города (IoT, аналитические системы, облачные платформы);
- соответствие национальным и международным стандартам информационной безопасности.

Архитектура модели состоит из трех уровней:

1. Уровень клиента (Frontend):

- защищённое соединение. Использование HTTPS (TLS 1.3);
- валидация данных на стороне клиента. Предотвращение внедрения вредоносного кода;
- авторизация. OAuth2 или OpenID Connect для безопасного управления доступом пользователей;
- защита от атак XSS. Строгая политика безопасности контента (Content Security Policy).

2. Серверный уровень (Backend):

- шифрование данных. Асимметричное (RSA) и симметричное (AES-256) для хранения и передачи данных;
- защита API. Использование токенов с временным сроком действия (JWT) и проверка входящих запросов;
- ролевой доступ. RBAC (Role-Based Access Control) для разграничения привилегий;
- мониторинг безопасности. Интеграция с SIEM для анализа событий и предотвращения инцидентов.

3. Уровень базы данных:

- сегментация данных. Отделение информации о пользователях от системных данных;
- шифрование данных как на уровне хранения (TDE – Transparent Data Encryption), так и при передаче данных;
- репликация и резервное копирование. Для обеспечения устойчивости в случае сбоя.

При взаимодействии с IoT-устройствами должны быть реализованы меры по защите данных:

- шифрование. Защищённый протокол MQTT с TLS для обмена данными;

- аутентификация устройств. Использование сертификатов X.509;

- обновление ПО. Централизованное и защищённое обновление ПО, исключающее вмешательство злоумышленников;

При использовании технологий облачной инфраструктуры также должны применяться меры по защите данных:

- сегментация ресурсов (виртуальных частных сетей (VPC)) для разделения сервисов;

- многофакторная аутентификация (MFA) для доступа к ресурсам;

- применение гибридных моделей шифрования для облачных и локальных данных для защиты данных.

Также следует интегрировать следующие меры по обеспечению безопасности веб-приложений:

- WAF (Web Application Firewall) – защита от атак на приложения (SQL-инъекции, CSRF);

- IDS/IPS – системы обнаружения и предотвращения вторжений;

- регулярные тесты на проникновение для оценки уровня безопасности;

- централизованное и защищённое обновление операционных систем и компонентов и регулярный патчинг веб-серверов и используемых библиотек;

- соответствие политики обработки данных и нормативно-правовой документации (ФЗ-152, ГОСТ Р 57580, ISO/IEC 27001).

При интеграции с умным городом его сферы имеют следующие преимущества:

- транспортная сфера – безопасное управление интеллектуальными светофорами и дорожными знаками;

- сфера коммунальных услуг – защита систем мониторинга и управления энергопотреблением и водоснабжением;

- сфера здравоохранения – обеспечение медицинскими системами обработки данных пациентов конфиденциальности, целостности и доступности;

– сфера безопасности – системы видеонаблюдения обеспечивают безопасное хранение и передачу необходимой видеoinформации для реагирования на ситуации антропогенного, биотического и абиотического характера.

Прогнозируемые результаты реализации модели защищенного веб-приложения для систем и сервисов умного города:

– устойчивость к кибератакам, обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных;

– повышение доверия пользователей к системам и сервисам умного города путем обеспечения конфиденциальности данных;

– обеспечение стабильной работы систем и сервисов умного города, предотвращение сбоев из-за кибератак или ошибок.

Умные города представляют собой сложные системы, в которых взаимодействуют IoT-устройства, облачные технологии и веб-приложения. Развитие таких систем создаёт уникальные возможности для повышения качества жизни, но увеличивает вероятность появления рисков, связанных с кибератаками.

Предложенная модель защищённого веб-приложения для умных городов включает многоуровневую архитектуру безопасности, интеграцию инструментов анализа угроз и строгие методы управления доступом. Она направлена на обеспечение устойчивости систем городской инфраструктуры к современным киберугрозам.

Регулярное тестирование, обновление приложений и обучение пользователей являются ключевыми аспектами для минимизации киберугроз во всех веб-приложениях.

Таким образом, предложенная модель защищенного веб-приложения создаёт основу для обеспечения кибербезопасности в экосистемах умного города, что является важным шагом на пути их устойчивого развития.

Библиографический список

1. Лаборатория Касперского. Пресс-релизы: портал [Электронный ресурс]. – М., 2024. – URL: <https://www.kaspersky.ru/about/press-releases/laboratoriya-kasperskogo-kak-menyaetsya-landshaft-ddos-atak-v-rossii> (дата обращения: 09.12.2024).

2. Беседина В. Актуальные киберугрозы: III квартал 2024 г. [Электронный ресурс] // Positive Technologies. Исследования. – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-iii-kvartal-2024-goda/#id1> (дата обращения: 05.11.2024).

3. Моргунов В., Шмелев Я. Обзор угроз для IoT-устройств в 2023 году [Электронный ресурс] // Securelist: электронный журнал. – URL: <https://securelist.ru/iot-threat-report-2023/108088/> (дата обращения: 21.09.2023).

4. Остапчук Е. Как устроены умные города и какие технологии для них нужны [Электронный ресурс] // Ростелеком. Простые технологии: электронный журнал. – URL: <https://blog.rt.ru/b2c/kak-ustroeny-umnye-goroda-i-kakie-tehnologii-dlya-nikh-nuzhny.htm> (дата обращения: 11.09.2023).

5. От квартиры до страны: как российские города становятся «умнее» [Электронный ресурс] // РБК: сайт. – URL: <https://www.rbc.ru/society/14/12/2023/657882809a79472b43dd9448> (дата обращения: 09.12.2024).

6. Kaminsky S. Какие устройства в вашей сети наиболее уязвимы? [Электронный ресурс] // Kaspersky daily: электронный журнал. – URL: <https://www.kaspersky.ru/blog/riskiest-it-and-iot-devices-in-organization/38038> (дата обращения: 09.12.2024).

7. The riskiest connected devices in 2024 [Электронный ресурс] // Forescout: сайт. – URL: <https://www.forescout.com/resources/2024-riskiest-connected-devices/> (дата обращения: 09.12.2024).

8. Роскомнадзор рассказал о росте кибератак в 2024 году [Электронный ресурс] // РИА новости: сайт. – URL: <https://ria.ru/20241024/roskomnadzor-1979792486.html> (дата обращения: 09.12.2024).

9. Зоны безопасности: как технологии и решения Smart City приживаются в России / Редакция спецпроектов [Электронный ресурс] // Forbes: электронный журнал. – URL: <https://www.forbes.ru/spetsproekt/483072-zony-bezopasnosti-kak-tehnologii-i-resenia-smart-city-prizivautsa-v-rossii?erid=4CQwVszH9pSWMMXYBzh> (дата обращения: 28.12.2024).

10. «Солар»: профессиональные киберпреступники сделали ставку на корпоративные аккаунты и веб-приложения [Электронный ресурс] // Solar: сайт. – URL: <https://rt-solar.ru/events/news/4643/> (дата обращения: 09.12.2024).

11. Защита web-приложений [Электронный ресурс] // SearchInform: сайт. – URL: <https://searchinform.ru/services/outsource-ib/zaschita-informatsii/zaschita-web-prilozhenij/> (дата обращения: 09.12.2024).

12. Mos.ru: портал [Электронный ресурс]. – М., 2015. – URL: <https://www.mos.ru/city/projects/smartcity/> (дата обращения: 09.12.2024).

Сведения об авторах

Каменских Антон Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: antoshkinoinfo@yandex.ru

Чернов Семен Николаевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: semyonchernov53@yandex.ru

К.А. Колесников

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ
СООБЩЕНИЙ ОТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Диплом посвящен созданию отказоустойчивой серверной системы на базе SNMP для обработки сетевого трафика. Для проверки работы системы был разработан испытательный стенд, включающий два сервера и два коммутатора. Проведено функциональное, нагрузочное и отказоустойчивое тестирование. Результаты показали, что система способна выдерживать высокие нагрузки, быстро переключаться на резервный сервер при сбоях и минимизировать потери данных. Полученные данные полезны для оптимизации сетевых приложений и повышения их надежности.

Ключевые слова: кластеризация серверов, SNMP, отказоустойчивость, нагрузочное тестирование, репликация данных, сетевые решения, высокая производительность, минимизация потерь данных.

K.A. Kolesnikov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR RECEIVING
AND PROCESSING MESSAGES FROM
TELECOMMUNICATION EQUIPMENT**

The diploma is dedicated to the creation of a fault-tolerant server system based on SNMP for processing network traffic. To test the system, a test bench was developed, including two servers and two switches. Functional, load and fault-tolerant testing was carried out. The results showed that the system is able to withstand high loads, quickly switch to a backup server in case of failures and minimize data loss. The obtained data is useful for optimizing network applications and increasing their reliability.

Keywords: server clustering, SNMP, fault tolerance, load testing, data replication, network solutions, high performance, minimizing data loss.

Система, подвергаясь тестированию, была реализована с использованием экспериментальной платформы, состоящей из двух серверов и двух коммутаторов. Стенд был спроектирован для имитации

сложных сетевых топологий, которые, в свою очередь, обеспечивают максимально близкое воспроизведение реальных условий эксплуатации. Главной целью данного тестирования было оценить, как система ведет себя при различных уровнях нагрузки, а также проверить её отказоустойчивость и стабильность в условиях сбоев.

Схема подключения серверов и коммутаторов:

Основной сервер:

- eth1 подключен к первому коммутатору для обеспечения основной связи;

- eth2 соединен со вторым коммутатором для увеличения гибкости и резервирования канала.

Резервный сервер:

- eth1 подключен ко второму коммутатору, что позволяет минимизировать риски перегрузки одной точки подключения;

- eth2 соединен с первым коммутатором для гарантированного переключения и резервирования.

Для обеспечения надежности и исключения единой точки отказа соединения между серверами дополнены параллельными портами eth2 и eth3, которые служат для создания избыточности и ускорения переключения в случае необходимости. Это значительно повышает устойчивость всей системы в условиях потери соединений или выхода из строя одного из элементов.

Роль генератора SNMP-пакетов. Генератор SNMP-пакетов был использован для имитации реальной сетевой нагрузки. Это позволило не только создать искусственную нагрузку на систему, но и более точно смоделировать поведение сети при интенсивной передаче данных, что является ключевым для оценки её отказоустойчивости.

Ручное управление переключением ресурсов: для повышения гибкости и контроля над системой в процессе тестирования была реализована возможность ручного вмешательства, что позволяло переключать сетевые ресурсы между основным и резервным серверами в случае необходимости.

Процесс тестирования охватывал несколько ключевых этапов, каждый из которых направлен на проверку различных аспектов функциональности и устойчивости системы.

Функциональное тестирование. На данном этапе проверялись основные операции системы, включая базовую репликацию данных между серверами и взаимодействие с внешними компонентами. Этот этап необходим для того, чтобы убедиться в правильности работы системы в стандартных условиях.

Тестирование отказоустойчивости. В рамках этого этапа были смоделированы различные сбои в системе, включая отключение серверов и потерю кабельных соединений. Тестирование в таких условиях позволило оценить скорость и точность переключения на резервный сервер, а также проверку сохранности данных при потере соединений.

Нагрузочное тестирование. С помощью моделирования интенсивного SNMP-трафика был проверен предел производительности системы. Искусственно созданные потоки данных позволили выявить слабые места в системе, особенно в случае пиковых нагрузок, а также оценить её способность поддерживать высокую скорость обработки данных без потерь.

На каждом этапе тестирования специально отключались ключевые компоненты системы, чтобы проверить, как быстро система восстанавливается и как эффективно происходит переключение задач между серверами.

Отключение основного сервера. В случае отключения основного сервера резервный сервер автоматически активировался, при этом время переключения составило всего 3–4 с, что является оптимальным показателем для обеспечения минимальных потерь данных.

Состояние базы данных сохранялось синхронизированным, что подтверждает корректность работы механизма репликации.

Разрыв одного из соединений Bond. В случае разрыва одного из соединений системы продолжала стабильно работать без потерь данных благодаря использованию избыточных соединений, что наглядно продемонстрировало надежность и отказоустойчивость системы.

Отключение одного из серверов. В случае отключения одного из серверов система продолжала работать с минимальными сбоями, а резервный сервер принимал на себя нагрузки в автоматическом режиме.

Обработка 5000 сообщений в секунду. Система без проблем обработала весь объем данных за 7 с. Логирование и результаты в базе

данных подтверждают, что потерь данных не было и система справилась с нагрузкой эффективно.

Обработка 100 000 сообщений с разрывом соединения. При разрыве соединения основной сервер смог обработать 941 сообщение, в то время как резервный сервер принял на себя основную нагрузку, обработав 75 464 сообщения. Потери составили 23 595 сообщений, что показывает, что система справляется с отказами, но при определенных условиях потеря данных неизбежна.

Оценка размера буфера. Для обработки 5000 пакетов в секунду требуется буфер объемом 2048 байт. Для 10 000 пакетов – 20 480 байт.

Для 50 000 пакетов – 40 960 байт.

Это позволило выявить зависимость между нагрузкой на систему и необходимым размером буфера, что критично для поддержания производительности при высоких нагрузках.

Проведенные тесты продемонстрировали высокую степень отказоустойчивости и производительности системы. Автоматическое переключение между серверами, а также способность эффективно справляться с разрывами сетевых соединений гарантируют минимальные потери данных даже в условиях высокой нагрузки. Нагрузочные испытания выявили необходимость оптимизации параметров буфера для дальнейшего улучшения работы системы при интенсивной передаче данных.

Результаты испытаний дают уверенность в том, что система подходит для эксплуатации в реальных условиях, где требуется высокая надежность и способность быстро восстанавливаться после сбоев. Рекомендации по дальнейшей оптимизации будут полезны при разработке более сложных и надежных сетевых приложений и инфраструктур, способных выдерживать значительные нагрузки и минимизировать риски отказов.

Библиографический список

1. Lacharoj V., Sirisang P., Pukdesree S. Performance evaluation of distributed database on PC cluster computers [Электронный ресурс]. – 2010. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/228749856> (дата обращения: 20.12.2024).

2. Российская операционная система Astra Linux Special Edition [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.astralinux.ru> (дата обращения: 20.12.2024).

3. Григорьев В. Простой протокол управления сетью SNMP. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 320 с.

4. Возможности протокола SNMP / Р.П. Христофоров, М.В. Шиганова, И.В. Гусев, В.В. Гусев // Вестник современных исследований: сб. статей. – Омск, 2018. – С. 327–328

5. Кузнецов М.Н. PostgreSQL. Основы работы с СУБД. – М.: Диалектика, 2018. – 352 с.

6. Иванова Е.К. Профессиональное программирование на C++ с использованием Qt, SNMP и баз данных. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 672 с.

Сведения об авторе

Колесников Кирилл Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК-20-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: scorejz@mail.com

Д.В. Нагибин, А.Н. Кокоулин, А.А. Южаков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

УГРОЗЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В MLOPS

В статье рассматриваются возможные угрозы, методы атак и защиты информационной безопасности в MLOps (machine learning operations). Акцентируется внимание на недостатках имеющихся подходов к защите информационной безопасности MLOps, которые часто изолированы и не учитывают взаимодействие компонентов. Статья предлагает рассматривать безопасность MLOps как единую систему и выделяет MLSecOps (machine learning security operations) как решение для интеграции мер защиты на всех этапах жизненного цикла MLOps.

Ключевые слова: машинное обучение, MLOps, MLSecOps, информационная безопасность.

D.V. Nagibin, A.N. Kokoulin, A.A. Yuzhakov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

THREATS TO INFORMATION SECURITY IN MLOPS

This article analyzes potential threats, attack methods, and information security protection strategies within machine learning operations (MLOps). It highlights the shortcomings of existing MLOps security approaches, which are often isolated and fail to consider the interaction between components. The article proposes treating MLOps security as a unified system and identifies MLSecOps (Machine Learning Security Operations) as a solution for information security across all stages of the MLOps lifecycle.

Keywords: machine learning, MLOps, MLSecOps, information security.

С каждым днём технологии машинного обучения (ML – machine learning) всё чаще используются в повседневной жизни. Они позволяют упростить многие рутинные задачи и обрабатывать большие объёмы данных.

Одним из ярких примеров применения машинного обучения является разработка систем автопилотирования автомобилей, которые используют алгоритмы машинного зрения (computer vision), чтобы распознавать и интерпретировать окружающую среду вокруг автомобиля.

Такие системы обучаются на больших объёмах данных с целью научиться распознавать в кадре объекты, которые могут встречаться на пути автомобиля.

Основная задача таких систем – обеспечение точного и безопасного управления транспортным средством без участия человека. Но насколько безопасны системы, использующие машинное обучение?

Перед началом работы ИС, использующей машинное обучение, должна быть предварительно обучена модель нейронной сети. Процесс обучения обычно занимает много времени. В первую очередь это этап сбора данных для обучения (сбор датасетов). Затем собранные данные должны быть особым образом обработаны и размечены. После чего на базе этих данных происходит обучение модели нейронной сети. Сам процесс обучения требует значительных временных и вычислительных ресурсов. По окончании данного процесса модель проходит тестирование и оценку эффективности. Если модель не удовлетворяет предъявляемым требованиям, она может быть отправлена на дообучение. На каждом этапе жизненного цикла модели что-то может пойти не так. Причём проблема с безопасностью может проявиться далеко не сразу, что может привести к значительному ущербу, в том числе могут пострадать люди.

Цель данной статьи заключается в анализе существующих угроз информационной безопасности в процессе машинного обучения.

Основная часть. Для снижения рисков и повышения надёжности систем машинного обучения разрабатывается подход, называемый MLOps (Machine Learning Operations – операции машинного обучения). MLOps – интеграция практик DevOps с процессами разработки и эксплуатации моделей машинного обучения.

Это набор принципов, инструментов и процессов, направленных на автоматизацию, ускорение и совершенствование всего жизненного цикла модели машинного обучения, от разработки до развёртывания и мониторинга в реальном времени [1].

MLOps реализуется с помощью различных функциональных блоков, которые взаимодействуют между собой для обеспечения целостного процесса разработки и эксплуатации моделей машинного обучения (рисунок).

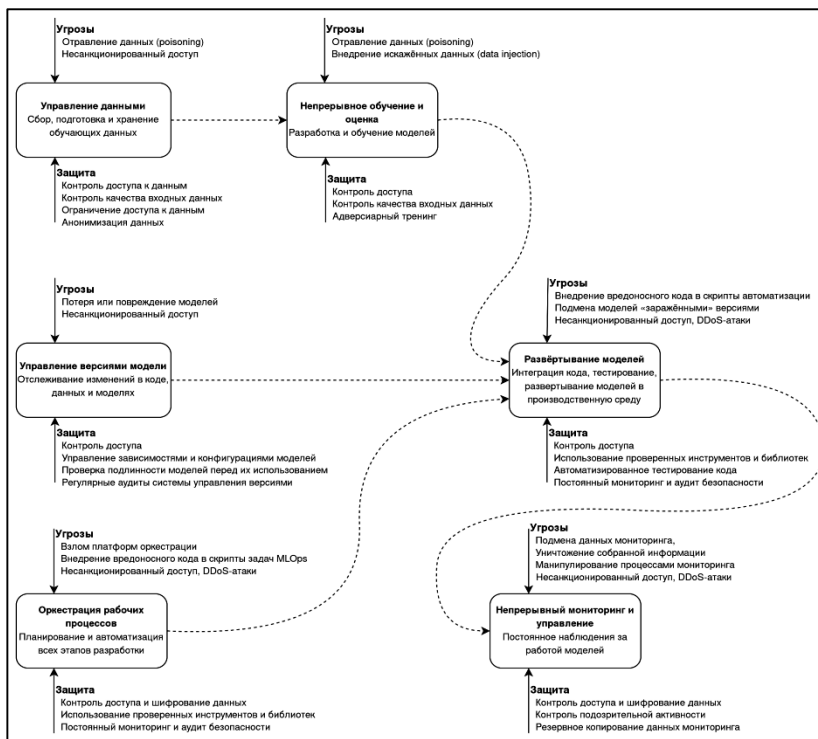


Рис. Обобщённая схема функциональных блоков MLOps

Среди основных функциональных блоков MLOps можно выделить:

- управление данными (data management);
- непрерывное обучение и оценка моделей (continuous model training and evaluation);
- управление версиями моделей (model versioning);
- развёртывание моделей (использование практик CI/CD);
- оркестрация рабочих процессов (workflow orchestration);
- непрерывный мониторинг и управление (continuous monitoring and control).

Перечисленные функциональные блоки взаимосвязаны и работают вместе, чтобы обеспечить надёжную, масштабируемую и эффективную разработку и эксплуатацию ML-систем [2]. Ниже представлена

краткая сводка для каждого функционального блока MLOps по угрозам, методам для атак и защиты, примерно оценены недостатки имеющихся методов защиты.

1. Блок «Управление данными» отвечает за сбор, подготовку и хранение обучающих данных моделей машинного обучения. Среди главных угроз можно выделить внедрение поддельных данных и повреждение существующих данных, что может привести к искажению результатов работы модели. Также злоумышленники могут осуществлять несанкционированный доступ к данным с целью получения конфиденциальной информации. Для защиты от атак стоит внедрить контроль качества входных данных, ограничить доступ к данным и произвести анонимизацию (удаление личной информации из обучающих наборов). Однако проверка качества данных может быть сложной, анонимизация не всегда полная, а базы данных остаются уязвимыми для взломов [3, 4].

2. Блок «Непрерывное обучение и оценка моделей» отвечает за разработку и обучение моделей машинного обучения, а также оценку их производительности. Атаки на этот блок реализуются путём отравления тренировочных данных («poisoning») и внедрения преднамеренно искажённых данных в обучающую выборку («data injection»), в результате чего модель может выдавать неверные результаты.

Для защиты можно использовать проверку качества данных и адверсариальный тренинг (adversarial training), в рамках которого модель обучается на специально искажённых данных. Однако эффективность этих мер может быть ограничена сложностью обнаружения «отравленных» данных в больших объёмах информации и постоянным совершенствованием методов атак [5].

3. Блок «Управление версиями моделей» отвечает за отслеживание изменений в коде, данных и моделях. В рамках данного блока возможно умышленное изменение моделей злоумышленниками, а также возможна потеря или повреждение модели во время передачи или хранения.

Злоумышленники могут попытаться взломать систему контроля версий, чтобы получить доступ к исходным кодам или параметрам моделей, а также создать поддельные версии моделей с модифицированными параметрами.

Для защиты от подобных угроз возможно ограничение доступа к системе, управление зависимостями и конфигурациями моделей, включающее в себя документирование и автоматизацию установки обновлений. Важно также использовать механизмы проверки подлинности моделей перед их применением и проводить регулярные аудиты системы управления версиями. Однако реализация предложенных мер может быть труднореализуема. Например, контроль доступа может быть уязвим к обходу через незащищенные каналы передачи данных [4, 5].

4. Блок «Развёртывание моделей» является ключевым элементом разработки и развёртывания ML-моделей. Он включает в себя интеграцию кода, тестирование и развёртывание обученных моделей в производственную среду с помощью CI/CD (continuous integration/continuous delivery – непрерывная интеграция/непрерывная доставка) [6, с. 261]. На данном этапе злоумышленники могут внедрять вредоносный код в скрипты автоматизации, подделывать обучающие данные, заменять модели «заражёнными» версиями или осуществлять DDoS-атаки для проникновения в систему CI/CD и получения контроля над моделями.

Для защиты необходимо использовать проверенные инструменты и библиотеки (прошедшие аудит), автоматизированное тестирование кода, контроль доступа и шифрование данных. Важно также осуществлять постоянный мониторинг и аудит безопасности. При этом обеспечение полной безопасности может быть сложной задачей из-за постоянно развивающиеся методов атак [3].

5. Блок «Оркестрация рабочих процессов» отвечает за планирование и автоматизацию всех этапов разработки моделей машинного обучения. Угрозы для этого блока связаны с возможностью взлома платформ оркестрации и внедрением вредоносного кода в скрипты задач MLOps, что может привести к искажению результатов работы модели или сбоям в работе системы.

Для защиты от подобных угроз необходимо внедрить строгие меры контроля доступа к платформам оркестрации, шифрование конфиденциальной информации на всех этапах обработки, мониторинг системы и проверку кода на уязвимости. Несмотря на это, полная защита не может быть гарантирована [3].

6. Блок «Непрерывный мониторинг и управление» предназначен для постоянного наблюдения за работой моделей в реальном времени, чтобы своевременно реагировать на потенциальные проблемы. Злоумышленники могут попытаться подменить данные мониторинга или уничтожить собранную информацию, тем самым усложняя обнаружение атак. Атаки могут представлять из себя DDoS-атаки с целью перегрузки системы мониторинга, а также могут быть направлены на манипулирование процессами мониторинга.

Для защиты от атак необходимо производить регулярную проверку системы на подозрительную активность и регулярно создавать резервные копии данных мониторинга. Тем не менее угрозы постоянно эволюционируют и требуют постоянного совершенствования систем безопасности [4; 6, с. 202].

Заключение. Очень часто при разработке ИС большее внимание уделяется функциональности и производительности системы, чем вопросам информационной безопасности. Такой подход опасен тем, что грозит серьезными последствиями для отдельных лиц и организаций, поскольку уязвимости в информационной безопасности систем могут привести к утечкам данных, манипулированию результатами, сбоям в работе. Современные исследования в области защиты MLOps зачастую сосредоточены на улучшении безопасности отдельных блоков (обучение модели, развертывание, мониторинг), но недостаточно внимания уделяют взаимодействию этих компонентов в комплексе. Для преодоления этих вызовов необходим новый подход, который рассматривает безопасность MLOps не как набор изолированных мер, а как единую систему.

Отсюда вытекают задачи исследования:

- исследовать, как конкретные практики и инструменты защиты могут быть эффективно интегрированы в существующие процессы каждого блока MLOps;
- определить оптимальные механизмы взаимодействия между блоками MLOps для обеспечения целостной безопасности;
- рассмотреть возможность создания системы, отслеживающей уязвимости и угрозы в реальном времени с целью своевременного оповещения о потенциальных инцидентах.

Решением может стать MLSecOps (Machine Learning Security Operations – операции по обеспечению безопасности машинного обучения). Данный подход фокусируется на интеграции мер по защите данных и моделей на всех этапах жизненного цикла MLOps.

MLSecOps рассматривает безопасность как непрерывный процесс и предполагает постоянный мониторинг, анализ и адаптацию мер безопасности в соответствии с эволюцией угроз и архитектуры MLOps [7].

Библиографический список

1. Bodor A., Hnida M., Daoudi N. Machine Learning Models Monitoring in MLOps Context: Metrics and Tools // International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM). – 2023. – Vol. 17. – Machine Learning Models Monitoring in MLOps Context. – № 23. – P. 125–139.

2. Kreuzberger D., Kühl N., Hirschl S. Machine Learning Operations (MLOps): Overview, Definition, and Architecture // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – Machine Learning Operations (MLOps). – P. 31866–31879.

3. Намиот Д.Е., Зубарева Е.В. О работе AI Red Team // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Vol. 11, № 10. – P. 130–139.

4. Намиот Д.Е. Схемы атак на модели машинного обучения / Д.Е. Намиот // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Vol. 11. – № 5. – С. 68–86.

5. Намиот Д.Е., Ильюшин Е.А., Чижов И.В. Атаки на системы машинного обучения - общие проблемы и методы // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Vol. 10, № 3. – С. 17–22.

6. Амейзен Э. Создание приложений машинного обучения. От идеи к продукту: Библиотека программиста. Создание приложений машинного обучения. – СПб.: Питер, 2023. – 256 с.

7. Saputra A., Suryani E., Rakhmawati N.A. The Robustness of Machine Learning Models Using MLSecOps: A Case Study On Delivery Service Forecasting // 2023 14th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS) 2023 14th International

Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS). – 2023. – The Robustness of Machine Learning Models Using MLSecOps. – P. 265–270.

Сведения об авторах

Нагибин Дмитрий Викторович – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИТТ-24, Пермь, Российская Федерация, e-mail: d.nagibin2014@ya.ru

Кокоулин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: a.n.kokoulin@at.pstu.ru

Южаков Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: uz@at.pstu.ac.ru

Н.Н. Шибанова, А.И. Тур

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ

В этой статье исследуется математическая модель системы обеспечения доступности данных для центра обработки данных. Основными способами борьбы с взаимоблокировками являются: timeout based, wait-for graph based, timestamp based. У каждого существующего способа есть свои достоинства и недостатки. В статье используется математическая модель для выбора оптимального способа обеспечения доступности данных на примере центра обработки данных.

Ключевые слова: взаимоблокировки, центр обработки данных, транзакции, персональные данные, доступность данных, база данных, timeout based, wait-for graph based, timestamp based.

N.N. Shibanova, A.I. Tour

Perm National Research Polytechnic University, Perm

BUILDING A SYSTEM MODEL ENSURING DATA AVAILABILITY

This article explores a mathematical model of a data availability system for a data center. The main ways to deal with deadlocks are: timeout based, wait-for graph based, timestamp based. Each existing method has its advantages and disadvantages. The article uses a mathematical model to select the optimal way to ensure data availability using the example of a data processing center.

Keywords: deadlocks, data center, transactions, personal data, data availability, database, timeout based, wait-for graph based, timestamp based.

Объектом защиты является центр обработки данных (далее – ЦОД), в котором для информационной системы персональных данных соответствует своя база данных (далее – БД). В целях соблюдения [1] каждая БД состоит:

- из наименования (фамилии, имени, отчества), адреса оператора;
- цели обработки персональных данных (далее – ПДн);

- категории ПДн;
- категории субъектов, ПДн которых обрабатываются;
- правового основания обработки ПДн;
- перечня действий с ПДн;
- описания используемых оператором способов обработки ПДн;
- фамилии, имени, отчества физического лица или наименования юридического лица, ответственных за организацию обработки ПДн, и номера их контактных телефонов, почтовых адресов и адресов электронной почты;
- даты начала обработки ПДн;
- срока или условия прекращения обработки ПДн.

Архитектура сети ЦОД состоит из локальной сети, которая включает в себя подсистему контроля доступа (рабочие места группы контроля доступа), и подсистему мониторинга и управления (рабочие места группы мониторинга и управления), и демилитаризованной зоны, которая включает в себя подсистему хранения данных (аналитический модуль, сервер баз данных, файловый сервер, сервер приложений).

Требования, которым должен соответствовать ЦОД:

1. Целостность ресурсов и данных.
2. Высокий уровень надежности.
3. Отсутствие отказов в обслуживании.
4. Обеспечение доступности ресурсов:
 - допустимая потеря данных не более 1 %;
 - допустимое время восстановления данных не более 20 с.
5. Минимальное время простоя ресурсов.
6. Гарантия нахождения взаимоблокировок или их отсутствие.

В табл. 1 представлено сравнение существующих способов борьбы с взаимоблокировками, описанными в актуальных публикациях ИБ [2, 3].

Для выбора оптимального способа борьбы с взаимоблокировками в ЦОД, содержащего БД, требуется создать математическую модель. В модели предлагается поделить все метрики на три группы по способу влияния на систему: «критичное», «некритичное» и «влияние отсутствует».

Таблица 1

Сравнительная таблица

Способ	Плюсы	Минусы
Timeout based	Отсутствуют	1. Отсутствует гарантия, что отмененная транзакция участвовала в взаимоблокировке транзакций. 2. Увеличение времени перерыва увеличивает время выявления заблокированных транзакций. 3. Увеличивается время простоя запросов, ожидающих ресурсов, захваченных намертво заблокированными транзакциями, но не участвующих в этой взаимоблокировке
Wait-for graph based	1. Зависимости в граф добавляются и (или) уничтожаются по мере получения и (или) снятия блокировок. 2. Гарантируется, что найдется именно мертвая блокировка, и все мертвые блокировки обнаружатся. 3. Сервер разрешает конфликты с наименьшими потерями, так как обладает информацией о тупиковой ситуации	1. Частота проверки блокировок в графе ожидания на наличие циклов не известна. 2. Существуют большие затраты делать проверки, так как необходимо делать их часто, а количество обычных блокировок намного выше мертвых. 3. Взаимоблокировка не исчезает, а дожидается, пока ее разрешат
Timestamp based	1. Взаимоблокировки не допускаются. 2. При выполнении откатов временная метка сохраняется, и любая транзакция со временем гарантировано стает самой «старшей». Это означает, что ее не откатят	Существует большое количество откатов

Для каждой метрики выставить оценки по следующим принципам:

1. Для метрик, которые критично влияют на работу ЦОД, содержащего БД, если способ борьбы с взаимоблокировками обеспечивает этот метод, то выставляется балл «+5».

2. Для метрик, которые критично влияют на работу ЦОД, содержащего БД, если способ борьбы с взаимоблокировками не обеспечивает этот метод, то выставляется балл «-5».

3. Для метрик, которые не критично влияют на работу ЦОД, содержащего БД, если способ борьбы с взаимоблокировками обеспечивает этот метод, то выставляется балл «+2».

4. Для метрик, которые не критично влияют на работу ЦОД, содержащего БД, если способ борьбы с взаимоблокировками обеспечивает этот метод, то выставляется балл «-2».

5. Для метрик, которые не влияют на работу ЦОД, содержащего БД, выставляется балл «0».

Далее из каждой группы метрик выделить среднюю оценку. Средние оценки между собой сложить. Способ начисления баллов представлен в табл. 2.

Таблица 2

Оценивание метрик

Метрики	Балл	
	если метод обеспечивает показатель	если метод не обеспечивает показатель
Метрики, которые критично влияют на работу ЦОД с БД	+5	-5
Метрики, которые не критично влияют на работу ЦОД с БД	+2	-2
Метрики, которые не влияют на работу ЦОД с БД	0	0

К метрикам, которые критично влияют на работу ЦОД с БД, можно отнести: «целостность», «отсутствие отказов в обслуживании», а также «доступность ресурсов».

К метрикам, которые не критично влияют на работу ЦОД с БД, можно отнести: «способности быстро и эффективно реагировать на сбои», «время простоя ресурса», «отсутствие взаимоблокировок».

К метрикам, которые не влияют на работу ЦОД с БД, можно отнести те метрики, которые нельзя оценить в выбранном методе.

Оценка производится по шкале:

От -7 до 0 – метод неоптимальный;

От 0,01 до 3 – метод оптимальный;

От 3,01 до 7 – наиболее оптимальный метод.

Применим математическую модель выбора наиболее оптимального способа борьбы с взаимоблокировками для ЦОД, содержащим БД, в соответствии с поставленными требованиями:

1. Разделим поставленные требования (метрики) на 3 группы по способу влияния на ЦОД, содержащего БД. В табл. 3 представлено разделение метрик по способу влияния на ЦОД, содержащего БД.

Таблица 3

Разделение метрик по способу влияния на ЦОД, содержащего БД

Группа требований по способу влияния на ЦОД, содержащего БД	Поставленные требования
Критично влияют на работу ЦОД, содержащего БД	Целостность ресурсов
	Целостность данных
	Высокий уровень надежности
	Отсутствие отказов в обслуживании
	Допустимая потеря данных
	Допустимое время восстановления
Не критично влияют на работу ЦОД, содержащего БД	Время простоя ресурса
	Гарантия нахождения взаимоблокировок
	Отсутствие взаимоблокировок
Не влияют на работу ЦОД, содержащего БД	Для рассматриваемого объекта данная группа метрик отсутствует

Таблица 4

Оценивание способов борьбы с взаимоблокировками

Требование	Timeout based	Wait-for graph based	Timestamp based
Целостность ресурсов	–5	+5	–5
Целостность данных	–5	+5	–5
Высокий уровень надежности	–5	+5	+5
Отсутствие отказов в обслуживании	–5	-5	–5
Допустимая потеря данных	–5	+5	+5
Допустимое время восстановления данных	–5	+5	+5
Средняя оценка:	–5	+3,33	0
Время простоя ресурса	–2	0	+2
Гарантия нахождения взаимоблокировок	–2	+2	0
Отсутствие взаимоблокировок	–2	–2	+2
Средняя оценка:	–2	0	+2
ИТОГО:	–7	+3,33	+2,23

2. Начисление баллов каждой из метрик, расчеты средней оценки по каждой группе метрик, сложение средних оценок представлено в табл. 4.

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что для ЦОД, в котором для каждой информационной системы персональных данных соответствует своя БД, оптимальным способом является Wait-for graph based.

Этот способ соответствует поставленным требованиям: существует гарантия, что взаимоблокировка будет найдена и уничтожена, что обеспечивает целостность ресурсов и данных, высокий уровень надежности, а также нужный уровень доступности данных.

Но так как в этом способе взаимоблокировки присутствуют, то для уменьшения их количества в ЦОД предлагается использовать следующие рекомендации:

- придерживаться единого порядка доступа ко всем ресурсам. Необходимо составить документ, в котором описан рекомендуемый порядок перехода между ресурсами;

- отказаться от записи движения транзакции в явном виде, а все движения записывать платформой – гарантировано в одинаковом порядке;

- придерживаться правила: транзакция не возвращается к уже заблокированному ей же ресурсу. При строгом соблюдении данного правила мертвые блокировки невозможны;

- выявлять причины появления взаимоблокировок: необходимо анализировать errorlog и данные Profiler'a, смотреть, на каких ресурсах произошла взаимоблокировка, какие транзакции блокировали друг друга.

Библиографический список

1. О персональных данных: федер. закон №152-ФЗ (принят Государственной Думой 27 июля 2006 г.) [Электронный ресурс] // Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

2. Бодягин И. Что такое взаимоблокировки и как с ними бороться? [Электронный ресурс] // Инновации и инвестиции. – URL: <https://www.rsdn.org/article/db/deadlocks.xml> (дата обращения: 20.12.2024).

3. Dinesh Thakur. How to Handling a Deadlocks? [Электронный ресурс] // Computer Notes. – URL: <https://ecomputernotes.com/database-system/rdbms/handling-a-deadlocks> (дата обращения: 20.12.2024).

Сведения об авторах

Шибанова Наталья Николаевна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. БИС-19-1с, Пермь, Российская Федерация, e-mail: natasha.shibanova.2001@mail.ru

Тур Александр Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tur.aleksandr93@mail.ru

И.И. Заиченко, А.А. Южаков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СЦЕНАРИЕВ
ПОВЕДЕНИЯ В РОССИЙСКИХ РЕШЕНИЯХ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИВИЛЕГИРОВАННЫМ ДОСТУПОМ**

Данная работа направлена на разработку модели обучения искусственного интеллекта, адаптированной к потребностям российских РАМ-решений. Основное внимание уделяется созданию решений, способных эффективно обрабатывать сложные поведенческие сценарии, учитывать особенности отечественного законодательства и требований к защите данных. Предлагаемая модель нацелена на минимизацию ложноположительных срабатываний, улучшение точности анализа и повышение уровня автоматизации процессов информационной безопасности.

Ключевые слова: РАМ, модель, обучение, контекст, ложные срабатывания.

I.I. Zaichenko, A.A. Yuzhakov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**DEVELOPMENT OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE
LEARNING MODEL FOR THE IMPLEMENTATION
OF COMPLEX BEHAVIOR SCENARIOS IN RUSSIAN
PRIVILEGED ACCESS MANAGEMENT SOLUTIONS**

This article is aimed at developing an artificial intelligence training model adapted to the needs of Russian PAM solutions. The main focus is on creating solutions that can effectively handle complex behavioral scenarios, take into account the specifics of domestic legislation and data protection requirements. The proposed model is aimed at minimizing false positives, improving the accuracy of analysis and increasing the level of automation of information security processes.

Keywords: PAM, model, learning, context, false positives.

В условиях цифровизации и стремительного роста объемов данных вопросы кибербезопасности становятся ключевыми для обеспечения стабильного функционирования информационных систем. Управление привилегированным доступом (Privileged Access Management,

РАМ) является одной из важнейших составляющих защиты критической инфраструктуры, так как компрометация привилегированных учетных записей может привести к значительным экономическим и репутационным потерям организаций [1].

На текущий момент российские РАМ-решения демонстрируют значительный прогресс в области управления доступом и мониторинга действий пользователей. Однако внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) для анализа сложных сценариев поведения остается актуальной задачей. Такие технологии, как машинное обучение и аналитика поведения пользователей (User and Entity Behavior Analytics, UEBA), обладают большим потенциалом для выявления аномалий, предотвращения внутренних и внешних угроз, а также повышения общей эффективности системы управления доступом [2].

В российских системах управления привилегированным доступом технологии UEBA находят применение для повышения уровня безопасности и минимизации внутренних и внешних угроз. Основная роль UEBA заключается в мониторинге активности привилегированных пользователей, выявлении аномалий в их поведении и автоматическом предупреждении потенциальных угроз.

Ключевые задачи, решаемые с использованием UEBA в российских РАМ-решениях, включают:

1. Анализ поведения пользователей: UEBA позволяет отслеживать действия пользователей и сопоставлять их с типичными паттернами. Например, если администратор доступа выполняет операции в нехарактерное для него время суток или с непривычного устройства, система может зафиксировать это как аномалию.

2. Интеграция с SIEM и другими решениями: многие российские РАМ-системы используют UEBA в связке с SIEM для обмена данными об инцидентах и корреляции событий в реальном времени.

3. Автоматизация реакции на инциденты: UEBA может автоматически ограничивать действия пользователя, подозреваемого в аномальной активности, вплоть до полного блокирования учетной записи.

К основным недостаткам применения UEBA в российских РАМ-решениях относится:

- высокий уровень ложноположительных срабатываний: несмотря на использование ИИ и машинного обучения, отечественные РАМ-

решения с UEBA часто сталкиваются с трудностями в корректной интерпретации сложных сценариев поведения. Это приводит к избыточному числу предупреждений, которые отвлекают администраторов безопасности;

- недостаточная адаптация моделей машинного обучения: модели, используемые в российских РАМ-системах, иногда не учитывают локальную специфику, например, особенности работы в условиях ограниченного Интернета или специфические шаблоны поведения пользователей в российских организациях;

- зависимость от статических правил: в некоторых случаях UEBA решения работают в связке с устаревшими подходами, основанными на статических правилах, что снижает эффективность анализа сложных и новых угроз [3].

В ходе разговоров с экспертами в области использования и внедрения UEBA в разные средства защиты информации, в том числе и РАМ, 10 из 14 специалистов отметили ложноположительные срабатывания как одну из ключевых проблем, так как данная модель не может включать в себя все особенности отдельно взятой организации и требуется более точная настройка.

Для решения вышеперечисленных проблем в российских РАМ-решениях разрабатывается модель обучения искусственного интеллекта, которая учитывает следующие пункты:

1. Качественные данные для обучения модели:

- сбор более качественных данных: обеспечение сбора данных, которые максимально точно отражают реальное поведение пользователей с учетом особенностей конкретной организации. Это включает учет временных зон, типов задач, отраслевых стандартов и практик;

- агрегация и очистка данных: удаление шума, дублированных записей и данных, которые могут ввести модель в заблуждение. Использование механизмов предобработки, таких как фильтрация нерелевантных событий.

Настоящий раздел подразумевает решение с помощью применения алгоритмов для поиска и удаления дублирующих записей, с использованием идентификаторов событий и временных меток. Настройка правил или использование алгоритмов, чтобы игнорировать события, которые не влияют на анализ (например, автоматические си-

стемные события, не относящиеся к пользователю). Применение техник предобработки, таких как нормализация, категоризация, агрегация данных. Данный подход закрывает недостаточную адаптацию моделей машинного обучения.

2. Оптимизация алгоритмов машинного обучения:

- использование гибридных моделей: вместо одной модели применять комбинацию подходов – сочетание правил, статистического анализа и нейронных сетей. Это снижает вероятность ложных срабатываний;

- персонализация моделей: обучение модели на данных конкретной организации, чтобы учитывать особенности её процессов и шаблонов поведения [4].

Данный пункт заключается в обучении ИИ на метках аномального и нормального поведения разных пользователей в определённой организации. Это позволит не только применять статические правила при анализе данных, но и учитывать какие-то стандартные, допустимые отклонения. Тем самым настоящий подход закрывает такой недостаток, как зависимость от статических правил.

3. Контекстуализация анализа:

- учет бизнес-контекста: аномалии должны оцениваться не только на основе поведения пользователя, но и с учетом контекста: типа выполняемой задачи, времени суток, а также изменений в инфраструктуре организации;

- индивидуальные профили риска: создание модели риска для отдельных пользователей и групп. Например, действия администратора системы могут быть нормальными для его профиля, но аномальными для рядового сотрудника.

4. Тестирование и мониторинг моделей:

- пилотные проекты: применение модели в тестовом режиме на ограниченном наборе данных, чтобы выявить их слабые стороны и доработать алгоритмы до развертывания в реальной среде;

- многоуровневая проверка: использование нескольких уровней анализа – от базового мониторинга до глубокого анализа аномалий.

5. Моделирование сложных сценариев поведения:

- использование моделирования бизнес-процессов: разработка моделей, которые учитывают полный контекст действия, а не только отдельные параметры;

– симуляция аномалий: использование тестовых данных для моделирования сложных сценариев.

Тем самым предложенные решения под номерами «1» и «3» будут в совокупности закрывать недостаток, связанный с недостаточной адаптацией моделей обучения ИИ. Предложенные варианты под номерами «2» и «4» исключают зависимость от использования только статических правил. Как итог, в совокупности все эти методы, а также метод под номером «5», приводят к снижению ложноположительных срабатываний и повышает качество обработки данных.

Ниже на рисунке представлена схема модели обучения ИИ для снижения ложноположительных срабатываний.

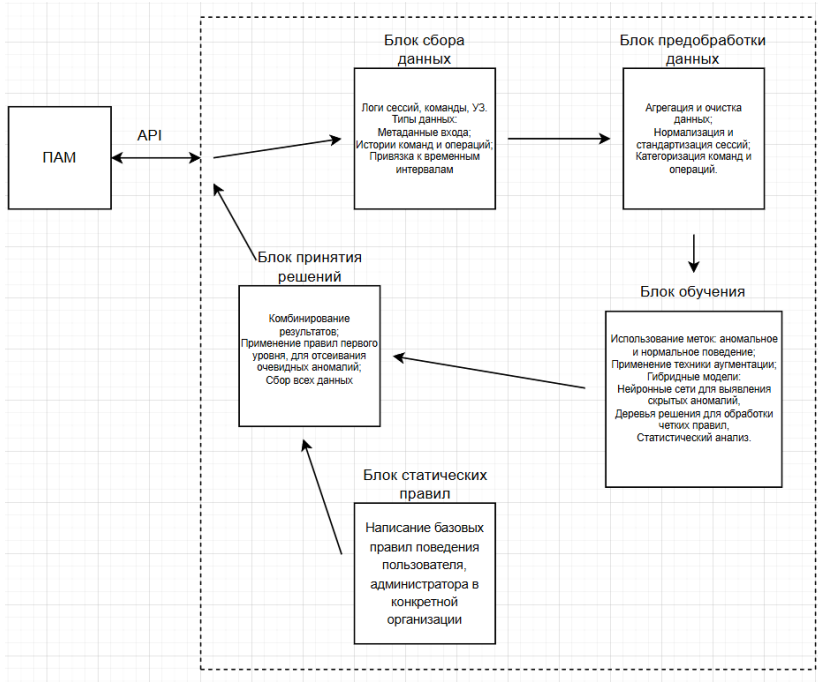


Рис. Схема модели обучения ИИ

Таким образом, разработка модели обучения искусственного интеллекта для реализации сложных сценариев поведения в российских

решениях управления привилегированным доступом является важным шагом к повышению уровня информационной безопасности. Предложенные подходы, включающие снижение уровня ложноположительных срабатываний, адаптацию моделей к локальной специфике и поддержку сложных сценариев поведения, демонстрируют высокую эффективность при решении ключевых проблем в области управления привилегированными учетными записями.

Библиографический список

1. Олейников В.Г. Технологии защиты информации: от основ к практике. – М.: СОЛОН-Пресс, 2018. – 384 с.
2. Руководство администратора. СКДПУ НТ. Шлюз доступа.
3. Руководство администратора. РАМ Infrascopre.
4. Мёрфи К. Машинное обучение. Руководство для инженеров и ученых. – М.: Вильямс, 2021. – 1160 с.

Сведения об авторах

Заиченко Иван Иванович – студент Пермского национально исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: vano20-2001@mail.ru

Южаков Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национально исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: uzalex13@gmail.com

А.В. Клепцин, С.А. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛА МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАФИКА GEONET В СЕТЯХ V2X

В этой статье рассматривается процесс разработки протокола взаимодействия устройств дорожной инфраструктуры V2X с интеллектуальными транспортными системами. Выполнен анализ существующих решений – их преимуществ и недостатков. Обоснована разработка собственного протокола. Разработана и реализована спецификация протокола прикладного уровня.

Ключевые слова: алгоритм маршрутизации трафика, телекоммуникационный элемент дорожной инфраструктуры, V2X, GeoNet, ETSI, безопасность дорожного движения, сетевой протокол.

A.V. Klepcin, S.A. Tiurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

GEONET ROUTING PROTOCOL ANALYSIS IN V2X

This article discusses the process of developing an application layer telemetry control and collection protocol for a V2X road infrastructure telecommunications element. The stages of analysis of existing solutions – their advantages and disadvantages are considered. The decision to develop our own protocol is justified. The application level protocol specification was developed and implemented in software.

Keywords: network traffic routing algorithm, telecommunication element of road infrastructure, V2X, GeoNet, ETSI, road safety, network protocol.

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций. Другими словами, это переход от человеческой рабочей силы, к более мощной – механической, а человеку остается лишь отслеживать правильность выполнения поставленной задачи.

Для решения данной задачи был разработан стандарт общения между устройствами под общим названием V2X (Vehicle to Everything), содержащий в себе множество ранее разработанных протоколов обмена информацией, таких как V2V (Vehicle To Vehicle) [1], V2I (Vehicle To Infrastructure) [2], V2H (Vehicle To Human) и мн. др.

Особенности построения сетей V2X. Сети V2X имеют сходные особенности построения с мобильными сетями связи. Самым важным аспектом в таких сетях является вопрос местонахождения абонента.

Местонахождение абонента в мобильных сетях необходимо в первую очередь для корректного выбора базовой станции, т.е. выстраивается некоторая зависимость «абонент – инфраструктура», и алгоритмы маршрутизации трафика, используемые в мобильных сетях, разработаны исходя из этой парадигмы.

Для сетей V2X требования отличаются, так как основное общение абонентов происходит по схеме «все со всеми» (широковещательные сообщения). Это требует использовать иные подходы при разработке алгоритмов маршрутизации трафика, с использованием информации о геопозиции абонента. Такая технология получила название GeoNet [3] (Geonetworking): GeoNet – технология маршрутизации данных в географически распределенных сетях, способная работать в условиях, отсутствия какой-либо инфраструктуры (общение «абонент – абонент»).

Сравнение алгоритмов, применяемых в мобильных сетях и технологии GeoNet, применяемой в сетях V2X, представлена в таблице.

Исходя из анализа, представленного в таблице, можно сделать вывод, что основное преимущество в использовании технологии GeoNet в сетях V2X – отсутствие потребности в наличии инфраструктуры (базовые станции), необходимой для обмена данными между абонентами сети. Этот критерий является решающим в пользу GeoNet как технологии транспортного уровня стека V2X, так как необходимо обеспечивать минимальные задержки в общении между абонентами сети (а общение «абонент – инфраструктура – абонент» по определению дает большие задержки, чем прямое общение «абонент – абонент») для достижения высокого уровня безопасности движения транспортных средств. Зависимость от инфраструктуры не позволяет реализовывать сценарии безопасного движения V2X в местах, где нет покрытия инфраструктурой (карьеры), а значит сильно сузит перечень возможных мест применения данной технологии.

Сравнение алгоритмов маршрутизации трафика в мобильных сетях и технологии GeoNet

Показатель	Мобильные сети	GeoNet
Основная цель использования	Обеспечить эффективную передачу данных между мобильными устройствами (абонентами) и сетевой инфраструктурой	Ориентирована на маршрутизацию данных в географически распределенных сетях, где устройства могут находиться вне досягаемости сетевой мобильной инфраструктуры. GeoNet используется для обмена информацией между устройствами на основе их географического положения, что особенно актуально для приложений управления движением
Метод маршрутизации	IP-маршрутизация, Mobile IP, MPLS, SDN, NFV и другие. Обеспечивают работу мобильных устройств в условиях постоянного изменения сети	Используется концепция геоориентированной маршрутизации, где маршруты определяются на основе местоположения устройств. Позволяет маршрутизировать трафик между устройствами в условиях отсутствия инфраструктуры
Тип данных	Голосовые вызовы (звонки), текстовые сообщения, видео и интернет-трафик	Передача данных, связанных с местоположением: информация о движении (местоположение, скорость, угол относительно севера и так далее), данные о состоянии окружающей среды (температура, осадки, состояние дорожного покрытия) и другие геоинформационные данные
Требования к инфраструктуре	Непосредственно зависит от существующей сетевой инфраструктуры: базовые станции, маршрутизаторы и т.д. Такие сети требуют наличия централизованного управления	Работает в условиях отсутствия инфраструктуры, полагаясь на прямую связь между устройствами (широковещательное общение). Это делает технологию более подходящей быстро меняющейся сети, где новые абоненты постоянно появляются и исчезают (автомобили)

Алгоритмы маршрутизации трафика в сетях V2X. Для достижения высоких показателей безопасности движения с использованием технологии V2X необходимо решить ряд проблем, таких как задержка передачи данных, пропускная способность канала и т.д. Так как ПО на устройствах, реализующих технологию V2X, не влияет на физические параметры при передаче сигнала, могут использоваться специальные

«техники» работы в сети, оптимизирующие (снижающие) нагрузку на канал связи. Например, можно снизить количество передаваемых пакетов (сообщений, таких как CAM, DENM и т.д.) от устройства к устройству или изменить схему ретрансляции сообщений от одного V2X-устройства к другому.

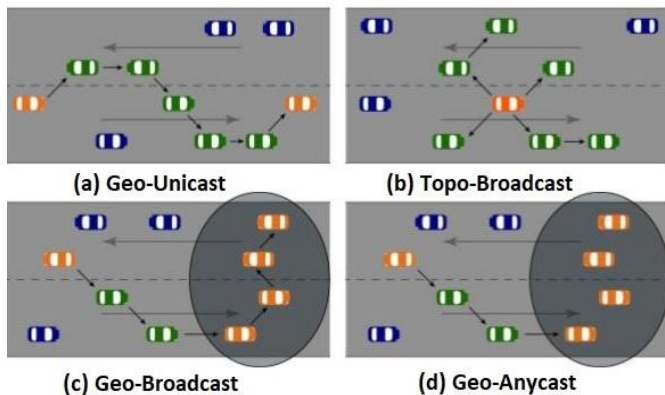


Рис. Графическое представление алгоритмов маршрутизации трафика, применяемых в GeoNet для передачи пакетов между абонентами сети

Рассмотрим алгоритмы маршрутизации трафика, применяемые в GeoNet (графическое изображение рассматриваемых алгоритмов маршрутизации представлено на рисунке):

- **Geo-Unicast**: реализует доставку пакета на заданный узел в определенном географическом местоположении. Данный метод передачи пакетов похож на обычное использование UDP: обмен информацией происходит с конкретным абонентом сети. При этом абонент, которому предназначается пакет, может не быть в зоне прямой радиовидимости, тогда пакет передается по цепочке от одного устройства к другому, пока не достигнет «адресата»;

- **Topo-Broadcast**: реализует доставку пакетов всем абонентам сети, находящимся на заданном расстоянии от передающего устройства. Причем информация от источника информации до самых крайних нод, находящихся на заданном расстоянии, передается по цепочке от ноды к ноды;

– Geo-Broadcast: реализует доставку пакета всем абонентам сети в заданной географической зоне. При этом источник пакета не обязан находится в этой географической зоне;

– Geo-Anycast: реализует передачу пакетов хотя бы одному абоненту сети в указанной географической области. Источник пакетов аналогично Geo-Broadcast не обязан находится в заданной геоzone.

Разные алгоритмы передачи информации позволяют оптимизировать (локализовать) трафик в сети V2X.

Рассмотрим несколько примеров использования разных алгоритмов передачи пакетов для разных типов V2X сообщений:

– сообщение RTCMEM содержит в себе корректирующую информацию для навигационных приемников. Данная информация действует в определенном радиусе (около 10 км) с центром в местоположении БС, генерирующей данные корректировки. Для таких типов сообщений правильным алгоритмом передачи информации будет Geo-Broadcast с количеством промежуточных абонентов = 1 (hop limit = 1), что означает следующие: «передай это сообщение всем абонентам в данной географической зоне, но не проси их пересылать сообщение дальше»;

– сообщение SPATEM, содержащее информацию о состоянии светофорного объекта, должно передаваться с использованием алгоритма Geo-Broadcast и количеством промежуточных абонентов n (параметр n зависит от того, насколько далеко мы хотим передавать информацию о статусе светофора). Такое решение позволяет OBU получать информацию о статусе работы светофорного объекта на перекрестке за несколько перекрестков до этого и отображать рекомендательную информацию для водителя, какую скорость необходимо поддерживать для преодоления перекрестка на зеленый сигнал светофора;

– примером использования алгоритма Geo-Unicast может являться передача специальных данных, например передача файла обновления от RSU на OBU, которые должны быть адресованы конкретному абоненту сети.

Вывод. В рамках данной работы проведен анализ существующих алгоритмов маршрутизации трафика и их сравнение с технологией маршрутизации трафика GeoNet. Рассмотрены причины необходимости разработки нового алгоритма маршрутизации трафика в сетях, что привело к появлению технологии GeoNet.

Рассмотрены алгоритмы маршрутизации трафика, которые применяются при передаче пакетов в GeoNet, а также приведены примеры выбора разных типов маршрутизации для разных сценариев распространения V2X-сообщений.

Библиографический список

1. ПНСТ Предварительный национальный стандарт Российской Федерации (Первая редакция). Установление требований в отношении сетевого взаимодействия транспортных средств с высокой степенью автоматизации управления между собой (V2V). – М.: Стандартинформ, 2019.

2. ПНСТ Предварительный национальный стандарт Российской Федерации (Первая редакция). Установление требований в отношении сетевого взаимодействия транспортных средств с высокой степенью автоматизации управления с инфраструктурой (V2I). – М.: Стандартинформ, 2019.

3. EN 302 636-4-1 - V1.4.0 Vehicular Communications; GeoNetworking.

Сведения об авторах

Клеппин Алексей Васильевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: kvs2060@gmail.com

Тюрин Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tiurinsa@yandex.ru

А.Д. Качин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОММУТАТОРА KRM_5960_28F

В статье рассмотрена разработка автоматизированной системы тестирования для коммутатора krm_5960_28f. Традиционные методы ручного тестирования являются трудозатратными и подвержены человеческому фактору. Предложенная система автоматизирует процесс проверки функциональности и производительности коммутатора, что позволяет значительно сократить время тестирования и повысить его качество. В рамках работы реализованы модули обработки сценариев, управления устройствами, генерации сетевых пакетов и нагрузочного трафика, а также формирования отчетов о результатах тестов.

Ключевые слова: автоматизация тестирования, krm_5960_28f, Python, производительность, тестовые сценарии, нагрузочное тестирование, автоматизированная система, сетевое оборудование, генерация трафика, анализ результатов.

A.D. Kachin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED TESTING SYSTEM FOR THE KRM_5960_28F SWITCH

The article discusses the development of an automated testing system for the krm_5960_28f switch. Traditional manual testing methods are labor-intensive and prone to human error. The proposed system automates the process of checking the functionality and performance of the switch, significantly reducing testing time and improving its quality. The system implements modules for scenario processing, device management, network packet and traffic generation, and test result reporting.

Keywords: automated testing, krm_5960_28f, Python, performance, test scenarios, load testing, automated system, network equipment, traffic generation, results analysis.

В современных сетевых инфраструктурах коммутаторы выполняют ключевую функцию передачи данных между устройствами [1, 2]. Вручную тестирование программного обеспечения коммутаторов требует значительных временных и трудовых затрат, а также может со-

держат ошибки, вызванные человеческим фактором. Для решения этих проблем была разработана автоматизированная система тестирования для коммутатора ktm_5960_28f, позволяющая ускорить процесс проверки и повысить качество тестов.

На этапе анализа существующих решений для автоматизации тестирования сетевых устройств были рассмотрены различные инструменты и подходы. Наиболее подходящими для реализации системы были выбраны:

Telnetlib и Paramiko для подключения и управления коммутатором:

- Scapy для генерации и анализа сетевых пакетов;
- iPerf для создания нагрузочного трафика;
- PyTest для автоматизации выполнения тестовых сценариев;
- Allure для формирования отчетов.

Каждый из этих инструментов был интегрирован в состав системы для выполнения специфических задач, таких как управление устройствами, анализ производительности и генерация отчетов.

Система построена на модульном принципе, что обеспечивает её гибкость и возможность дальнейшего расширения.

Основные модули включают:

- модуль обработки сценариев – отвечает за преобразование входных данных в структурированные шаги тестирования;
- модуль управления устройствами – обеспечивает подключение и управление коммутатором и конечными устройствами;
- модуль генерации трафика – создает сетевые пакеты для проверки пропускной способности и устойчивости к нагрузкам;
- модуль анализа и отчетов – собирает результаты тестов и формирует понятные отчеты для дальнейшего анализа.

Система поддерживает работу с несколькими тестовыми сценариями (рисунок), например:

- проверку настроек MTU и MRU;
- тестирование удаленного SYSLOG;
- проверку устойчивости к сбоям и переключениям между устройствами.

В процессе разработки использовалась библиотека telnetlib для взаимодействия с коммутатором через Telnet. С помощью Scapy реализована генерация пакетов различных типов, включая ICMP, TCP и

UDP. Для нагрузочного тестирования использовались iPerf, которые позволили оценить производительность коммутатора под высокой нагрузкой.

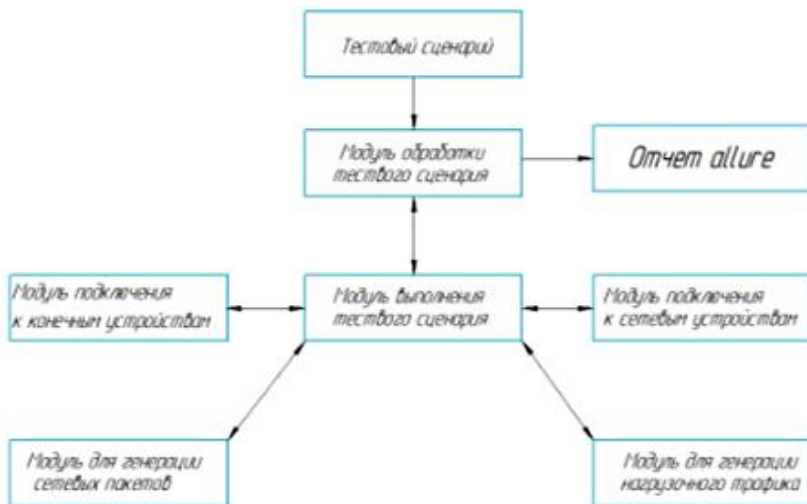


Рис. Схема взаимодействия компонентов между собой

Пример тестового сценария. Тест начинается с настройки IP-адресов на клиентских устройствах и проверкой базовой связности. Далее проводятся тесты с различными размерами пакетов и настройками MRU для проверки их влияния на передачу данных. После этого изменяются настройки MTU и повторяются тесты для оценки изменений в поведении сети. В завершение теста устройство перезагружается для проверки устойчивости настроек.

В результате выполнения данного теста будет получена информация о том, как настройки MTU и MRU влияют на производительность сети и её способность обрабатывать кадры максимальной длины.

Реализация тестового сценария:

```
command(device = [pc0], cmd = [sudo ip a a 10.10.10.1/24 dev ${pc0_port0}]);
```

```
command(device = [pc1], cmd = [sudo ip a a 10.10.10.2/24 dev ${pc1_port0}]);
```

```

        timeout(timeout = [20]);
        command(device = [sw0], cmd = [configure,interface ethernet
${sw0_port0},mru 128,end]);
        timeout(timeout = [10]);
        send(mode = [sendrecv], device = [pc0], iface =
[${pc0_port0}], packet = [IP(dst=10.10.10.2)/ICMP()/SIZE(size=64)],
count = [20]);
        send(mode = [sendrecv], device = [pc0], iface =
[${pc0_port0}], packet = [IP(dst=10.10.10.2)/ICMP()/SIZE(size=200)],
count = [20], result = [false]);
        command(device = [sw0], cmd = [configure,interface ethernet
${sw0_port0},mru 256,end]);
        timeout(timeout = [10]);
        send(mode = [sendrecv], device = [pc0], iface =
[${pc0_port0}], packet = [IP(dst=10.10.10.2)/ICMP()/SIZE(size=200)],
count = [20]);
        send(mode = [sendrecv], device = [pc0], iface =
[${pc0_port0}], packet =
[IP(dst=10.10.10.2)/ICMP()/SIZE(size=1200)], count = [20], result =
[false]);
        command(device = [sw0], cmd = [configure,interface vlan
1,mtu profile 7,end]);
        timeout(timeout = [10]);
        send(mode = [sendrecv], device = [pc0], iface =
[${pc0_port0}], packet = [IP(dst=10.10.10.2)/ICMP()], count = [20]);
        reload_wo_saving(device = [sw0]);

```

Разработанная система тестирования позволила:

- сократить время выполнения тестов с 10 до 2 мин на один сценарий;
- выявить проблемы в обработке больших пакетов при настройке mtu;
- подтвердить устойчивость системы к разрывам соединений и сбоям;

Автоматизировать создание отчетов, что упростило анализ.

Тестирование системы проводилось на реальном оборудовании. Результаты показали, что автоматизация тестирования значительно

повышает качество и эффективность процесса проверки сетевого оборудования.

Автоматизация тестирования сетевых устройств, таких как коммутатор ktm_5960_28f, является важным шагом на пути к повышению надежности сетевой инфраструктуры. Разработанная система показала свою эффективность, сократив трудозатраты и минимизировав ошибки. В будущем планируется адаптировать систему для работы с другими моделями коммутаторов и расширить функционал для поддержки новых протоколов и стандартов.

Библиографический список

1. Данилов А.Д., Мугатина В.М. Решение задачи оптимизации регрессионного тестирования с использованием нейросетевого подхода // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – № 2. – С. 45–52.
2. Бевзенко С.А. Основные виды классификации нагрузочного тестирования // Вестник науки. – 2024. – Т. 9, № 1. – С. 12–18.

Сведения об авторе

Качин Андрей Денисович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК-24-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: nice-vip81@mail.ru

А.А. Пономарев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Работа посвящена проектированию и реализации модернизированной сети передачи данных для интеграции системы управления климатом в системе «умный дом». В рамках работы были исследованы существующие технологии, разработаны электрические схемы и проведено моделирование зоны покрытия беспроводной сети Zigbee. Проведено тестирование основных компонентов, включая оценку нагрузки на сеть и энергоэффективности системы. Предложенная архитектура системы позволяет эффективно управлять климатическими условиями в здании, обеспечивая энергосбережение и комфорт.

Ключевые слова: умный дом, управление климатом, Zigbee, HDL Bus Pro, локальные вычислительные сети, интеграция систем, энергоэффективность.

A.A. Ponomarev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

MODERNIZATION OF THE DATA TRANSMISSION NETWORK FOR THE SMART HOME SYSTEM

The project is dedicated to the design and implementation of a modernized data transmission network for integrating a climate control system into a "smart home." The study explored existing technologies, developed electrical diagrams, and modeled the coverage area of the Zigbee wireless network. Testing of main components, including network load assessment and system energy efficiency, was performed. The proposed system architecture enables efficient climate management in the building, ensuring energy savings and comfort.

Keywords: smart home, climate control, Zigbee, HDL Bus Pro, local area networks, system integration, energy efficiency.

Система, разработанная в рамках проекта, направлена на повышение эффективности управления климатическими условиями в жилом помещении. Основным объектом модернизации выступает сеть передачи данных системы «умный дом» в частном здании. Работа охватывает полный цикл проектирования: от теоретического анализа

существующих технологий до внедрения практических решений. Предлагаемая система включает возможность интеграции с другими подсистемами управления, такими как освещение, безопасность и мультимедиа [1, 2].

Анализ существующих технологий. На начальном этапе проведен обзор современных протоколов и оборудования. Используются следующие технологии:

- Zigbee: для беспроводной передачи данных с низким энергопотреблением;
- HDL Bus Pro: для интеграции устройств через проводную шину;
- Modbus: для управления HVAC;
- MQTT: для маршрутизации данных между компонентами системы.

Оборудование включает модули управления отоплением, сервоприводы и контроллеры, такие как HDL-MFH06.432, конвертеры Zigbee/HDL, а также шлюзы CoolMaster (рис. 1).

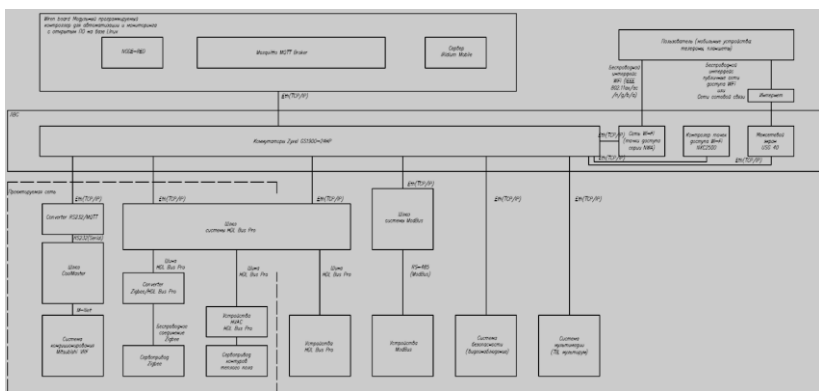


Рис. 1. Схема электрическая структурная

Были выполнены методы расчета и проектирования для успешного внедрения системы.

Расчет нагрузок. Оценка добавочной нагрузки шины HDL-BUS Pro. Основные параметры:

- скорость: 9600bps;
- длина пакета: 32 байта = 256 бит;

– время передачи одного пакета: $256 / 9600 = 0,0267$ с (26,7 мс).

Текущая нагрузка на шину:

– релейные модули (4 шт.): 10 пакетов/ч, 1,068 с/ч;

– dlr панели (6 шт.): 5 пакетов/ч, 0,801 с/ч;

– кнопочные выключатели (5 шт.): 20 пакетов/ч, 2,67 с/ч;

– датчики движения (8 шт.): 30 пакетов/ч, 6,408 с/ч;

Суммарная нагрузка: 10,947 с/ч, 0,304 %.

Добавочная нагрузка:

– модуль теплого пола (1 шт.): 60 пакетов/ч, 1,602 с/ч;

– конвертер Zigbee (1 шт.): 30 пакетов/ч, 0,801 с/ч;

– суммарная нагрузка: 2,403 с/ч, 0,067 %;

– общая нагрузка на шину: $0,304 + 0,067 = 0,371$ %.

Добавление новых устройств увеличивает нагрузку до 0,371 %, что существенно ниже пропускной способности шины.

Проектирование зоны покрытия. Использовано программное обеспечение EkaHau AL Pro для моделирования покрытия Zigbee. Расположение оборудования оптимизировано для минимизации зон без сигнала. Каждый этаж здания оснащен двумя точками доступа Zigbee, что обеспечивает покрытие всех помещений (рис. 2).

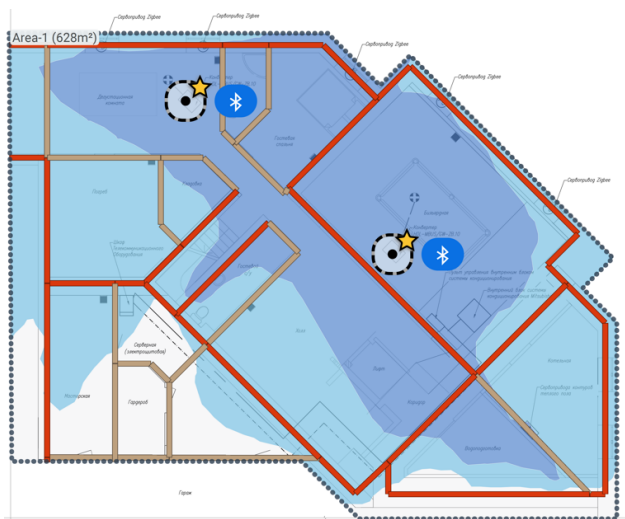


Рис. 2. Зона покрытия Zigbee

Энергопотребление. Расчет нагрузки блока питания. Для расчета нагрузки блока питания учитывается потребляемый ток существующими и проектируемыми устройствами (табл. 1, 2).

Таблица 1

Потребляемый ток существующими устройствами

Устройство	Количество	Потребление тока, мА	Итоговое потребление тока, мА
HDL-MBUS01IP.431	1	40	40
HDL-MD0403.432	1	20	20
HDL-MD0602.432	2	20	40
HDL-MHRCU.433	1	300	300
HDL-MLED0605.432	1	300	300
HDL-MP01R.48	10	20	200
HDL-MP01R-RF.18	1	5	5
HDL-MP02R.48	3	20	60
HDL-MP04R.48	7	20	140
HDL-MP8B.48	11	15	165
HDL-MPTLC43.46-A	6	85	510
HDL-MSD04.40	2	10	20
SB-CMS-8in1	8	12	96
Coolmaster 4000m	1	50	50
Итого	–	–	1,92 А

Таблица 2

Потребляемый ток проектируемыми устройствами

Устройство	Количество	Потребление тока, мА	Итоговое потребление тока, мА
HDL-MFH06.432	3	100	300
HDL-MBUS/GW-ZB.10	4	30	120
HD67932-B2	1	30	30
Итого	–	–	0,55 А

Общая нагрузка с добавлением новых устройств: 2,47 А.
Номинальный ток блока питания составляет 5 А, что значительно превышает расчетную нагрузку (2,47 А).
Оценено время автономной работы батарей Zigbee-устройств.

Исходные данные:

- источник питания: 2 батарейки АА;
- емкость одной батарейки: 2000 ма·ч, общая емкость: 4000 ма·ч;
- ток потребления:
- в режиме ожидания: 5 мка;
- в режиме передачи: 20 ма;
- частота передачи: 1 сообщение каждые 30 с;
- время передачи одного сообщения: 0,1 с.

Расчет:

1. Количество сообщений в час:

$$\text{Сообщений в час} = 3600 / 30 = 120.$$

2. Время передачи данных в час:

$$\text{Время передачи} = 120 \times 0,1 = 12 \text{ с.}$$

3. Время в режиме ожидания в час:

$$\text{Время ожидания} = 3600 - 12 = 3588 \text{ с.}$$

4. Среднее потребление тока в час:

$$\text{Средний ток} = ((20 \times 12) + (0,005 \times 3588)) / 3600 = 0,07165 \text{ мА.}$$

5. Время наработки батареи:

$$\text{Время наработки} = 4000 / 0,07165 = 55\,834 \text{ ч } (\approx 2326 \text{ дней или } 6,37 \text{ лет}).$$

Время работы батарей терморегулятора составляет примерно 2326 дней, или 6,37 лет, что является достаточным для бесперебойного функционирования устройства.

Для проверки работоспособности системы был создан испытательный стенд, в котором настроены компоненты сети (рис. 3):

- контроллеры HDL Bus Pro;
- шлюзы для интеграции с Zigbee;
- преобразователи протоколов Modbus и MQTT.

Тестирование включало следующие этапы. Нагрузочные испытания: оценка производительности сети при передаче данных между компонентами системы. Проверка отказоустойчивости: моделирование разрывов соединения и их влияние на работу системы [3–5].

Анализ потерь напряжения. Потери напряжения на трассе – это важный аспект проектирования электрических сетей, особенно для длинных линий передачи. Это позволяет определить необходимость использования кабелей большего сечения или компенсации потерь другими способами.



Рис. 3. Стенд системы управления климатом

Вводные данные:

- материал кабеля: медь;
- длина линии: 40 м;
- удельное сопротивление меди: $1,68 \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
- сечение кабеля: $0,52 \text{ мм}^2$.
- сила тока: 2,22 А.

Расчет:

1. Сопротивление кабеля:

Сопротивление = $(1,68 \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \times 40 \text{ м}) / (0,52 \text{ мм}^2) = 1,29 \text{ Ом}$.

2. Потеря напряжения.

Потеря напряжения = $2,22 \text{ А} \times 1,29 \text{ Ом} = 2,87 \text{ В}$.

Потеря напряжения составляет 2,87 В. При входном напряжении 24 В на нагрузке останется 21,13 В, что находится в пределах допустимого рабочего диапазона.

Результаты тестов подтвердили, что система способна обрабатывать до 5000 сообщений в секунду без потерь данных.

Результаты проектирования подтверждают, что модернизированная система управления климатом:

- интегрируется с большинством современных решений для умных домов;

- повышает энергоэффективность за счет оптимального распределения нагрузки;
- обеспечивает комфортное управление климатическими условиями через централизованный интерфейс.

Дополнительно, разработанная система:

- поддерживает адаптацию под различные сценарии использования;
- готова к масштабированию за счет модульной архитектуры;
- позволяет пользователю осуществлять управление через мобильное приложение.

Проект модернизации сети передачи данных для системы «умный дом» демонстрирует эффективность предложенных решений. Разработанная архитектура подтверждена испытаниями и может быть использована для широкого внедрения в жилых и коммерческих зданиях. Перспективы дальнейшего развития включают интеграцию систем безопасности, мультимедиа и автоматизированного управления освещением. Проводимые исследования способствуют созданию более универсальных и энергоэффективных решений для умных домов.

Библиографический список

1. Олифер Н.А. Компьютерные сети. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 832 с.
2. Таненбаум Э. Архитектура компьютеров. СПб.: Питер, 2018. 928 с.
3. Ефремов В.А. Проектирование и эксплуатация беспроводных сетей. – М.: Горячая линия - Телеком, 2017. – 344 с.
4. Tkachyov D.F. Reactive Algorithm for Dynamic Routing in Next-Generation Wireless Networks // IEEE Communications, 2020.
5. HDL Automation. HDL Bus Pro Setup Tool User Manual. – URL: <https://www.hdlautomation.com>

Сведения об авторе

Пономарев Александр Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК-6-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: fnoup.exe@gmail.com

Д.И. Новосёлов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

НАСТРОЙКА ПОЛИТИКИ QoS С РАЗДЕЛЕНИЕМ ТРАФИКА ПО КЛАССАМ REA, PRE, STD И УПРАВЛЕНИЕМ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

В статье рассматривается настройка политики качества обслуживания (QoS) в направлении к клиенту, включающая классификацию трафика по трем классам: REA, PRE и STD. Основной целью является реализация разделения трафика на очереди с пропускной способностью 1, 52, 48 % соответственно от общей полосы пропускания. Работа выполнена с использованием топологии сети типа «кольцо», которая обеспечивает отказоустойчивость и равномерное распределение нагрузки. В статье представлена подробная конфигурация QoS, демонстрирующая механизмы классификации, приоритизации и управления пропускной способностью. Особое внимание уделено оптимизации передачи данных и удовлетворению требований клиента в многосервисной сети.

Ключевые слова: QoS, классы обслуживания, REA, PRE, STD, топология «кольцо», пропускная способность, классификация трафика, приоритизация, многосервисная сеть, управление трафиком.

D.I. Novoselov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

QUALITY INDICATORS RESEARCH IN MULTISERVICE NETWORKS

This article focuses on configuring a Quality of Service (QoS) policy for client traffic, classified into three service classes: REA, PRE, and STD. The primary goal is to implement traffic distribution into queues with bandwidth allocations of 1, 52, 48 %, respectively, of the total bandwidth. The work is based on a ring network topology, ensuring fault tolerance and balanced load distribution. The article provides a detailed QoS configuration, demonstrating mechanisms for traffic classification, prioritization, and bandwidth management. Special attention is given to optimizing data transmission and meeting client requirements in a multiservice network.

Keywords: QoS, service classes, REA, PRE, STD, ring topology, bandwidth allocation, traffic classification, prioritization, multiservice network, traffic management.

Современные мультисервисные сети стали неотъемлемой частью инфраструктуры связи и передачи данных, обеспечивая поддержку различных типов трафика, таких как голосовые, видеопотоки и данные. В условиях растущего объема трафика и увеличения числа подключенных устройств необходимость обеспечения высокой производительности и надежности работы сетей становится критически важной. Для этого используется концепция качества обслуживания (QoS), которая направлена на управление параметрами сети с целью гарантирования требуемого уровня обслуживания для разных типов трафика. Исследования показателей качества обслуживания в мультисервисных сетях играют ключевую роль в улучшении их производительности и удовлетворении требований пользователей.

Цель данной работы – настроить политику QoS по следующим классам для клиента:

- class REA;
- class PRE;
- class STD.

А также разделение трафика на очереди с пропускной способностью 1; 51; 48 % соответственно от общей полосы пропускания.

Классы QoS – REA, PRE и STD – используются для разграничения трафика в зависимости от требований приложений и приоритетов в сети.

REA (Real-Time) отвечает за трафик реального времени, который требует минимальной задержки и высокой надежности. К этому классу относятся такие приложения, как голосовая связь (VoIP) и видеоконференции, где потеря пакетов или задержки критически влияют на качество передачи [1].

PRE (Premium) обслуживает трафик с высоким приоритетом, но не столь чувствительный к задержкам, как реальное время. Этот класс применяется для корпоративных приложений и электронных сервисов, которые требуют стабильной пропускной способности и высокой производительности [1].

STD (Standard) используется для стандартного некритичного трафика, например электронной почты, фоновых загрузок или обновлений. Такой трафик обрабатывается с минимальными требованиями к задержкам и пропускной способности, используя остаточные ресурсы сети [1].

BE (Best Effort) представляет собой трафик с минимальным приоритетом. Здесь сеть просто старается передать данные как можно лучше без гарантий по задержке, пропускной способности или порядку доставки. Примером могут служить фоновые загрузки или некритичные приложения [2].

IS (Interactive Services) обозначает трафик, требующий умеренных гарантий в производительности, например для веб-приложений или интерактивных сервисов.

Этот класс обеспечивает более низкую задержку по сравнению с BE, но не столь жесткие требования, как у реального времени [2].

RT (Real-Time) охватывает трафик реального времени, например голосовую связь и видеоконференции. Такой трафик требует минимальной задержки, гарантированной пропускной способности и минимальной потери пакетов, чтобы обеспечить высокое качество передачи [2].

AF (Assured Forwarding) предназначен для трафика, которому требуется надежность доставки, но без столь жестких ограничений, как у RT. Обычно этот класс используется для задач, где важно минимизировать потерю пакетов, например для передачи данных корпоративных приложений [2].

Методы управления качеством обслуживания в мультисервисных сетях. Приоритезация трафика (Traffic Prioritization) – метод, позволяющий назначать более высокий приоритет определенным типам трафика (например, голосу или видео), чтобы минимизировать задержки и потери пакетов для этих типов трафика.

Политика контроля потока (Traffic Shaping and Policing) – это технологии, которые позволяют ограничивать скорость передачи данных для определенных типов трафика или применять штрафы (например, снижение пропускной способности) за нарушение установленных лимитов.

MPLS (Multiprotocol Label Switching) – это технология, которая используется для оптимизации маршрутизации трафика в мультисервисных сетях. MPLS позволяет разделить трафик на различные потоки с разными приоритетами и обрабатывать их с учетом требуемого уровня качества обслуживания [2].

Differentiated Services (DiffServ) – метод, используемый для классификации и маркировки трафика, что позволяет сетям поддерживать различные уровни качества обслуживания для различных типов трафика.

Топология сети типа «кольцо» была выбрана для реализации данной задачи по нескольким ключевым причинам, которые делают её оптимальной для настройки политики QoS и обеспечения стабильности работы сети:

В сети (рис. 1) с топологией кольца каждый узел соединен с двумя соседними узлами, образуя замкнутый цикл. Это позволяет при возникновении отказа на одном из участков сети автоматически перенаправлять трафик по альтернативному маршруту. Такая избыточность обеспечивает высокую степень устойчивости к сбоям, что критически важно для поддержания качества обслуживания (QoS), особенно для трафика реального времени (REA), где любые задержки могут быть недопустимы [3].

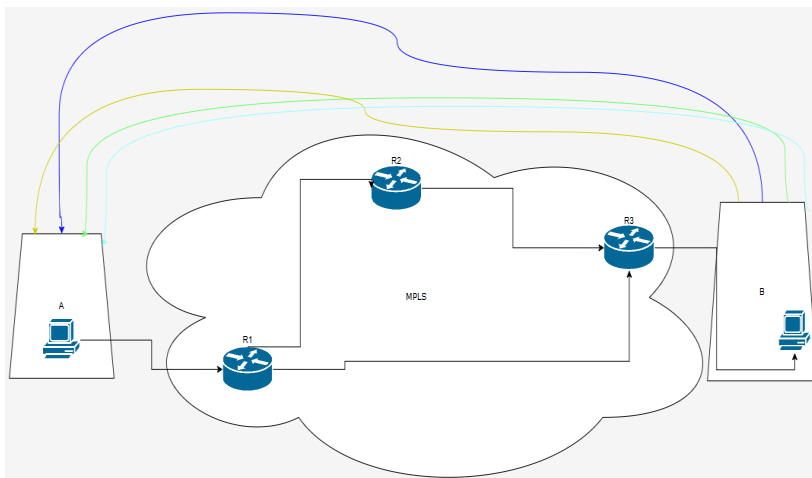


Рис. 1. Топология сети

Кольцевая топология позволяет равномерно распределять трафик по маршрутам, предотвращая перегрузки в отдельных сегментах сети. Это особенно полезно при разделении трафика на классы (REA, PRE, STD) с различными уровнями приоритета и пропускной спо-

способности (1; 52; 48 %). Равномерная нагрузка гарантирует, что классы с высоким приоритетом (например, PRE) получают необходимую полосу пропускания.

Благодаря фиксированной структуре и маршрутам кольцевая топология позволяет детально прогнозировать задержки в сети. Это значительно упрощает настройку QoS для каждого из классов, особенно для трафика с высокими требованиями к низкой задержке, как в случае класса REA.

Топология кольца легко масштабируется за счет добавления новых узлов. Это делает её удобной для сетей с растущими требованиями к производительности или расширением географического покрытия. Новые узлы могут быть интегрированы без необходимости кардинальных изменений конфигурации сети [3].

В кольцевой топологии проще контролировать трафик на каждом узле, так как каждый пакет проходит через четко определенные маршруты. Это упрощает реализацию политик QoS, таких как приоритизация и управление пропускной способностью для классов REA, PRE и STD [3].

Эффективность использования ресурсов топология кольца позволяет эффективно использовать доступные сетевые ресурсы. Например, балансировка нагрузки и возможность перенаправления трафика позволяют избегать простоев сети и минимизировать потери пропускной способности [3].

Далее была выполнена конфигурация QoS политики, выполненной в сторону клиента, для предоставления услуг качества связи. QoS политика в направлении к клиенту:

```
configure qos sap-ingress 40003 create
description      "INGRESS      QOS      POLICY      MAG-
DESERTATION"
queue 1 create
    parent "SCHDLR_MAG-DESERTATION" level 2
    percent-rate 100.00 cir 0.00 local-limit
exit
queue 2 create
```

```

        parent "SCHDLR_MAG-DESERTATION" level 1
weight 1 cir-level 3
        percent-rate 100.00 cir 48.00 local-limit
exit
queue 3 create
        parent "SCHDLR_MAG-DESERTATION" level 1
weight 1 cir-level 4
        percent-rate 100.00 cir 52.00 local-limit
exit
queue 4 create
        parent "SCHDLR_MAG-DESERTATION" level 5
cir-level 5
        percent-rate 52.00 cir 1.00 local-limit
exit

fc be create
    queue 1
exit
fc l2 create
    queue 2
exit
fc af create
    queue 3
exit
fc ef create
    queue 4
exit

dscp "rt" fc "rt" priority high
dscp "af" fc "af"
dscp "is" fc "is"
default-fc "be"
exit all

```

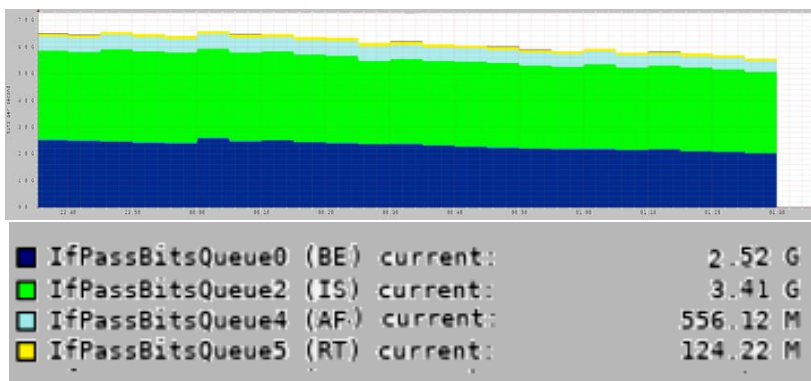


Рис. 2. Результат тестирования решения

На рис. 2 представлен результат тестирования услуги, было замечено, что трафик распределяется согласно, политики QoS.

Библиографический список

1. Гольдштейн Б. С. Сети связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 400 с.
2. Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS. – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 304 с.
3. Конопелько В.К, Латиин С.М., Цветков В.Ю. Измерение и анализ трафика Р-телефонии. – Минск, 2011.

Сведения об авторе

Новосёлов Даниил Ильич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-24-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: nowoseolow.dan@yandex.ru

В.Д. Евфименко, С.А. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЕЧАТНОЙ WI-FI АНТЕННЫ
ДЛЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ
НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ**

В данной статье описывается проектирование и реализация печатной Wi-Fi антенны для телематических устройств, устанавливаемых на автомобильном транспорте. Рассматриваются: методы численного моделирования антенны, расчет параметров копланарной линии питания, согласование импеданса, а также практические аспекты реализации антенны на печатной плате. Приводятся результаты анализа характеристик антенны, включая диаграммы направленности и S-параметры.

Ключевые слова: телематика, Wi-Fi, печатные антенны, импеданс, моделирование.

V.D. Evfimenko, S.A. Tiurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**APPLICATION OF PRINTED WI-FI ANTENNA FOR TELEMATIC
DEVICES IN AUTOMOBILE TRANSPORT**

This article describes the design and implementation of a printed Wi-Fi antenna for telematics devices installed on road transport. Methods of numerical antenna modeling, calculation of coplanar power line parameters, impedance matching, as well as practical aspects of antenna implementation on a printed circuit board are considered. The results of the analysis of antenna characteristics, including radiation patterns and S-parameters, are presented.

Keywords: telematics, Wi-Fi, printed antennas, impedance, modeling.

Современные телематические устройства, устанавливаемые на автомобильный транспорт, требуют компактных и эффективных решений для беспроводной передачи данных. Технология Wi-Fi на частоте 2,4 ГГц остается предпочтительным выбором благодаря стабильной работе в различных условиях эксплуатации. Выбор антенны становится

ся ключевым этапом разработки, так как от ее параметров зависит качество связи.

Одним из оптимальных решений является использование печатной MIFA (Meandered Inverted F Antenna) антенны, которая сочетает дешевизну применения с высокой эффективностью. Данная работа посвящена нюансам использования такой антенны с применением численного моделирования, расчетов импеданса и практической реализации.

Для моделирования MIFA-антенны использовались размеры, рекомендованные Texas Instruments [1].

На рис. 1 показана реализация антенны в MatLab. Для проверки характеристик антенны была также сформирована печатная плата, включающая следующие слои: верхний слой (антенна), диэлектрик, нижний слой (земля).

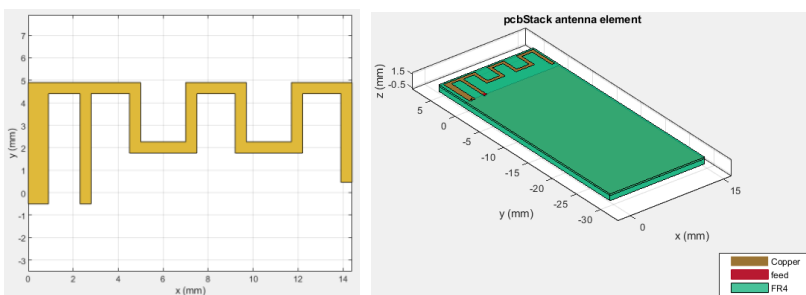


Рис. 1. Внешний вид антенны и её реализация в Matlab

Создание сетки при моделировании антенны выполняется для точного расчета характеристик антенны, таких как S-параметры, диаграммы направленности и т.д. Сетка представляет собой разбиение геометрии антенны на небольшие элементы (ячейки), на которых проводятся вычисления. Результат разбиения платы на ячейки показан на рис. 2.

Анализ S-параметров (рис. 3) показал, что коэффициент отражения S_{11} в диапазоне рабочих частот 2,412–2,484 ГГц составляет менее -10 дБ. Это значение указывает на то, что антенна находится в резонансе и отражения энергии обратно к источнику питания минимальны.

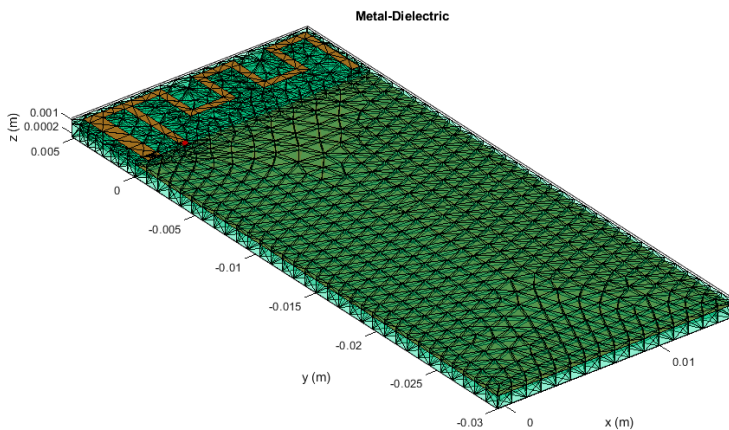


Рис. 2. Сетка из 1096 треугольников и 7728 тетраэдров

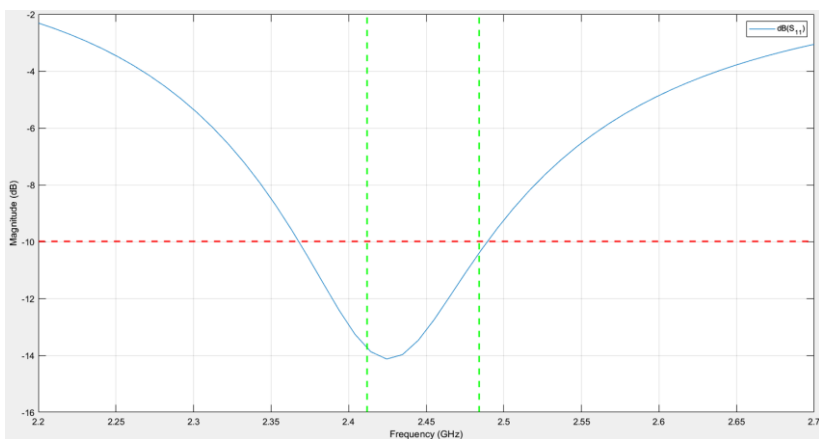


Рис. 3. Параметр S11

Следующим этапом анализа стало изучение диаграмм направленности антенны. Диаграммы были построены для рабочей частоты 2,4 ГГц и показали, что излучение MIFA-антенны, ввиду её особенностей, не является всенаправленным в горизонтальной плоскости. Это накладывает ограничения на ориентацию размещения устройства в кабине транспорта (рис. 4).

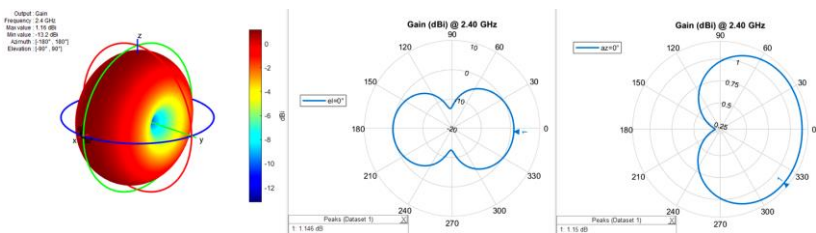


Рис. 4. Диаграммы направленности: в объеме, в горизонтальной плоскости, в вертикальной плоскости

После моделирования антенны необходимо было выбрать тип питающей линии. В копланарной питающей линии импеданс определяется совокупным влиянием двух основных факторов:

- расстояние между центральным проводником и окружающими его заземляющими плоскостями определяет распределение электрического поля и, следовательно, влияет на индуктивность линии;
- материал подложки создает емкостную связь между центральным проводником и заземляющими плоскостями. Диэлектрическая проницаемость и толщина подложки определяют, насколько сильно электрическое поле концентрируется в диэлектрике, что влияет на общий импеданс линии.

В совокупности проводники и диэлектрик образуют своеобразный конденсатор, где зазор *gap* между центральным проводником и заземляющими плоскостями определяет величину этой емкости. Для проектирования питающей линии важно учитывать, что:

- толщина подложки (*H*) может изменяться от платы к плате из-за допусков при изготовлении. Это приводит к вариациям индуктивности и емкости, а следовательно, и импеданса линии;
- зазор (*gap*) между проводником и землей, напротив, подвержен меньшим колебаниям благодаря высокой точности современных технологий травления.

Эти особенности сделали копланарную питающую линию предпочтительным выбором для питания антенны в данной работе, поскольку она обладает более стабильными характеристиками импеданса при типичных технологических отклонениях.

Чтобы обеспечить импеданс питающей линии 50 Ом, был использован калькулятор импеданса. В расчетах задавались параметры диэлектрика, ширина питающей дорожки и зазор между дорожкой и опорным слоем. Первоначально предполагалось использовать двухслойный стек, однако при проектировании выявились следующие проблемы:

- толщина подложки (Н) между копланарным волноводом и опорным слоем земли оказалась слишком большой, что значительно увеличивало индуктивность линии;
- уменьшение зазора (gap) было невозможным из-за технологических ограничений производства плат.

Для обеспечения согласования на уровне 50 Ом ширина питающей дорожки (W) должна была быть чрезмерно большой, что делало конструкцию непрактичной.

В результате был выбран четырехслойный стек, где расстояние Н от копланарного волновода до опорного слоя земли (GND) составляет всего 0,115 мм. Это позволило сохранить зазор gap на уровне 0,3 мм.

Расчеты показали, что для достижения импеданса 50 Ом ширина питающей дорожки W должна составлять 0,24 мм. Такой подход не только обеспечил требуемые электрические характеристики, но и позволил соблюсти технологические требования при производстве.

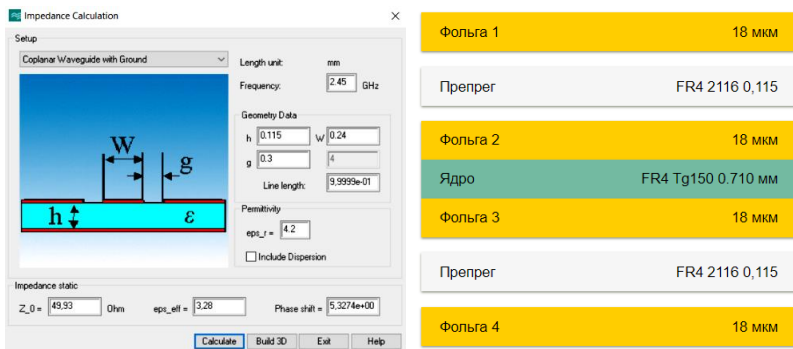


Рис. 5. Расчет характеристик питающей линии для импеданса 50 Ом

Разработанный стек был реализован в среде Altium Designer (рис. 6). Фольга 18 мкм при заказе платы на производстве позволяет применять меньшие зазоры между проводниками и оставлять меньшие гарантированные площадки переходных отверстий.

	Top Overlay		Overlay			
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01mm	3.5
1	Top Layer		Signal	1/2oz	0.0175mm	
	Dielectric 2	FR4 PR	Prepreg		0.115mm	4.2
2	GND	CF-004	Signal	1/2oz	0.0175mm	
	Dielectric 1	FR4 Tg150	Core		1mm	4.6
3	VCC	CF-004	Signal	1/2oz	0.0175mm	
	Dielectric 3	FR4 PR	Prepreg		0.115mm	4.2
4	Bottom Layer		Signal	1/2oz	0.0175mm	
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01mm	3.5
	Bottom Overlay		Overlay			

Рис. 6. Стек платы в САПР Altium Designer

Электрическая схема устройства с антенной содержит минимальное количество компонентов, необходимых для функционирования антенны и проведения испытаний (рис. 7):

- печатная Wi-Fi антенна (MIFA-тип);
- копланарная питающая дорожка;
- компоненты для согласования линии;
- разъем SMA 142-0701-321.

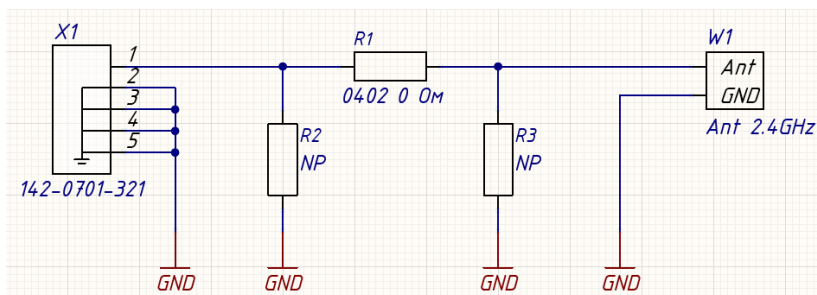


Рис. 7. Состав отладочного устройства

Компоненты для согласования линии представляют собой П-образную цепь, которая используется для точной настройки импеданса питающей линии. Эта цепь позволяет установить элементы С-Л-С (конденсатор, индуктивность, конденсатор), которые будут подбираться в процессе тестирования.

На этапе настройки плата будет подключена к векторному анализатору цепей через разъем SMA. Основная задача тестирования – измерить коэффициент отражения S_{11} и значения импеданса (действительную и мнимую часть) на диаграмме Смита. На основании полученных данных будут определены номиналы элементов C и L , которые обеспечат правильное согласование импеданса питающей линии и антенны.

Такая методика позволяет гибко подстраивать характеристики антенны под реальные условия эксплуатации, минимизировать отражения сигнала и обеспечить максимальную передачу энергии от источника к антенне.

Итоговый вариант печатной платы был спроектирован с учетом всех требований, предъявляемых к устройствам, работающим на высоких частотах. Особое внимание уделено конструкции антенны и питающей линии, чтобы минимизировать потери сигнала и паразитные эффекты.

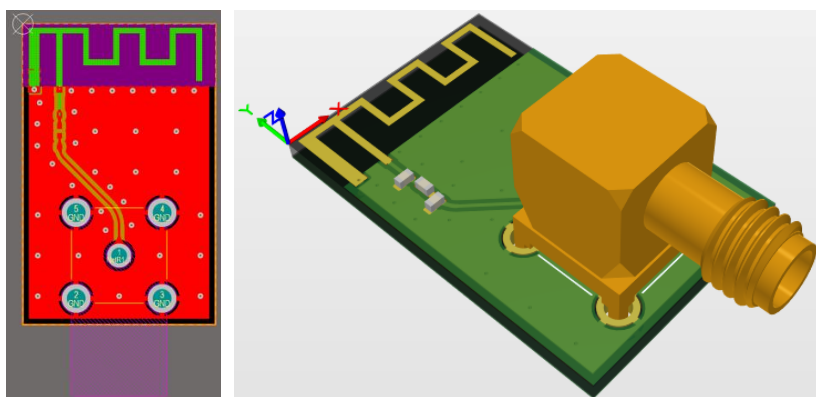


Рис. 8. Печатная плата, готовая к заказу на производстве

Антенна расположена на верхнем слое платы и намеренно оставлена открытой от маски. Такое решение позволяет избежать влияния защитного покрытия на характеристики антенны. Для финишного покрытия выбрано иммерсионное серебро. Этот тип покрытия был выбран, поскольку он обладает низким поверхностным сопротивлением и обеспечивает отличные электрические свойства для работы с высокочастотными сигналами. Иммерсионное золото, которое часто применяется в электронике, не использовалось из-за необходимости оса-

ждения подслоя никеля, который имеет высокую магнитную проницаемость и приводит к потерям сигнала на высоких частотах.

Внешний вид платы показан на рис. 8.

В результате мы получили прототип платы для оценки параметров антенны. Следующие этапы изучения темы включают: заказ печатных плат с тест-купоном для проверки импеданса на производстве, измерение коэффициента отражения S_{11} и настройка согласующей цепи с помощью векторного анализатора цепей, определение диаграммы направленности антенны в лабораторных условиях, проведение испытаний внутри кабины грузовика для анализа характеристик в реальной эксплуатационной среде.

Это позволит завершить настройку антенны и подтвердить ее соответствие требованиям телематических систем.

Библиографический список

1. Audun Andersen Application Note AN043 – Texas: Texas Instruments, 2006. – 22 с.

Сведения об авторах

Евфименко Василий Дмитриевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: evfimenko.vas@gmail.com

Тюрин Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tiurinsa@yandex.ru

А.А. Федосеева, А.И. Тур

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

СИСТЕМА ОЦЕНКИ И ПОДБОРА РЕШЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Рассматриваются способы поддержания целостности данных в информационных системах. Основными методами обеспечения целостности данных являются обеспечение непрерывности работы и защищенного восстановления, а также криптографические методы защиты информации. У каждого существующего способа присутствуют свои сильные и слабые стороны. Разработаны рекомендации по выбору оптимального решения для обеспечения целостности.

Ключевые слова: целостность данных, информация, резервное копирование, восстановление, защита информации.

A.A. Fedoseeva, A.I. Tur

Perm National Research Polytechnic University, Perm

SYSTEM FOR ASSESSING AND SELECTING SOLUTIONS TO ENSURE DATA INTEGRITY IN INFORMATION SYSTEMS

This article examines a model of a system for selecting solutions to ensure data integrity in information systems. The main methods for ensuring data integrity are fault tolerance and secure recovery, as well as cryptographic methods for protecting information. Each existing method has its pros and cons. The article develops recommendations for choosing the optimal solution to ensure data integrity.

Keywords: data integrity, information, backup, recovery, information protection.

Целостность информации является одним из аспектов информационной безопасности. Она предполагает последовательность и постоянство. Основопологающей целью обеспечения целостности является изменение информации по определенному заранее спланированному регламенту, а также сохранность этой информации при последующих запросах. Ключевые способы поддержания целостности данных в информационных системах:

– обеспечение непрерывности работы, включающее систематическое выполнение резервирования, дублирования, зеркалирования;

– обеспечение защищенного восстановления, включающее регулярное резервное копирование данных, а также электронное архивирование.

При взаимодействии информационной системы с внешними сервисами и системами возможно использование криптографических методов защиты информации для защиты каналов связи, таких как хэширование, шифрование, электронная подпись. Рассмотрим в работе каждый способ поддержания целостности информации. В табл. 1 представлено сравнение существующих способов обеспечения целостности данных в информационных системах [1, 2].

Таблица 1

Сравнительный анализ решений

Вид решения	Достоинства	Недостатки
Резервирование	Повышение отказоустойчивости системы	- Большие объемы, потребляемая мощность; - сложность проверки аппаратного обеспечения и его обслуживания; - увеличение количества отказов оборудования; - снижение производительности системы
Дублирование	- Сохранение информации; - простота реализации	Снижение пропускной способности из-за высокой избыточности
Зеркалирование	- Уместно для программ, которые требуют высокой производительности; - удобно при необходимости экстренного восстановления	Высокие затраты на реализацию
Резервное копирование	- Оперативное защищенное восстановление; - легкость управления	- Значительные объемы; - нагрузка на сеть; - трудозатратное создание копий; - медленное, а иногда невозможное восстановление инкрементных копий (так как каждая последующая копия не содержит файлы о предыдущей)
Электронное архивирование	- Сокращает затраты на офисное помещение; - оперативное получение информации по заявке; - можно гарантировать безопасность информации; - разграничение доступа для сотрудников	- Устаревание технологий – возможна потеря доступа к электронным депозитариям; - отсутствие единого законодательства в сфере электронного архивирования; - высокие затраты на создание электронных архивов; - необходимость постоянного обновления и работы со стороны архивистов; - не сохраняется информация о данных в определенных технологиях

Также проведем анализ решений для обеспечения целостности данных с помощью криптографии. Анализ в представлен табл. 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ решений с применением криптографии

Вид решения	Достоинства	Недостатки
Хеширование	- Стойкость к коллизиям; - стойкость к восстановлению данных; - устойчивость к поиску первого и второго прообраза	- Приведенный в таблице порядок имен не обязательно связан с их обычным порядком; - самый плохой вариант может оказаться хуже, чем при последовательном поиске; - наблюдение потерь памяти и производительности системы при увеличении размеров таблиц вычисления адресов
Шифрование	- Поддержание целостности информации; - защита информационных систем от неправомерного доступа; - обеспечение защиты от раскрытия информации и ее копирования	- Строгие указания для хранения и предоставления аутентификационной информации; - невозможность определения лица, модифицировавшего информацию; - трудности в понимании работы системы; - значительное потребление ресурсов при шифровании и дешифровании; - это решение не обеспечивает целостность, а проводит контроль целостности
Электронная подпись	- Снижение трудозатрат; - возможность подписания электронных версий документов; - высокая скорость обработки данных; - низкая вероятность фальсификации; - легкость в применении	- Нужно применять физическое оборудование – токены; - необходимость расходов на токены; - отсутствие связи между подписавшим документ лицом и электронной подписью, - необходимость ввода дополнительного контроля за хранением носителя подписи (журнал учета СКЗИ)

Наиболее популярным решением для обеспечения целостности данных является совместное применение криптографических методов защиты информации и резервного копирования [3]. В результате применения такого способа обеспечения целостности данных, как резервное копирование, появляется один «минус» – высокая избыточность.

Однако задействование имитовставок способствует снижению ошибок в системе [4].

Исходя из анализа существующих решений, были разработаны рекомендации и определенные правила для подбора оптимального решения по обеспечению целостности:

1. Обеспечение целостности информации, направленное на поддержание непрерывную работу системы, ключевых процессов менеджмента.

2. Проведение анализа деятельности организации, определение ключевых процессов. Определение типа информационной системы, класса (уровня) защищенности.

3. Проведение анализа и оценки рисков, выявление уязвимостей организации, разработка политики информационной безопасности, модели угроз безопасности информации и модели нарушителя. На текущем этапе необходимо четко определить, что организация будет принимать за нарушение целостности данных.

4. Рекомендуется разработка политики управления инцидентами, чтобы в случае их возникновения действовать по заранее определенному плану.

5. Определение требований к системе защиты информации и проектирование системы защиты информации в информационной системе, разработка и утверждение положения о разрешительной системе доступа в информационных системах организации.

6. Регулярное проведение обучения персонала компьютерной грамотности и основным принципам защиты данных, а также периодическое тестирование на предмет усвоенных знаний.

7. Вычисление количественных характеристик для безопасного восстановления для всех процессов менеджмента организации. К таким характеристикам относят:

- RTO – период после инцидента для экстренного восстановления;
- RPO – допустимый период для утраты информации до инцидента;
- LBC – часть запланированной нагрузки процесса в случае инцидента.

Подводя итоги работы, стоит отметить, что все способы обеспечения целостности данных своеобразны и имеют преимущества и характерные недостатки. Но в то же время, чтобы достигнуть максимальной гарантии целостности, рекомендуется использовать комплексные

решения. Например, использовать одновременно и резервное копирование, и шифрование. Зачастую организации пренебрежительно относятся к защите своих информационных активов, поэтому проблема поддержания целостности данных как никогда актуальна в современном мире. Применение комплексного подхода к сохранению целостности многократно повышает надежность защиты системы и может гарантировать безопасное восстановление данных.

Библиографический список

1. Бопп В.А. Технология резервного копирования. Преимущества и недостатки // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2019. – № 3.
2. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность и защита информации. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 686 с.
3. Диченко С.А. Контроль и обеспечение целостности информации в системах хранения данных // Научные исследования в космических исследованиях Земли. – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 49–57.
4. Карпов С.С., Рябинин Ю.Е., Финько О.А. Обеспечение целостности данных, передаваемых по каналам связи виртуальных частных сетей // Вопросы кибербезопасности. – 2021. – № 4 (44).

Сведения об авторах

Федосеева Анастасия Сергеевна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. БИС-19-1с, Пермь, Российская Федерация, e-mail: fedoseevaanastasia48@xmail.ru

Тур Александр Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: tur.aleksandr93@mail.ru

К.А. Крюгер, А.И. Посягин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТНОСТИ
И ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ
КАРТЫ С ПОМОЩЬЮ ПОДВИЖНЫХ АГЕНТОВ
С ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Исследуется возможность улучшения контроля за динамически изменяющимися факторами на открытой местности при помощи нескольких подвижных агентов, объединенных централизованной системой управления. Для этого была разработана и исследована: система передачи данных между агентами и центром управления, испытательный стенд и макет подвижного агента. В результате исследования было проведено сравнение системы управления, предложенной в данной работе с ранее известной, по итогам сделаны выводы о применимости системы с учетом новых возможностей.

Ключевые слова: подвижный агент, ориентирование на местности, исследование местности, построение карты, обмен данными.

K.A. Kruger, A.I. Posyagin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR EXPLORING THE TERRAIN
AND CONSTRUCTING A DYNAMICALLY CHANGING MAP
USING MOBILE AGENTS WITH CENTRALIZED CONTROL**

The possibility of improving control over dynamically changing factors in open terrain using several mobile agents united by a centralized control system is investigated. For this purpose, the following were developed and investigated: a data transmission system between agents and the control center, a test stand, and a model of a mobile agent. As a result of the study, a comparison of the control system proposed in this work with a previously known one was conducted, and conclusions were made on the applicability of the system taking into account the new capabilities.

Keywords: mobile agent, orientation on the terrain, terrain exploration, map construction, data exchange.

В мире быстро растущей автоматизации до сих пор существуют области сельского хозяйства, где применяется ручной труд, что увеличивает затраты на производство различных культур [1], поскольку не

все культуры подходят для того, чтобы их собирали промышленной техникой, например ягодные культуры. Для решения этой проблемы мы рассмотрим способ автоматизации процесса при помощи робототехнических решений. В сельском хозяйстве уже активно используются некоторые решения, такие как дроны и мультикоптеры, которые способны осуществлять множество функций, например посадку на поля, но используются они преимущественно для мониторинга и взятия образцов [2, 3]. Такое решение не может быть эффективно использовано при выращивании ягодных культур по ряду причин: найти зрелый плод мультикоптеру помешает листва, а также летательные аппараты сильно ограничены дальностью и временем полёта, что сильно затрудняет их использование на больших территориях для сбора и транспортировки урожая. Поэтому предлагается использовать наземные решения с большим запасом хода и переносимого веса, а также наземное исполнение системы открывает новые способы решения проблемы поиска плодов под листвой.

В ранее известных работах [4] рассматривается система очистки лесов от бытовых отходов мобильными агентами, исполнение которых представлено децентрализованной системой управления, когда агенты обмениваются фрагментами исследованной карты в точках пересечения друг с другом и, отталкиваясь от этого, выбирают свой последующий маршрут. В данной работе рассматривается адаптация подхода управления некоторым количеством подвижных агентов, рассмотренного в работе [4], к случаю карты фиксированных размеров, но динамически изменяющейся в процессе поиска на ней созревших ягодных культур. В таком случае главным отличием является то, что размеры территории, с которой предстоит работать системе, строго ограничены и известны заранее. Это позволяет выбрать передачу данных по радиоканалу, так как эта технология сочетает в себе большую дальность передачи данных и низкое потребление, что позволит питать систему от альтернативных источников питания, например солнечной энергии. Проблемой применения радиоканала является малый объём передаваемых данных, что приводит к невозможности передачи всей карты целиком. Для решения выявленной проблемы осуществлен переход к централизованной системе управления, когда мобильным агентам не придётся хранить и передавать большой объём данных о карте цели-

ком, а лишь небольшие пакеты данных, в которых содержится информация по текущему состоянию карты вокруг них. Также это обеспечит постоянный контроль за всеми устройствами в системе из одной точки, в которой может находиться оператор и контролировать стабильность работы системы. Исходя из вышесказанного, необходимо разработать прототип мобильного агента с минимальной элементной базой, центр управления и испытательный стенд для симуляции работы системы с несколькими мобильными агентами.

В первую очередь было решено разработать систему связи между центром управления и мобильными агентами, система должна включать в себя возможность быстрой передачи данных между центром и агентом, учитывая особенность принципа общения по радиоканалу, в котором одно устройство может выступать только в роли слушателя или вещателя. Исходя из этого, в системе реализована последовательная передача пакетов, в которой каждая сторона поочерёдно переключается между режимами слушателя и вещателя. Результатом работы стал алгоритм общения устройств и формат передаваемых ими пакетов (рис. 1).

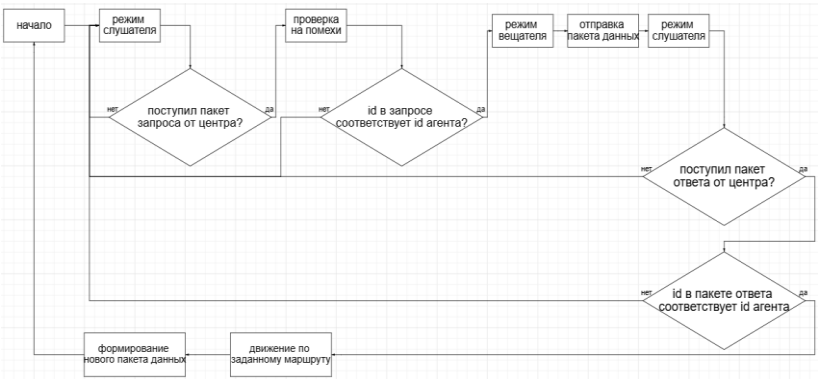


Рис. 1. Алгоритм для передачи пакетов от лица агента

Первым шагом центр отправляет агенту пакет запроса (рис. 2) и, переключившись в режим слушателя, ждёт от него пакет, содержащий информацию о состоянии карты (рис. 3). Получив пакет данных с ин-

формацией о карте, центр формирует новый пакет указаний (рис. 4), опираясь на состояние карты и полученную от агента информацию, выбирая его направление движения в результате работы алгоритма построения маршрута, и отправляет его агенту.



Рис. 2. Пакет запроса, формируемый центром

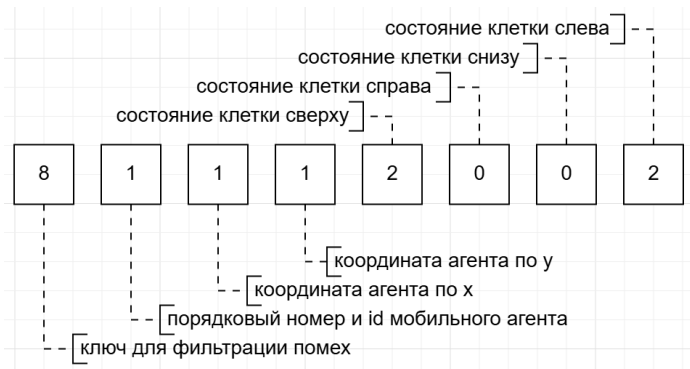


Рис. 3. Структура пакета, содержащего информацию о состоянии карты, формируемая мобильным агентом, исходя из показания его датчиков



Рис. 4. Пакет ответа, формируемый центром

Следующим шагом стало проектирование и сборка испытательного стенда (рис. 5): стенд должен симулировать работу связи между центром и несколькими агентами с возможностью включать или выключать определенных агентов. Для разработки была выбрана элементная база Arduino из-за своей доступности, простоты работы, большой базы подключаемых модулей и библиотек для работы с ними. В качестве вычислительного устройства была выбрана плата Arduino nano и совместимый с ней радиомодуль NRF24L01, а также был спроектирован и напечатан на 3D-принтере корпус для трех агентов, включающий возможность обновления прошивки агентов.

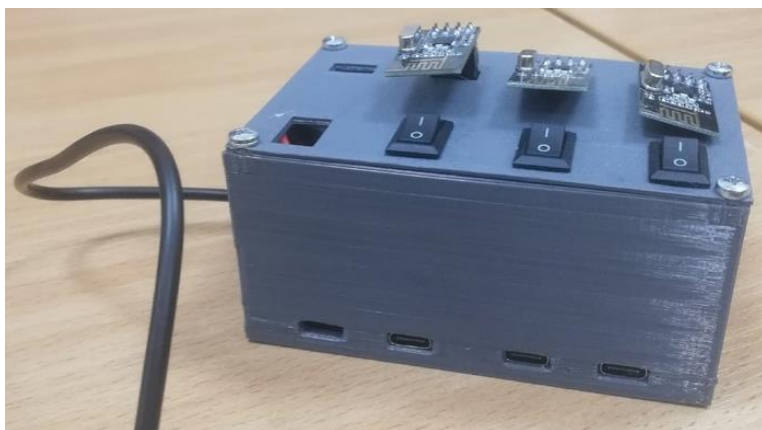


Рис. 5. Испытательный стенд для проведения симуляции передачи данных между агентами и системой управления

В ходе исследования была протестирована система связи между центром и несколькими агентами, симулируя разные случаи работы системы, такие как: включение нескольких агентов, один из которых может, например, отключиться в ходе работы; различные масштабируемые алгоритмы построения маршрутов для разного количества агентов; карты разного размера с различной формой препятствий и т.д.

Заключительным этапом работы станет разработка и сборка макета мобильного агента (рис. 6). Для универсальности разработки вычислительное устройство осталось то же – Arduino nano, корпус и подвижные элементы было решено распечатать на 3D-принтере. Модель

корпуса агента было решено использовать с платформы Thingiverse [5], адаптировав ее под особенности проекта, плата ESP32-CAM была добавлена в макет для последующей возможности использования компьютерного зрения. В комплект макета входит:

- rduino nano;
- радиомодуль nrf24l01;
- двигатель с редуктором 1:48 с двусторонним штоком – 2 шт.;
- драйвер шасси L298N;
- аккумулятор 12V 2A 5000 мАч;
- понижающий преобразователь напряжения DC-DC Mini360;
- модуль датчика угла поворота (магнитный энкодер) AS5600;
- ИК датчик препятствий пороговый – 2 шт.;
- ESP32-CAM с камерой OV2640 (опционально).

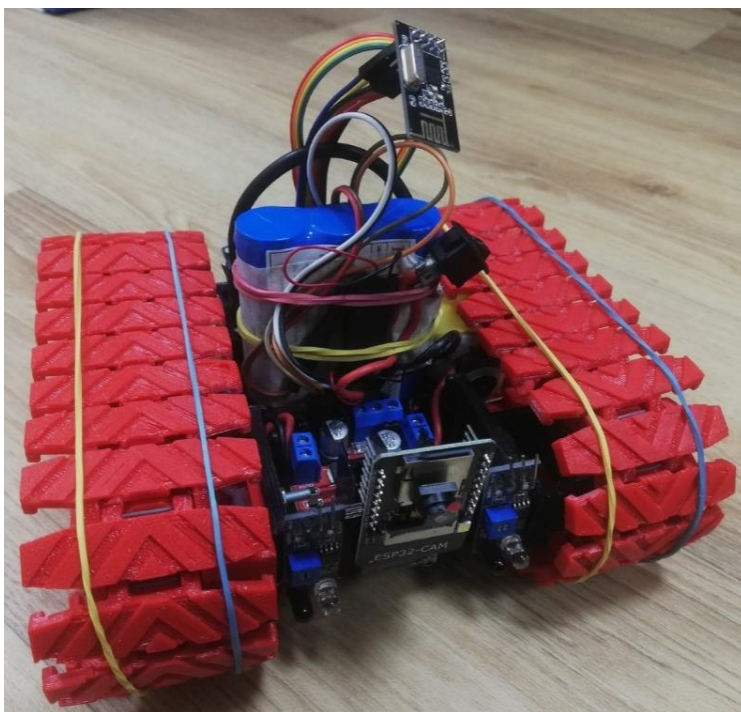


Рис. 6. Макет мобильного агента

В результате данной работы была разработана система для исследования местности и построения динамически изменяющейся карты с помощью нескольких подвижных агентов, объединенных централизованной системой управления.

В ходе тестов система показала свою эффективность и работоспособность по сравнению с уже существующими подходами и потенциал для развития идеи для промышленного применения в направлении автоматизации сельского хозяйства, в частности для ягодных культур.

В дальнейшем планируется модернизировать предложенное решение, добавив распознавание созревших ягод, механизм их сбора, бункер для транспортировки и провести исследования в натуральных условиях.

Использование автоматической системы вместо ручного труда приведёт к повышению объёмов выращиваемой продукции и в перспективе удешевит производство.

Библиографический список

1. Ефремов И.А., Иванова Е.В. Тенденции развития отрасли садоводства в России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13, № 4 (67). – С. 276–286. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.4.276

2. Куцко Д.С., Копань Л.И. Использование квадрокоптера в сельском хозяйстве // Техсервис-2020: материалы науч.-практ. конф. студентов и магистрантов; Минск, 20–22 мая 2020 г. – Минск: Изд-во БГАТУ, 2020. – С. 313–314.

3. Мишуков С.В., Ставицкая Н.А., Шаповалов Д.И. Особенности автоматизации и роботизации технологических процессов в сельском хозяйстве // Мировые естественно-научные исследования современности. Технический прогресс: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф.; Ростов-на-Дону, 31 мая 2023 г. / Национальный исследовательский институт дополнительного профессионального образования. – Ростов-на-Дону: Манускрипт, 2023. – С. 198–202.

4. Миков И.И., Посягин А.И. Разработка методов исследования местности и построения карты с помощью подвижных агентов // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2024. – Т. 1. – С. 477–484.

5. Thingiverse “Mini tank” 12 августа 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.thingiverse.com/thing:132199> (дата обращения: 23.12.2024).

Сведения об авторах

Крюгер Константин Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРПС-21-16, Пермь, Российская Федерация, e-mail: kostyakkrr@mail.ru

Посягин Антон Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: posyagin.anton@gmail.com

А.М. Садыков, А.С. Шамшурин

Казанский национальный исследовательский технологический
университет, Казань

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ И КИБЕРАТАКИ: КАК ПРИВАТНОСТЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СТАНОВИТСЯ ОРУЖИЕМ

Данная статья посвящена детальному анализу воздействия социальных медиаплатформ на обеспечение информационной безопасности, акцентируя внимание на рисках, возникающих из-за неправомерного обращения с данными пользователей. Подробно рассмотрены техники киберпреступников, включая фишинг и социальную инженерию, и их влияние на индивидуальных пользователей и бизнес-субъекты. В работе представлены стратегии по укреплению защиты частной информации, а также подчеркивается значимость развития компетенций в области кибергигиены у пользователей сети.

Ключевые слова: информационная безопасность, социальные сети, кибератаки, фишинг, социальная инженерия, конфиденциальность данных, защита пользователей, персональные данные, киберугрозы.

A.M. Sadykov, A.S. Shamshurin

Kazan National Research Technological University, Kazan

SOCIAL MEDIA AND CYBER ATTACKS: HOW USER PRIVACY BECOMES A WEAPON

This article is devoted to a detailed analysis of the impact of social media platforms on information security, focusing on the risks arising from the misuse of user data. The techniques of cybercriminals, including phishing and social engineering, and their impact on individual users and business entities are considered in detail. The paper presents strategies to strengthen the protection of private information and emphasizes the importance of developing competencies in the field of cyber hygiene among network users.

Keywords: information security, social networks, cyber-attacks, phishing, social engineering, data privacy, user protection, personal data, cyber threats.

В наше время социальные медиа неизменно вливаются в повседневную жизнь масс, охватывая аудиторию миллиардов по всей планете. Платформы, такие как Telegram, Twitter и другие, обеспечивают инструменты для межличностного взаимодействия, распространения

значимых событий жизни, а также поиска информации на разнообразные темы.

Современные социальные сети трансформировались в мультимедийные платформы, служащие не только для обмена информацией, но и для сбора и анализа данных пользователя. Их алгоритмы способны фиксировать и анализировать не только стандартные данные (тексты, изображения, видео), но и извлекать информацию о локациях, увлечениях и социальных контактах. Важность осознания и защиты этой личной информации часто недооценивается пользователями, что открывает пути для её эксплуатации злоумышленниками в недобросовестных целях.

В последние годы киберпреступники стали активнее эксплуатировать социальные сети, признавая их ключевым ресурсом для сбора информации, необходимой для осуществления атак [1].

Соцсети как хранилище персональных данных. Социальные медиа действуют как цифровые площадки для обмена информацией, на которых пользователи зачастую без оценки потенциальных опасностей раскрывают свои персональные данные (ПДн). Эти интернет-сервисы аккумулируют обширную информацию о пользователях: начиная от базовой биографии до увлечений, местоположения и взаимодействий с другими профилями. Для персонализации контента и рекламных предложений в соответствии с предпочтениями пользователя социальные сети применяют специализированные алгоритмы анализа собранных данных. Но эти же данные могут эксплуатировать и злоумышленники.

Информация становится общедоступной благодаря открытым профилям и слабым настройкам приватности. Часто пользователи, не задумываясь, делают доступными для всех свои фото, местонахождения и контактные списки. Это открывает двери для киберпреступников к широкому спектру данных, используемых в атаках с конкретной целью. Например, злоумышленники могут эксплуатировать эти данные для создания поддельных профилей или осуществления фишинговых атак, которые нацелены на определенные интересы и поведенческие особенности жертв.

Следовательно, социальные платформы являются мощным резервуаром данных, доступ к которым могут получить злонамеренные ак-

торы для проведения атак на личности и компании. Это особенно вероятно, когда пользователи не регулируют приватность своих аккаунтов и не обращают внимание на защиту личной информации [2].

Стратегии кибернападений через соцсети. Платформы социальных медиа привлекают хакеров, они применяют разные техники, направленные на эксплуатацию данных пользователей и распространение малвари (вредоносного программного обеспечения). Фишинг является широко используемым способом, где атакующие генерируют поддельные веб-страницы или электронные письма, целью которых является мошенническое получение конфиденциальной информации пользователей. Приемы социальной инженерии способствуют налаживанию доверительных контактов с потерпевшими, осуществляя контроль над их решениями. Малвари распространяется через интернет-ссылки или загружаемые приложения, инфицируя электронные устройства и похищая конфиденциальную информацию. Поддельные профили и автоматизированные программы применяются с целью широкомасштабного распространения нежелательной информации, дезинформации и выполнения задач по сбору персональных сведений пользователей. Использование злоумышленниками ПДн для настройки атак путем применения информации из публичных профилей увеличивает их эффективность. Также соцсети превращаются в цели для нападений на бренды и компании через создание поддельных страниц или профилей, что приводит к ухудшению имиджа или краже конфиденциальной информации [3].

Риски для пользователей и компаний. В эпоху информационных технологий риски, связанные с кибератаками через социальные сети, являются серьезной угрозой как для индивидуальных пользователей, так и для предприятий, остро нуждающихся в защите цифровых активов и информационной безопасности. Для обычных пользователей эта уязвимость проявляется в риске утечки конфиденциальных данных, включающих изображения, контактную информацию и чувствительные финансовые данные. Такие инциденты могут превратить их в жертв фишинга, кражи личности и различных видов обманных действий, создавая основание для финансовых убытков и психологического дискомфорта в виде цифрового шантажа и прямых угроз [4].

Для предприятий ставки в контексте безопасности информации значительно выше, поскольку компрометация личных данных сотрудников или важнейшей коммерческой информации может негативно отразиться на репутации бренда, привести к значительным финансовым потерям и подорвать доверие со стороны клиентуры. Кибератаки, начинающиеся с социальных сетей и направленные на корпорации, регулярно приводят к нарушению целостности аккаунтов сотрудников и, как следствие, несанкционированному доступу к внутренним сетям организации. Организованный шпионаж и специализированные фишинговые кампании, осуществляемые через профили работников в социальных сетях, могут обеспечить конкурентам доступ к критически важной стратегической информации или спровоцировать утечку данных, ставя под угрозу коммерческую тайну, деловую репутацию и экономическую надежность компании.

Системы обеспечения конфиденциальности в социальных сетях. В эпоху усиливающихся рисков кибербезопасности для индивидов становится критически важным активно использовать доступные средства защиты ПДн в соцсетях. Платформы предлагают разнообразные опции конфиденциальности и настройки, которые помогают ограничить доступность информации и минимизировать вероятность кибератак.

Конфиденциальность профиля: участники имеют возможность настроить приватность аккаунта, ограничив просмотр содержимого эксклюзивно.

Управление доступом к контенту: инструменты для регулирования приватности публикаций, позволяя выбирать аудиторию.

Обеспечение конфиденциальности местонахождения: деактивация функции геотегирования способствует предотвращению распространения сведений о локациях и маршрутах индивида.

Эффективность аутентификации является центральным элементом обеспечения кибербезопасности. Пользователь должен создавать пароль, комбинируя алфавитные символы, цифры и знаки препинания. Однако даже сложные пароли не гарантируют полную защиту, ведь методы киберпреступников постоянно совершенствуются. Поэтому платформы социальных сетей внедрили метод двухэтапной верификации, когда, помимо ввода пароля, применяется второй фактор, напри-

мер, код, отправленный на смартфон или email пользователя. Такая мера значительно затрудняет возможность неавторизованного проникновения в аккаунт, предотвращая утечку данных, даже если первичный пароль был скомпрометирован.

Большинство цифровых платформ обеспечивают функцию предупреждения о подозрительной активности или необычных попытках доступа к пользовательскому аккаунту. Эти предупреждения, отправляемые на почту или в виде push-сообщений, уведомляют владельца аккаунта о попытках входа с нераспознанных устройств или из новых локаций, это позволяет оперативно принимать меры безопасности, включая блокировку неавторизованного доступа и обновление учетных данных [5].

Механизмы защиты, включая блокировку и функцию репортинга подозрительных аккаунтов, обеспечивают надежный барьер против неаутентичных профилей и интернет-аферистов. Автоматизированные системы мониторинга активности на платформах выявляют и ограничивают доступ вредоносных аккаунтов, минимизируя риски взаимодействия с мошенниками.

Социальные платформы играют ключевую роль в повышении осознанности подписчиков касательно защиты ПДн посредством внедрения обучающих программ и оповещений. Они предоставляют советы по формированию надежных паролей, правильным настройкам приватности и информируют об опасностях.

Данные защитные механизмы спроектированы для того, чтобы обеспечить пользователям защиту личных данных в экосистеме социальных сетей, минимизируя риск кибератак. Для достижения оптимальной защиты критически важно не только активировать все предоставляемые платформой настройки безопасности, но также и регулярно осуществлять их переоценку, адаптируясь к новым угрозам безопасности и обновлениям в политике защиты данных социальных сетей [6].

Роль социальных сетей в защите данных пользователей. Платформы социальных сетей, аккумулируя значительные массивы ПДн, обязаны гарантировать их целостность и конфиденциальность. Для эффективной защиты применяемые меры включают в себя разработку и внедрение передовых технологий безопасности, а также реали-

зацию стратегий по управлению информацией, предполагающие строгий контроль доступа и применение политики минимизации данных для уменьшения вероятности утраты информации.

1. Платформа социальных медиа несет ответственность за соблюдение протоколов и норм безопасности информации, которые определяются законодательными актами по защите данных пользователей. Законодательство в данной области указывает платформам на необходимость поддержания высокого уровня защиты ПДн, а также предусматривает ответственность в случае инцидентов, связанных с утечкой информации.

2. Различные платформы активно занимаются созданием и интеграцией программных решений, целью которых является повышение уровня безопасности личной информации их пользователей и противодействие любым формам цифровых атак.

Защита информации: внедрение методов криптографической защиты критически важно для обеспечения конфиденциальности пользовательских данных от внешних угроз. Компании, такие как Facebook и WhatsApp, применяют технологию end-to-end encryption, гарантирующую безопасность обмена сообщениями между отправителем и получателем.

Предотвращение распространения поддельных аккаунтов: создаются сложные алгоритмы и механизмы автоматической идентификации, цель которых – выявление и блокировка фальшивых профилей, тем самым ограничивая их способность к дальнейшему распространению и неправомерному использованию информации легитимных пользователей.

Модернизация протоколов защиты для обеспечения цифровой безопасности пользователей, противодействуя угрозам, подобным фишингу, распространению нежелательных сообщений и опасных программ. Это охватывает идентификацию и предотвращение подозрительных операций, а также инициирование блокировки сомнительных профилей до верификации их владельцев [7].

Кроме технического обеспечения безопасности, платформы социальных медиа предлагают пользователям возможность воспользоваться средствами защиты персональной информации и руководства по безопасному ведению аккаунтов. К ним относятся: советы по безопас-

ности в сфере социальных медиа, материалы по кибербезопасности и антифишинг, функция жалоб на инциденты.

Также происходит внедрение искусственного интеллекта для анализа пользовательских поведенческих моделей с целью идентификации аномалий, указывающих на мошенничество. Так передовые технологии обеспечивают более эффективное отслеживание киберугроз, существенно повышая уровень безопасности аккаунтов за счет своевременного оповещения о попытках несанкционированного доступа.

Заключение. Социальные платформы, служащие ключевым средством для взаимодействия и распространения информации, превращаются в надежный ресурс персональных сведений, подвергающихся риску утечки в руки киберпреступников для организации разнообразных хакерских атак. Вне зависимости от осознания пользователями потенциальных угроз публичные аккаунты, недостаточно строгие параметры приватности и чрезмерное распространение личной информации ведут к созданию брешей в защите.

Крайне важно, чтобы активные участники социальных платформ повышали свою информационную грамотность относительно вопросов конфиденциальности, активно обновляли настройки приватности и применяли методы усиленной аутентификации, включая двухфакторное подтверждение входа. В это же время разработчики и администрация социальных сетей обязаны предлагать эффективные инструменты для управления личной информацией и её безопасности.

Библиографический список

1. Ормерод К. Почему социальные сети разрушают вашу жизнь; пер. Е.А. Сибуль. – М.: Феникс, 2022. – 285 с.

2. Безопасность персональных данных в социальных сетях [Электронный ресурс]. – URL: human.snauka.ru/2015/11/13018 (дата обращения: 14.11.2024).

3. Виды рисков для пользователей социальных сетей [Электронный ресурс]. – URL: www.mce.su/rus/archive/abstracts/mce19/sect128328/doc150831/ (дата обращения 14.11.2024).

4. Yuval Elovici, Yaniv Altshuler, Security and Privacy in Social Networks / Springer Publishing Company, Incorporated, 2012. – 259 p.

5. Бурко Р.А., Терёшина Т. В. Социальные сети в современном обществе // Молодой ученый. – 2014. – №7. – С. 607–608.

6. Белов А.С., Добрышин М.М., Шугуров Д.Е. Модернизация системы информационной безопасности: подход к определению периодичности // Защита информации. Инсайд. – 2022. – № 4. – С. 76–80.

7. Гладков А.Н., Горячев С.Н., Кобяков Н.С. Визуализация киберугроз как аспект формирования компетенций в области информационной безопасности // Защита информации. Инсайд. – 2023. – № 1. – С. 32–37.

Сведения об авторах

Садыков Александр Мунирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационная безопасность» Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Российская Федерация, e-mail: alex.sadykov@mail.ru

Шамшури Александр Сергеевич – студент Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Российская Федерация, e-mail: shveysich@list.ru

В.Д. Бузинов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕТЕЛЬ КОММУТАЦИИ НА УРОВНЕ СЕРВИСНОЙ ГРАНИЦЫ

В статье рассматриваются механизмы защиты сетей от петель коммутации и ширококестельных штормов на уровне сервисной границы. Приводится описание настроек, их применения и анализ пригодности для защиты от петель.

Ключевые слова: сети, петля коммутации, маршрутизатор, сервисная граница, сетевой шторм, передача данных, защита.

V.D. Buzinov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

ANALYZING METHODS OF PROTECTION AGAINST SWITCHING LOOPS AT THE SERVICE BOUNDARY LEVEL

This article examines mechanisms for protecting networks from network-loops and broadcast storms at the service boundary level. A detailed description of the configurations, their applications, and an analysis of their suitability for loop prevention is provided.

Keywords: Networks, switching loop, mac-move, router, service boundary, broadcast storm.

Современные сети требуют устойчивых механизмов для защиты от петель, которые могут возникать на уровне сервисной границы. Петли представляют собой опасное явление, ведущее к постоянному переизучению MAC-адресов и ширококестельным штормам, что значительно ухудшает производительность сети.

Сетевой шторм – это, как известно, большая проблема для любого оператора связи. Из-за экспоненциального роста количества ненужного трафика по причине кольца (петли) на уровне L2 в считанные секунды парализуется передача полезного трафика в тех сегментах сети, на которые распространяется ширококестельный шторм [1].

На сети провайдера кольца (петли) возникают в основном по следующим причинам:

- ошибка в конфигурации инфраструктуры и L2 сервисов;
- накопительный эффект конфигурации L2 сервисов. Когда отдельно взятый L2 сервис работает корректно и не представляет угрозы, но в совокупности множества организованных L2 сервисов образуются петли (например, через собственный внутренний L2 сервис клиента);
- ошибка в работе концептуально собранных колец в целях обеспечения необходимой избыточности или организации резервирования (например, сбой в работе протокола STP вследствие ошибки ПО на каком-либо коммутаторе) [1].

При этом предоставление провайдером услуг L2VPN усугубляет проблему. Чем больше в ядре сети широковещательных доменов (услуг L2VPN), тем выше вероятность возникновения широковещательно шторма и тем больше масштаб бедствия [2]. Если бы на маршрутизаторах ядра были только L3 услуги и на уровне агрегации образовалась бы петля (кольцо), шторм остался бы внизу, максимум дойдя до порта маршрутизатора ядра и вызвав деградацию услуг лишь на одном узле агрегации.

Именно поэтому защита от петель и штормов на уровне сервисной границы – очень актуальная тема.

Описание механизмов защиты: механизм mac-protect вручную защищает MAC-адреса от переизучения. Команда совместима с restrict-protected-src, restrict-unprotected-dst и auto-learn-mac-protect.

Например:

```
/configure service vpls <service-id> customer 1  
create
```

```
    mac-protect
```

```
        mac 55:55:55:55:55:54
```

```
        mac 55:55:55:55:55:55
```

restrict-unprotected-dst: фильтрует кадры, адресованные незащищенным MAC-адресам.

mac-pinning: фиксирует MAC-адрес за SAP на время действия age-timer.

max-nbr-mac-addr: ограничивает количество MAC-адресов в FDB.

auto-learn-mac-protect автоматически защищает MAC-адреса, изученные на SAP/spoke/mesh-SDP, предотвращая их переизучение на других портах. Для полноценной работы необходимо совместное использование с restrict-protected-src discard-frame, которая позволяет отбрасывать кадры с защищенными MAC-адресами вместо отключения порта AAA.

Таким образом, auto-learn-mac-protect эффективен только при использовании с restrict-protected-src discard-frame. Без этой комбинации переизучение не будет предотвращено [3].

Исходя из всей информации, была составлена таблица, в которой проанализированы механизмы защиты от сетевых петель (таблица).

Анализ механизмов по защите от сетевых петель

Механизм	Описание
mac-pinning	Неэффективен для защиты от петель, так как только запрещает переизучение MAC-адресов, но не блокирует невалидный трафик
max-nbr-mac-addr + discard-unknown-source	Сложно применять из-за необходимости точного согласования числа MAC-адресов на каждом подключении, что усложняет процессы обслуживания. Применим только для сетей с минимальным числом клиентских устройств
mac-protect + restrict-protected-src	Требует ручного управления списком MAC-адресов, что делает использование громоздким и непрактичным
auto-learn-mac-protect + restrict-protected-src discard-frame	Не предотвращает шторм, если паразитный трафик содержит валидные MAC-адреса. Мешает работе mac-move, если применяется совместно
auto-learn-mac-protect + restrict-unprotected-dst	Не предназначен для предотвращения петель, используется для сложной коммутации или изоляции сегментов VPLS
mac-move	Наиболее подходящий механизм, так как мониторит скорость переизучения MAC-адресов и эффективно предотвращает их флаппинг, что предупреждает петли и последующие штормы

Конфигурация mac-move:

По умолчанию функционал mac-move отключен и требует настройки:

```
mac-move
  move-frequency 5
  retry-timeout 5
  number-retries 0
```

move-frequency 5: позволяет 25 переизучений в 5-секундном интервале, оптимально для избежания ложных срабатываний и фиксации флаппинга.

retry-timeout 5: задает оптимальное время (5 с) для блокировки SAP после флаппинга.

number-retries 0: обеспечивает автоматическое повторное включение отключенных SAP без необходимости ручного вмешательства.

Эти параметры предотвращают ложные срабатывания, фиксируют петли, минимизируют паразитный трафик и эффективно блокируют флаппинг MAC-адресов.

В данной статье при настройке сервиса L2VPN и способов защиты используется маршрутизатор Nokia, располагающийся на сервисной границе провайдера. Для обеспечения наибольшей надежности выделим каждый L2VPN сервис в отдельные vpls. Для демонстрации принципа действия механизма mac-move намеренно соберем петлю, схема следующая (рисунок).

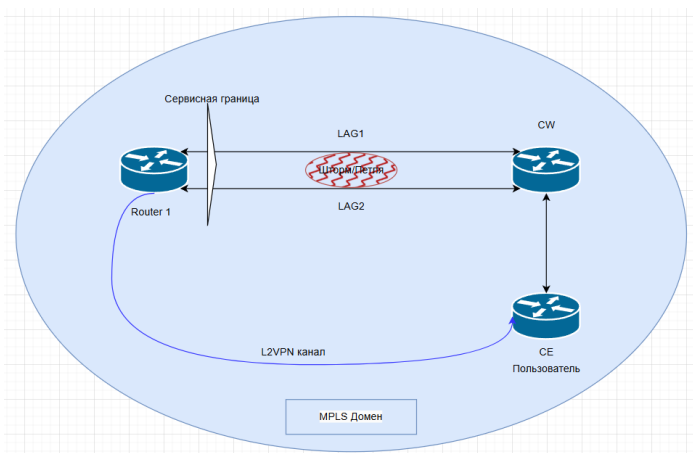


Рис. Топология сети с сетевой петлей

На маршрутизаторе соберем vpls:

```
/configure service vpls 666 customer 1 create  
sap lag-1:666.0 create  
no shutdown
```

```

exit
sap lag-1:667.0 create
no shutdown
exit
sap lag-2:666.0 create
no shutdown
exit
sap lag-2:667.0 create
no shutdown
exit
mac-move
move-frequency 5
retry-timeout 5
number-retries 0
shutdown
exit
no shutdown

```

На CW подадим вланы 666 и 667 во все порты. А на CE настроим любую адресацию во влане 666.

Изначально трафика в нашей схеме нет:

```

*A:Router# /monitor lag 1 rate interval 3
Monitor statistics for LAG ID 1

```

=====			
Port-id	Input packets	Output packets	
	Input bytes	Output bytes	
	Input errors [Input util %]	Output errors [Output util %]	

At time t = 0 sec (Base Statistics)			

3/1/1	6437028187	6661281426	
	1106332173440	1096232089725	
	0	0	

Totals	6437028187	6661281426	
	1106332173440	1096232089725	
	0	0	

At time t = 3 sec (Mode: Rate)			

3/1/1	1920	1195	
	311001	318630	
	0	0.02	0
			0.02

```

-----
Totals          1920                               1195
                311001                             318630
                0                                0.02    0                                0.02
-----

```

Но достаточно одного арг запроса со стороны СЕ, чтобы разразился шторм:

```

*A:Router# /monitor lag 1 rate interval 3
Monitor statistics for LAG ID 1
Port-id      Input packets      Output packets
              Input bytes       Output bytes
              Input errors [Input util %]  Output errors [Output util %]
-----

```

At time t = 0 sec (Base Statistics)

```

-----
1/1/1        12722987139                               15800583853
              2127212307970                             2312166650316
              0                                           0
-----

```

```

Totals        12722987139                               15800583853
              2127212307970                             2312166650316
              0                                           0
-----

```

At time t = 3 sec (Mode: Rate)

```

-----
1/1/1        2397542                               14874827
              309755540                             952489521
              0                                28.61    0                                99.99
-----

```

```

Totals        2397542                               14874827
              309755540                             952489521
              0                                28.61    0                                99.99
-----

```

Как видно выше, из одного арг запроса удалось сгенерировать более 10Gb/s трафика, который будет передаваться по нашему vpls бесконечно.

Активируем настроенный ранее мас-move в нашем vpls:

```
*A: Router # /configure service vpls 666 mac-move no shutdown
```

Буквально в течение нескольких секунд шторм исчезает.

Заключение. Объективно единственный риск активации механизма мас-move – это ложные срабатывания. Так как механизм неинтеллектуальный и мониторит только скорость переизучения мас-адресов между портами vpls домена – в исключительных случаях может срабатывать при отсутствии петли и шторма на сети. Например,

вследствие проблем в физической коммутации и в случае наличия резерва частым переключением на него. Механизм мас-move рекомендован к использованию на уровне сервисной границы.

Библиографический список

1. Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS. – М. БВХ-Петербург, 2005. – 345 с.
2. Таненбаум Э., Фимстер Н., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. – 6-е изд. – 2023.
3. Олефер В.Г. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015.

Сведения об авторе

Бузинов Владимир Дмитриевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ТК6-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: buzinov.v.dm@mail.ru

А.Ф. Бузмаков, А.Н. Кокоулин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В КОНТЕКСТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В данной статье рассматриваются различные паттерны архитектуры мультиагентных систем на основе больших языковых моделей, а также связанные с ними проблемы, преимущества и недостатки. Выделяются три ключевых паттерна таких систем: простая система с одним агентом и несколькими инструментами (tool), иерархические системы с централизованным управлением, рой агентов. В статье подробно анализируются возможности применения каждой из этих архитектур, а также рассматриваются их сильные и слабые стороны с учетом реальных сценариев использования.

Ключевые слова: мультиагентные системы, большие языковые модели, рой агентов.

A.F. Buzmakov, A.N. Kokoulin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

MULTI-AGENT SYSTEMS BASED ON LARGE LANGUAGE MODELS: COMPARATIVE ANALYSIS IN THE CONTEXT OF INFORMATION SECURITY

This article examines various architectural patterns of multi-agent systems based on large language models, as well as the associated challenges, advantages, and disadvantages. Three key patterns of such systems are identified: a simple system with a single agent and multiple tools, hierarchical systems with centralized control, and a swarm of agents. The article provides a detailed analysis of the potential applications of each architecture and discusses their strengths and weaknesses in the context of real-world use cases.

Keywords: multi-agent systems, large language models, agent swarm.

Из года в год мы ожидаем новых прорывов от больших языковых моделей (LLM), таких как GPT, Claude, LLaMA и др. Последние достижения, например мультимодальность, улучшение диалоговых спо-

способностей, интеграция с внешними инструментами и расширение функциональности, стали важными этапами эволюции искусственного интеллекта (ИИ). Однако становится очевидно, что простой рост размеров моделей уже не является оптимальным путем развития. Увеличение числа параметров не приводит к значительному росту интеллекта моделей, а экспоненциальный рост затрат на их обучение делает эффективность этих инвестиций все менее оправданной [1].

Современные технологии, такие как дообучение с использованием методов LoRA (Low-Rank Adaptation) и Retrieval-Augmented Generation (RAG), а также выпуск более мощных моделей, включая GPT-4, вызвали ожидания кардинальных изменений в ИИ. Тем не менее практика показала, что даже самые мощные LLM сталкиваются с ограничениями. В некоторых задачах мультиагентные системы (МАС) демонстрируют более высокую эффективность благодаря гибкости, устойчивости и способности к распределенному решению проблем. Это делает мультиагентные системы одной из наиболее перспективных технологий ближайшего будущего [1].

Как отметил Марк Цукерберг, мультиагентные системы имеют потенциал стать главной технологией 2025 г., закладывая основы для следующего этапа эволюции LLM. Будущие поколения, такие как GPT-5 или GPT-6, возможно, перестанут быть просто одиночными большими моделями и превратятся в сети взаимодействующих агентов, где каждый из них выполняет специфическую задачу в общей экосистеме [2]. Такой подход, вдохновленный концепцией роевого интеллекта, позволит моделям перейти к децентрализованному механизму принятия решений, обеспечивая новые уровни адаптивности и масштабируемости [3].

Эти предпосылки уже видны в исследованиях OpenAI и других компаний, разрабатывающих архитектуры роевых агентов. Мультиагентные системы, сочетающие мощь LLM и распределенные подходы, представляют собой не только инновацию, но и логический шаг в развитии искусственного интеллекта. Они открывают перспективы создания более эффективных и устойчивых систем, способных справляться с задачами, которые раньше считались невозможными для ИИ.

Современные архитектуры мультиагентных систем на основе LLM предоставляют широкий спектр возможностей, начиная от авто-

матизации рутинных процессов и заканчивая разработкой сложных когнитивных систем для научных исследований и бизнеса. Однако внедрение больших языковых моделей в мультиагентные системы порождает ряд технических и концептуальных вызовов, таких как масштабируемость, координация агентов, интерпретируемость их решений и управление ресурсами.

В данной статье рассматриваются три ключевых паттерна архитектуры мультиагентных систем: простые системы с одним агентом и инструментами, иерархические системы с централизованным управлением и рой агентов, вдохновленный концепцией роевого интеллекта. Эти архитектуры уже используются и показали себя хорошо в производственной среде [4]. Основное внимание уделяется анализу возможностей применения каждой из этих архитектур, их преимуществ и недостатков, а также проблем, возникающих при их реализации. Работа направлена на выявление перспектив и ограничений, связанных с мультиагентными LLM системами.

Простая мультиагентная LLM система. Простая мультиагентная система (рис. 1) представляет собой архитектуру, где один агент управляет несколькими инструментами (tools), выполняющими узкоспециализированные функции. Этот подход, хотя и базовый, является фундаментом для многих современных приложений [3].

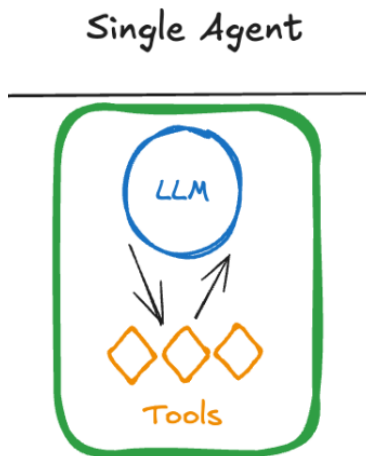


Рис. 1. Простая мультиагентная LLM система

Представим, что пользователь загружает в мультиагентную систему файл, для которого нужно составить анализ рисков. Документ разбивается на части (chunks) для упрощения работы агента.

Агент разбивает задачу на подзадачи:

- провести анализ угроз для чанка;
- для каждого чанка найти релевантные риски;
- на основе угроз и рисков всего файла составить отчет.

После выполнения всех задач инструменты возвращают результаты, которые главный агент агрегирует в финальный ответ.

Достоинства и недостатки простой мультиагентной системы. Достоинства: проста в освоении и реализации, не требует больших ресурсов. Недостатки: один агент зачастую галлюцинирует и допускает ошибки.

Иерархическая мультиагентная LLM система. Иерархическая LLM система – в сущности своей эволюция простой LLM системы, помимо главного агента (Supervisor) и инструментов в иерархическом паттерне добавляются другие агенты, которые составляют команды (Teams) (рис. 2).

Hierarchical

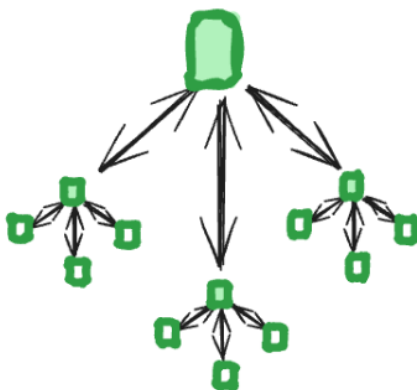


Рис. 2. Иерархическая мультиагентная LLM система

Представим, что пользователь загружает в мультиагентную систему файл, для которого нужно составить анализ рисков. Документ разбивается на части (chunks), для упрощения работы агента.

Супервизор разбивает задачу на подзадачи:

- провести суммаризацию текста (агент суммаризатор);
- провести анализ угроз для суммаризации (агент аналитик);
- найти актуальные риски для суммаризации (агент поиска по рискам);
- составить отчет по документу на основе рисков и угроз (финальный агент);
- супервизор поочередно запускает агентов, пока не выполнит все подзадачи.

После выполнения всех задач инструменты возвращают результаты, которые главный агент агрегирует в финальный ответ. При этом супервизор перепроверяет ответ каждого из агентов на галлюцинации и, если обнаруживает их, перезапускает агента (перекрестная проверка). Также из-за увеличенного количества вызовов к LLM агенты зачастую сами поправляют друг друга в спорных моментах, что приводит к повышению точности общего вывода системы (эффект сложной системы) [3]. Иерархические мультиагентные LLM системы уже используются во многих крупных зарубежных и отечественных компаниях.

Достоинства и недостатки иерархической мультиагентной системы:

- достоинства: значительно реже галлюцинирует из-за перекрестной проверки и эффекта сложной системы;
- недостатки: сложнее в реализации и освоении нежели простая мультиагентная система; проблемы с масштабируемостью и усложнением архитектуры (добавлением новых команд и агентов).

Рой агентов. Иерархические LLM-системы демонстрируют значительные успехи в выполнении задач на уровне человека, однако сталкиваются с серьезными проблемами масштабируемости. Например, если для каждой команды в компании необходимо разработать отдельную иерархическую LLM-систему, процесс быстро становится ресурсоемким. Допустим, средняя команда состоит из 6 человек, а средний срок разработки одной иерархической LLM составляет около 6 месяцев. Если компания ставит цель автоматизировать все про-

цессы в течение 2–3 лет, потребуется создать отдел разработки LLM-агентов, численность которого будет составлять примерно 1/30 от общего числа сотрудников компании.

Для крупной организации с численностью сотрудников в 140 тысяч человек это означает, что отдел разработки должен включать более 4 тысяч сотрудников, что уже является масштабом отдельной компании внутри компании.

Решить эту проблему может рой агентов – мультиагентная LLM система которая состоит из 3 основных частей:

- ядро роя – агент или команда агентов, отвечающая за планирование работ и принятие решений;
- агент, создающий агентов, – агент или команда агентов, которая, согласно плану ядра, создает специализированных агентов и инструменты для них;
- долговременная память – позволяет рою эффективно развиваться и эволюционировать [5, 6].

Network

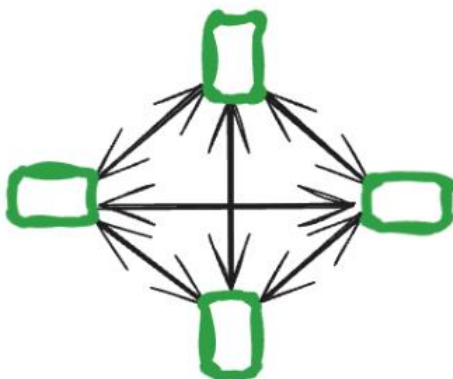


Рис. 3. Рой агентов

Представим, что пользователь загружает в мультиагентную систему файл, для которого нужно составить анализ рисков.

Ядро роя разбивает задачу на подзадачи:

- создать команду и инструменты, если их нет (агент суммаризатор, агент-аналитик, финальный агент, агент поиска по рискам);
- запускает команду и выдает пользователю готовый отчет.

Рой агентов обладает значительной автономностью и не имеет проблем с расширяемостью, поскольку может буквально расширять свои возможности прямо на лету – но из-за этого и возникают проблемы. Основные проблемы, с которыми сталкиваются исследователи роевого LLM интеллекта, – это проблемы, связанные с безопасностью, так как такая сложная система, как рой агентов, обладает сильной непредсказуемостью. Уже известно, что внутри роя могут возникать губительные намерения.

Достоинства и недостатки иерархической мультиагентной системы:

- достоинства: умнее и мощнее иерархических моделей; прекрасно масштабируется и экономит людские ресурсы.
- недостатки: непредсказуемость. Возможно возникновение губительных намерений; сложность как идеи, так и реализации.

Заключения.

Общая таблица сравнения мультиагентных llm систем

Архитектура	Простая	Иерархическая	Рой
Реализация	Проста в идее и реализации	Умеренно сложна в идее и реализации	Сложный как в идее так и в реализации
Требования к ресурсам	Минимальные	Средние	Максимальные
Безопасность	Слабая	Средняя	Слабая
Масштабируемость	Слабая	Слабая	Сильная
Возможности	Малые	Средние	Максимальные

Сравнительный анализ мультиагентных LLM систем показывает, что каждая из архитектур имеет свои преимущества и недостатки, что делает их подходящими для разных сценариев использования (таблица).

Простая мультиагентная система выигрывает за счет своей легкости в реализации и минимальных требований к ресурсам. Однако ее возможности и масштабируемость остаются ограниченными, что делает такую архитектуру пригодной только для задач с четко определенными рамками и небольшими объемами данных. Для небольших про-

ектов или задач с четкими ограничениями лучше использовать простую архитектуру.

Иерархические системы представляют собой более сложное решение, обеспечивающее баланс между возможностями и ресурсными затратами. Тем не менее их масштабируемость оставляет желать лучшего, особенно в условиях крупномасштабных корпоративных систем. Такая архитектура подходит для организаций со средним уровнем автоматизации, где координация агентов является ключевой задачей. Иерархические системы оптимальны для средних проектов, где важна координация между несколькими уровнями агентов.

Архитектура роевых агентов обладает максимальными возможностями и высокой масштабируемостью, что делает ее наиболее перспективной для использования в сложных системах с большими объемами данных и высокой степенью автономности. Однако сложность реализации, проблемы с безопасностью и значительные требования к ресурсам делают этот подход сложным для внедрения, особенно в условиях ограниченных бюджетов и сроков.

Рой агентов стоит рассматривать для долгосрочных и масштабных проектов, где необходима децентрализованная структура и высокая адаптивность.

Библиографический список

1. Large Language Model based Multi-Agents: A Survey of Progress and Challenges [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2402.01680> (дата обращения: 22.12.2024).

2. Self-Adaptive Large Language Model (LLM)-Based Multiagent Systems [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2307.06187> (дата обращения: 22.12.2024).

3. Multi-Agent Collaboration: Harnessing the Power of Intelligent LLM Agents [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2306.03314> (дата обращения: 22.12.2024).

4. Large Multimodal Agents: A Survey [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2402.15116> (дата обращения: 22.12.2024).

5. CLIN: A Continually Learning Language Agent for Rapid Task Adaptation and Generalization [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2310.10134> (дата обращения: 22.12.2024).

6. Voyager: An Open-Ended Embodied Agent with Large Language Models [Электронный ресурс] // arXiv.org. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2305.16291> (дата обращения: 22.12.2024).

Сведения об авторах

Бузмаков Александр Федосеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-23-1м, Пермь, Российская Федерация, e-mail: alex2412abc@gmail.com

Кокоулин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Российская Федерация, e-mail: a.n.kokoulin@at.pstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ	3
Слизенко Н.В. Разработка архитектуры чат-бота для Telegram как инструмента повторения учебного материала по физике в разделе «Электричество»	4
Латош Д.В. Разработка архитектуры вспомогательного программного комплекса PHYSICS	12
Микула М.Д. Использование новых информационных технологий в проектировании программного обеспечения для обработки данных рентгенофлуоресцентного анализа	19
Шмидт И.А., Жуков Д.Р., Лузянин Д.Ю., Попов И.А., Тимков А.Ю. Оптимизация производительности документоориентированных баз данных при работе с многопользовательскими приложениями	29
Килин Г.А., Пашков И.А. Разработка программного комплекса для визуальной дефектоскопии электрических проводов и кабелей	36
Логинов Д.Г., Тюрин С.Ф. Логический элемент программируемых логических интегральных схем FPGA на основе конъюнктивной нормальной формы	44
Логинов Д.Г., Каплина К.И., Тюрин С.Ф. Решение транспортной задачи по критерию времени в MS Excel	52
Васенин И.А., Тюрин С.Ф., Ивченко Д.Я. Логический элемент программируемых логических интегральных схем FPGA с конфигурируемым кодированием переменных	58
Тарутин А.В., Шабалин А.А. Язык программирования на блок-схемах	65
Балдин А.И., Юзеев Е.В., Тарутин А.В. Подсистема расширенного интерактивного взаимодействия для управления оперативным контуром на примере 1C:ERP2	69
Козин А.В., Фрейман В.И. Разработка и исследование вычислительной системы акустического сенсорного устройства ввода информации	76

Сухих И.И. Оценка состояния согласованности дисциплин в учебном плане	85
Фаттахов Н.М., Тарутин А.В. Анализ подходов тестирования для проектов с гибкой методологией управления	92
Булатова К.Г., Кайсина М.Д. ЕСМ и ERP – компоненты корпоративной информационной системы	97
Сторожев С.А., Лубянский А.В. Разработка 3D навигационного датчика на базе 2D лидара	105
Тарутин А.В., Снбозик Д.О. Повышение качества автоматизации тестирования путем совмещения проверок интерфейса и API	111
Шамшурина Г.В., Шкляев А.В. Классификация и сегментация дефектов стекла	115
Шамшурина Г.В., Шкляев А.В. Обзор методов и инструментов обнаружения дефектов стеклотары	120
Королев Ю.С. Применение технологий Data Mining на примере прогнозирования объемов добычи нефти в России	127
Прозорова Л.Ю., Кудрявцева Р.М. Применение методов Data Mining при проведении статистического анализа	134
Лосев А.К., Извозчикова В.В. Исследование информационной системы поиска и выбора компаний и услуг на основе алгоритма интеллектуального поиска	141
Якубчик А.В., Файзрахманов Р.А. Планирование маршрута для эвакуации за счёт оперативной информации о текущем состоянии объекта	148
Секция 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	153
Мальцев Н.В., Билоус О.А. Синтез регулятора давления системы управления складом сжиженных газов на предприятии ООО «Запсибтрансгаз»	154
Казутин Д.М., Билоус О.А., Тимофеева Г.А. Автоматизация участка приготовления и транспортировки раствора карбамидоформальдегидной смолы на примере БКПРУ-3 ПАО «Уралкалий»	161

Климин С.Г. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами	166
Машицкая В.В., Шмидт И.А. Оптимизация создания проектных требований к системе в среде Teamcenter с использованием данных из Capella	170
Семёнов В.Е., Киселёв А.А. Автоматизация оборотного водоснабжения электродуговых печей	175
Кокоулин А.Н., Ананьин С.Н. Перспективы интеграции ORM-сервера в программно-технический комплекс «Багет» ...	182
Чагин Д.А., Чабанов Е.А. Модернизация установки для перемешивания расплавленного металла	188
Павлов М.П., Ивашнев К.Р., Рыбин Е.И., Марахтанов А.Г. Автоматизация контроля поверхностных дефектов сварных соединений методами искусственного интеллекта	192
Южаков Н.А., Сторожев С.А. Разработка системы управления уровнем температуры в помещениях	199
Алексеев Е.С., Асыллов К.К., Садилов А.А., Сторожев С.А. Система автоматического управления двигателями самоходной тележки с использованием П-, ПИ-регуляторов	205
Шамшурин В.В., Бояршинов М.А., Боднар М.В., Аляшев Д.П., Ившин Д.В. Использование искусственных нейронных сетей в системах технического зрения инспекционных машин для определения дефектов стеклотары	211
Чабанов Е.А., Тутынин Д.А., Минабутдинов К.М. Исследование и повышение эффективности асинхронных серводвигателей	219
Балчугов С.В. Анализ методик проектирования электрических машин	224
Уфимцев А.В., Павленко П.В., Макаров Д.С., Филипас А.А. Автоматизация установки пневматических и гидродинамических процессов	228

Белозеров М.В., Лейзгольд К.А., Бачурин А.А., Бочкарев С.В. Подготовка данных для системы поддержки принятия решений по управлению техническим обслуживанием и ремонтами нефтяного оборудования	234
Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	241
Мальцев И.А., Литвин А.С. Общие вопросы электромагнитного преобразования энергии	242
Нохрин А.В., Килин Г.А. Пределы миниатюризации электрических машин в области протезирования	248
Литвин А.С., Мальцев И.А. Диагностика и контроль технического состояния асинхронного двигателя переменного тока по величине индукции магнитного поля	253
Губарев И.А., Бирилло А.В., Калинин И.С. Применение 3D-тренажеров в образовательном процессе	259
Смоляков И.С., Лейзгольд К.А. Использование технологии коллоидных квантовых точек как альтернативы кремниевым солнечным панелям	266
Маслов И.Н., Галимова А.Р. Перспективы водородного топлива для использования на электрических станциях	272
Рисков М.И., Юсупов Э.В., Калинин И.С. Применение проводов нового поколения на воздушных линиях 35–110 кВ	278
Секция 4. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	285
Гурко В.А., Мугизов Т.И., Суворова С.А., Бородкин Ф.С. Оценка случайной погрешности измерения погонной емкости кабеля	286
Гурко В.А., Бородкин Ф.С., Суворова С.А., Мугизов Т.И. Измерение параметров линии с помощью векторного анализатора цепей	291
Трушкин Е.С., Фрейман В.И. Модель адаптивного распределения ресурсов в гибридных вычислительных системах для телекоммуникационного оборудования	297

Фёдоров В.А., Бочкарев А.М. Исследование влияния интеграции V2RAY на производительность и стабильность VPN-соединений: анализ OPENVPN, WIREGUARD и IKEV2/IPSEC	304
Букирева Ю.М., Тур А.И. Модель обучения фильтрации транзакций в антифрод-системе	311
Цыплякова А.В. Исследование аспектов организации резервирования оптических каналов в WDM-системе	319
Равилов А.Д. Исследование динамических характеристик цифровой системы фазовой автоподстройки частоты	326
Панкратов И.А. Разработка и реализация комплекса мер по обеспечению целостности G-code при управлении аддитивными комплексами с 3D-манипуляторами	334
Каменских А.Н., Чернов С.Н. Разработка модели защищенного веб-приложения для систем и сервисов умного города	341
Колесников К.А. Разработка системы приема и обработки сообщений от телекоммуникационного оборудования	351
Нагибин Д.В., Кокоулин А.Н., Южаков А.А. Угрозы информационной безопасности в MLOPS	356
Шибанова Н.Н., Тур А.И. Построение модели системы обеспечения доступности данных	364
Заиченко И.И., Южаков А.А. Разработка модели обучения искусственного интеллекта для реализации сложных сценариев поведения в российских решениях управления привилегированным доступом	371
Клепцин А.В., Тюрин С.А. Анализ протокола маршрутизации трафика GeoNet в сетях V2X	377
Качин А.Д. Разработка автоматизированной системы тестирования для коммутатора KRM_5960_28F	383
Пономарев А.А. Модернизация сети передачи данных для системы «умный дом»	388
Новосёлов Д.И. Настройка политики QoS с разделением трафика по классам REA, PRE, STD и управлением пропускной способностью	395

Евфименко В.Д., Тюрин С.А. Применение печатной Wi-Fi антенны для телематических устройств на автомобильном транспорте	402
Федосеева А.С., Тур А.И. Система оценки и подбора решений обеспечения целостности данных в информационных системах	410
Крюгер К.А., Посягин А.И. Разработка системы для исследования местности и построения динамически изменяющейся карты с помощью подвижных агентов с централизованным управлением	415
Садыков А.М., Шамшурин А.С. Социальные сети и кибератаки: как приватность пользователей становится оружием	423
Бузинов В.Д. Анализ методов защиты от петель коммутации на уровне сервисной границы	431
Бузмаков А.Ф., Кокоулин А.Н. Мультиагентные системы на основе больших языковых моделей: сравнительный анализ в контексте информационной безопасности	438

Научное издание

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ,
ИНСТРУМЕНТЫ, ПРАКТИКА**

Материалы XVI Международной
интернет-конференции молодых ученых,
аспирантов, студентов
(18 ноября – 31 декабря 2024 г.)

Подписано в печать 22.05.2025. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 28,3. Тираж 20 экз. Заказ 081.

Издательство

Пермского национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.

Тел. (342) 219-80-33.

Отпечатано в типографии издательства Пермского
национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.

Тел. (342) 219-80-33.