

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

№110, Июнь 2024  
(Часть 16)



Самара, 2024

Т33

**Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №110, Июнь 2024 (Часть 16) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 216 с.**

**doi:** 10.18411/trnio-06-2024-p16

**Тенденции развития науки и образования** - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного  
профессионального образования

УДК 001.1  
ББК 60

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Черноятов Александр Михайлович**

Кандидат экономических наук, Профессор

**Царегородцев Евгений Леонидович**

Кандидат технических наук, доцент

**Пивоваров Александр Анатольевич**

Кандидат педагогических наук

**Малышкина Елена Владимировна**

Кандидат исторических наук

**Ильященко Дмитрий Павлович**

Кандидат технических наук

**Дробот Павел Николаевич**

Кандидат физико-математических наук, Доцент

**Божко Леся Михайловна**

Доктор экономических наук, Доцент

**Бегидова Светлана Николаевна**

Доктор педагогических наук, Профессор

**Андреева Ольга Николаевна**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**

Кандидат юридических наук

**Ерыгина Анна Владимировна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Чебыкина Ольга Альбертовна**

Кандидат психологических наук

**Левченко Виктория Викторовна**

Кандидат педагогических наук

**Петраш Елена Вадимовна**

Кандидат культурологии

**Романенко Елена Александровна**

Кандидат юридических наук, Доцент

**Мирошин Дмитрий Григорьевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ефременко Евгений Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, Доцент

**Шалагинова Ксения Сергеевна**

Кандидат психологических наук, Доцент

**Катермина Вероника Викторовна**

Доктор филологических наук, Профессор

**Полицинский Евгений Валериевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Пузыня Татьяна Алексеевна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**

Доктор биологических наук, Доцент

**Афанасьева Татьяна Гавриловна**

Доктор фармацевтических наук, Доцент

**Байрамова Айгюн Сеймур кызы**

Доктор философии по техническим наукам

**Лыгин Сергей Александрович**

Кандидат химических наук, Доцент

**Заломнова Светлана Петровна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Радкевич Михаил Михайлович**

Доктор технических наук, Профессор

**Гуткевич Елена Владимировна**

Доктор медицинских наук

**Матвеев Роман Сталинарьевич**

Доктор медицинских наук, Доцент

**Шамутдинов Айдар Харисович**

Кандидат технических наук, Профессор

**Найденов Николай Дмитриевич**

Доктор экономических наук, Профессор

**Романова Ирина Валентиновна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Хачатурова Карине Робертовна**

Кандидат педагогических наук

**Кадим Мундер Мулла**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Григорьев Михаил Федосеевич**

Кандидат сельскохозяйственных наук

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ XXV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	8
<b>Абрамов М.А.</b> ИИ-ассистенты и как они трансформируют нашу повседневную жизнь .....	8
<b>Айтмамбетов И.Р., Вилданов Р.Р., Маннапов А.А., Хабибуллин С.Р.</b> Роль автоматизации в обеспечении безопасности ядерных электростанций: технологии и инновации .....	11
<b>Афанасьев М.К., Байманов Р.А., Вольхин М.К., Кутазов М.Ю., Чертухин В.Ю.</b> Разработка системы защиты объектов магистрального нефтепровода от противоправного использования БПЛА и аналогичных систем .....	14
<b>Бабинчук Д.И.</b> Цифровизация бизнес-процессов логистической компании: ключевые стратегии и технологии повышения эффективности (на примере ооо «е-лайн») .....	17
<b>Баклушина И.В., Невский С.А.</b> Фазовые переходы «жидкость – жидкость» в однокомпонентных жидкостях и расплавах металлов .....	21
<b>Ботов М.Е.</b> Проектирование и разработка манипулятора с пятью степенями свободы.....	24
<b>Бронвальд Л.А., Клеев Д.И.</b> Применение нормализации и денормализации в проектировании баз данных.....	27
<b>Сорокин К.С., Гаврилин В.В.</b> Анализ методов удаления кислорода и прочих газов из воды .....	31
<b>Васильев Д.В., Рябов Г.А.</b> Использование беспроводных систем передачи данных в системах позиционирования .....	34
<b>Вафин Д.Х., Абсалямов А.Р., Мисюра Д.А.</b> Классификация отказов автомобильной техники в процессе эксплуатации .....	38
<b>Галиулина А.Р.</b> Способы получения редкоземельных металлов, используемых в нефтехимической отрасли для создания катализаторов .....	42
<b>Нигматзянова Л.Р.</b> Автоматизированные системы управления предприятием.....	44
<b>Густомясова Е.А.</b> Анализ состояния российского рынка СЭД .....	47
<b>Добронравов А.С., Добрянский Р.Ф., Чертухин В.Ю.</b> Комплексная система защиты объектов магистрального нефтепровода от противоправного использования БПЛА и аналогичных систем.....	50
<b>Ендачёва М.К., Лиманова Н.И., Козлов В.В.</b> Численный метод роя частиц: алгоритмические основы и практическое применение .....	53
<b>Закурко А.Е.</b> Технологические аспекты проектов сэд на российском рынке .....	55
<b>Зиннатуллина Г.Н., Гизатуллина Э.Р.</b> Совершенствование процедуры проведения производственного контроля на опасном производственном объекте.....	59
<b>Лунегова А.А., Василега Н.А.</b> Техническое предложение обеспечения параметров микроклимата в производственном помещении.....	62
<b>Мансуров В.А., Галкина Т.В., Шатов М.С.</b> Различия синтеза системы и киберфизического подхода в управлении.....	65
<b>Михайлов В.В., Жуков П.В.</b> Прогнозирование отказов в процессе эксплуатации вооружения и техники.....	69
<b>Мун С., Усуи С., Чертухин В.Ю.</b> Применение микроволнового излучения в нефтегазовой отрасли .....	73

<b>Плотников В.В., Ахметзянова Э.А.</b> Волоконно-оптические технологии в подстанциях различного вида.....	77
<b>Плохута К.Д.</b> Особенности количественной оценки рисков в информационной безопасности .....	80
<b>Рудик Е.Д.</b> Информационные системы для цифровой трансформации дистрибьюторской компании.....	83
<b>Сабанова Э.В.</b> Эффективность использования метода Рунге-Кутты-Фельберга для решения задач динамики оболочечных конструкций .....	87
<b>Айфутдинова Д.Р., Гибадуллин Р.Р.</b> Обзор систем автоматизированного контроля и учета электроэнергии.....	93
<b>Соколов Н.С.</b> Геотехнические процессы возникающие в основаниях при повышенном давлении.....	96
<b>Соколов Н.С.</b> Оптимальная геотехническая технология устройства свай ЭРТ .....	100
<b>Соколов Н.С.</b> Подход к предотвращению равнинных территорий от подтопления .....	105
<b>Соколов Н.С.</b> Техническая целесообразность и экономическая эффективность устройства свай ЭРТ .....	110
<b>Соколов Н.С.</b> Технологическая установка для улучшения строительных свойств слабых грунтов .....	114
<b>Сорокин К.С., Гаврилин В.В.</b> Дегазация в системах поддержания давления .....	120
<b>Сорокин К.С., Гаврилин В.В.</b> Применения датчика наружной температуры для регулировки системы отопления .....	122
<b>Суфиянов Р.Ш.</b> К вопросу о повышении степени локализации производства отечественных легковых автомобилей.....	125
<b>Сухопарова Е.В.</b> Основы анимации в Blender .....	128
<b>Сухопарова Е.В.</b> Особенности построения гнутых панелей в модуле Базис-Мебельщик....	133
<b>Сухопарова Е.В.</b> Особенности построения профилей в модуле Базис-Мебельщик.....	137
<b>Сухопарова Е.В.</b> Разработка и создание устройства автоматической подачи деревянных заготовок в строгальный станок .....	141
<b>Тюменцев Д.В.</b> Автоматизация процессов управления инфраструктурой через SaaS-платформы .....	143
<b>Уркумбаева Ж.Р., Худякова С.А., Штерензон В.А.</b> Анализ развития численности пожаров, ущерба, гибели и травматизма в рф в период с 2018 по 2022 гг .....	148
<b>Хабиров Ф.Ф., Вохмин В.С., Идрисов А.В.</b> Исследование возможности применения фотоэлектрического преобразователя совместно с термоэлектрическим генератором для автономного электроснабжения системы освещения птичника .....	152
<b>Халлыева А., Назарова И.Т.</b> Разработка организационных мероприятий по реализации интегрированной системы менеджмента качества продукции на предприятии ооо «технологиистройсервис» .....	155
<b>Холуденева А.О., Шканова К.Д., Шаповалов Д.И.</b> Исследование взаимосвязи всеобщего управления качеством и качества продукции с результативностью процессов путем применения математических методов .....	158
<b>Черненко А.А., Лычков И.И.</b> Сокращение объема вычислений в алгоритме расчета дескриптора характерных участков изображения ORB.....	160

<b>Чернышев А.М., Сафин М.А.</b> Сравнительный анализ программируемых логических контроллеров для автоматической системы мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице .....	164
<b>Чернышев А.М., Сафин М.А.</b> Автоматизированная система мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице .....	167
<b>Чернышев А.М., Сафин М.А.</b> Трубная шаровая мельница мокрого помола и преимущества её использования .....	170
<b>Шевырев Л.Ю.</b> Инженерный расчёт основных параметров и режимов работы дозирующей системы сеялки с централизованным высевом .....	173
Диаметр рабочей катушки может быть определён по формуле: .....	174
<b>Grachev A.V., Popov A.A., Pavlycheva T.N., Kuligina N.O.</b> Development of a system for the management of preparation and oligomerization of dicyclopentadiene .....	176
<b>Lakeeva A.E., Popov A.A., Pavlycheva T.N., Kuligina N.O.</b> The influence of temperature on the mashing stage and ways of regulating it by means of automation in the brewing industry .....	180
<b>Pedan M.R., Fedko L.A.</b> Application of light steel thin-walled structures (LSTWS) in seaport constructions .....	183
<b>РАЗДЕЛ XXVI. МОДЕЛИРОВАНИЕ</b> .....	186
<b>Гнатенко Ю.А., Ахметова Г.</b> Первичная статистическая обработка данных .....	186
<b>Котиц Д.А., Попескул А.Н., Саламахина И.Г.</b> Цифровая трансформация в агропромышленной сфере: инновационные решения с LabVIEW и SolidWorks .....	190
<b>Якимов И.А., Шарипов И.И.</b> Применение 3D-печати и 3D-сканирования в стоматологии .....	195
<b>РАЗДЕЛ XXVII. ЭЛЕКТРОНИКА</b> .....	200
<b>Крюкова А.С., Гибадуллин Р.Р.</b> Проектирование микроконтроллерного устройства опроса сигнала на восьмиразрядном гисc-контроллере .....	200
<b>Аделина А.Х., Гибадуллин Р.Р.</b> Преобразователи частоты в управлении электроприводом .....	203
<b>РАЗДЕЛ XXVIII. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА</b> .....	206
<b>Зиятдинова А.Р., Гибадуллин Р.Р.</b> Инновации и перспективы развития в области электроснабжения .....	206
<b>Колистратов М.В., Погребинская М.Н.</b> Проблемы безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей .....	208
<b>Патунин В.А., Вассунова Ю.Ю.</b> Применение микроконтроллеров в энергетических объектах .....	212

## РАЗДЕЛ XXV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абрамов М.А.

**ИИ-ассистенты и как они трансформируют нашу повседневную жизнь**

*Липецкий государственный технический университет  
(Россия, Липецк)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-848

### Аннотация

В последние годы персональные помощники на основе искусственного интеллекта (ИИ) стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Эта статья исследует, как такие виртуальные помощники, как Siri, Alexa и Google Assistant, изменяют наш подход к выполнению задач и принятию решений в личной и профессиональной сфере. Рассматриваются основные функции и технологии, лежащие в основе этих помощников, а также примеры их применения в различных отраслях, включая здравоохранение, производство, розничную торговлю и образование. Также обсуждаются преимущества использования ИИ-помощников, такие как повышение продуктивности, улучшение обслуживания клиентов, экономия времени и денег, а также улучшение безопасности и благополучия. В статье анализируются текущие тенденции и перспективы развития персональных помощников на основе ИИ, подчеркивая их растущее значение в нашей жизни.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, ИИ, персональные помощники, Siri, Alexa, Google Assistant, автоматизация задач, обработка естественного языка, машинное обучение, продуктивность, обслуживание клиентов, безопасность, благополучие, цифровая трансформация, умные устройства, эмоциональная поддержка.

### Abstract

In recent years, artificial intelligence (AI)-based personal assistants have become an integral part of our daily lives. This article explores how virtual assistants like Siri, Alexa, and Google Assistant are changing our approach to task completion and decision-making in both personal and professional spheres. The main functions and technologies underlying these assistants are examined, along with examples of their application in various industries, including healthcare, manufacturing, retail, and education. The advantages of using AI assistants are also discussed, such as increased productivity, improved customer service, time and cost savings, and enhanced security and well-being. The article analyzes current trends and future prospects for AI-based personal assistants, highlighting their growing importance in our lives.

**Keywords:** artificial intelligence, AI, personal assistants, Siri, Alexa, Google Assistant, task automation, natural language processing, machine learning, productivity, customer service, security, well-being, digital transformation, smart devices, emotional support.

В эру быстрого развития технологий искусственного интеллекта (ИИ) наши жизни постепенно становятся более удобными и эффективными благодаря появлению ИИ-ассистентов. От смартфонов до домашних устройств умного дома, эти виртуальные помощники уже прочно вошли в нашу повседневную реальность, изменяя её с каждым днём. Давайте рассмотрим, как именно эти технологии трансформируют наш обыденный мир и какие перспективы открываются благодаря их использованию

Что такое персональные помощники на основе ИИ?

Персональные помощники, работающие на основе ИИ, — это виртуальные программные агенты, которые помогают пользователям выполнять различные задачи и предоставляют информацию, используя технологии искусственного интеллекта. Они используют обработку естественного языка (NLP), машинное обучение и другие методы ИИ



для того, чтобы понимать и отвечать на запросы пользователей, имитируя человеческое общение.

Основные функции персональных помощников на основе ИИ

Персональные помощники, работающие на основе ИИ, используют передовые технологии, такие как генерация естественного языка (NLG) и глубокое обучение, предоставляя следующие ключевые функции:

- Понимание естественного языка (NLU): Понимают и интерпретируют запросы и команды пользователей на естественном языке для интуитивного взаимодействия. [1]
- Генеративные возможности: Динамически генерируют ответы, похожие на человеческие, предоставляя контекстуально релевантную и персонализированную информацию.
- Осознание контекста: Удерживают контекст в течение нескольких взаимодействий, что позволяет давать последовательные и релевантные ответы на основе продолжающихся разговоров.
- Обучение и адаптация: Постоянно учатся на взаимодействиях с пользователями, чтобы улучшать производительность и адаптироваться к изменяющимся потребностям пользователей.
- Автоматизация задач: Выполняют разнообразные задачи на основе запросов пользователей, от простых команд до более сложных, контекстно-зависимых действий.
- Поток разговора: Улучшают поток разговора, понимая контекст и поддерживая последовательность, что приводит к естественному опыту взаимодействия.

Рост и необходимость персональных помощников на основе ИИ

За последнее десятилетие ИИ-ассистенты получили широкое распространение благодаря значительным инвестициям таких технологических гигантов, как Apple, Google, Amazon и Microsoft, в разработку сложных систем разговорного ИИ. Цифровая трансформация в различных отраслях стимулировала культуру, ориентированную на данные, где информация используется для повышения эффективности и достижения результатов. Мощные алгоритмы, огромные наборы данных и усовершенствованное оборудование позволили персональным помощникам на основе ИИ более точно понимать и отвечать на запросы пользователей, интегрируясь в повседневную жизнь. [2]

Ведущие ИИ ассистенты:

- Apple Siri: Голосовой помощник, интегрированный в устройства iOS и macOS.
- Google Assistant: Доступен на устройствах Android и других платформах, помогает с задачами, вопросами и управлением умными устройствами.
- Amazon Alexa: Известен интеграцией с умным домом и множеством навыков, используется в устройствах Amazon Echo и других.
- Microsoft Cortana: Предоставляет голосовую помощь и функции продуктивности, изначально интегрирован в устройства Windows.
- Samsung Bixby: Предлагает голосовые команды и персонализированные рекомендации на смартфонах Samsung и других устройствах.

Примеры использования персональных помощников на основе ИИ в различных отраслях:

- Здравоохранение: ИИ ассистенты создают подробные сводки пациентов из электронных медицинских записей, помогая в принятии медицинских решений и предоставляя персонализированные рекомендации по здоровью и напоминания о приеме лекарств. [3]
- Производство: В производстве они оптимизируют процессы производства, создавая предсказательные графики техобслуживания, уменьшая простои и

повышая операционную эффективность. Они также помогают инженерам в проектировании прототипов продуктов с использованием реальных симуляций и анализа данных. [4]

- Человеческие ресурсы: Персональные помощники на основе ИИ упрощают процесс найма, просматривая резюме, организуя интервью и проводя первоначальные оценки. Они также помогают сотрудникам с вопросами, связанными с кадровыми вопросами, улучшая опыт адаптации. [5]
- Розничная торговля: В розничной торговле улучшают взаимодействие с клиентами, предоставляя персонализированные рекомендации по продуктам и отчеты о текущих запасах, оптимизируя процессы пополнения запасов и совершенствуя маркетинговые стратегии. [4]
- Образование: ИИ ассистенты служат виртуальными репетиторами, создавая персонализированные учебные материалы и автоматизируя административные задачи, такие как оценка заданий, что позволяет преподавателям сосредоточиться на взаимодействии со студентами. [6]
- Клиентская помощь: В службе поддержки клиентов предоставляют мгновенные и точные ответы на запросы, улучшая удовлетворенность клиентов и освобождая человеческих агентов для решения более сложных вопросов. [7]
- Финансы: В финансовом секторе помогают советникам с детализированным анализом инвестиций и оперативными рыночными данными. Они поддерживают клиентов персонализированными советами по бюджету, основываясь на привычках трат, помогая принимать информированные финансовые решения. [7]

Преимущества персональных помощников на основе ИИ:

- Борьба с одиночеством: Могут обеспечивать непрерывное взаимодействие и эмоциональную поддержку, борясь с одиночеством и помогая пользователям чувствовать себя частью общества. [8]
- Повышение продуктивности: Автоматизируя рутинные задачи, ИИ-помощники позволяют сотрудникам сосредоточиться на стратегической работе, повышая продуктивность и эффективность бизнеса.
- Улучшение обслуживания клиентов: ИИ-ассистенты обеспечивают круглосуточное обслуживание клиентов, повышая удовлетворенность и лояльность благодаря мгновенным и точным ответам и плавному переходу к более сложным вопросам.
- Экономия времени и денег: Сокращают зависимость от ручного труда, быстро анализируя большие объемы данных для поддержки принятия решений на основе данных и автоматизируя задачи, такие как напоминания, сообщения и назначения.
- Повышение безопасности: В умных домах отслеживают и предупреждают пользователей о потенциальных опасностях, повышая безопасность. В промышленных условиях они помогают с предсказательным обслуживанием, предотвращая поломки оборудования и несчастные случаи.
- Улучшение здоровья и благополучия: Предлагают персонализированные напоминания о здоровье, отслеживание физической активности и советы по питанию, способствуя активному оздоровлению и эмоциональной поддержке через эмпатическое взаимодействие.

Будущие тренды для персональных помощников на основе ИИ:

- Прозрачная политика обработки данных: Разработчики будут внедрять более прозрачные политики обработки данных, предоставляя пользователям детальную информацию о использовании, передаче и хранении данных.

- Улучшенная эмоциональная интеллигентность: В будущем ИИ-ассистенты будут лучше понимать и реагировать на эмоции с помощью улучшенного анализа настроений и эмпатического общения.
- Интеграция с умными устройствами: Продолжится интеграция с большим количеством умных устройств, создавая взаимосвязанную и интеллектуальную экосистему. [9]

#### Заключение

Рост популярности персональных помощников на основе ИИ меняет нашу жизнь, предлагая преобразующие преимущества от повышения эффективности бизнеса до борьбы с одиночеством. Эти помощники обещают повышение продуктивности, улучшенное обслуживание клиентов, экономию времени и денег, усиление безопасности и улучшение благополучия, что знаменует собой важный шаг в эволюции взаимодействия человека и машины.

\*\*\*

1. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.) / S. Russell, P. Norvig // Pearson Education., 2020. Chapter 22: Natural Language Understanding. P. 548-576.
2. Gentsch, P. AI in Marketing, Sales, and Service: How Marketers Without a Degree in Data Science Can Use AI, Big Data, and Bots / P. Gentsch // Springer., 2019. P. 45-72.
3. Topol, E. Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again / E. Topol // Basic Books., 2019. P. 133-160.
4. Lee, K.-F. AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order / K.-F. Lee // Houghton Mifflin Harcourt., 2018. P. 95-123.
5. Bessen, J. AI and Work: The Role of Artificial Intelligence in Employment / J. Bessen // MIT Press., 2019. P. 210-238.
6. Susskind, R., Susskind, D. The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts / R. Susskind, D. Susskind // Oxford University Press., 2015. P. 75-102.
7. Kaplan, J. Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know / J. Kaplan // Oxford University Press., 2016.. P. 164-191.
8. Turkle, S. Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other / S. Turkle // Basic Books., 2011. P. 155-175.
9. McAfee, A., Brynjolfsson, E. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies / A. McAfee, E. Brynjolfsson // W.W. Norton & Company., 2014. P. 89-112.
10. Goodman, B., Flaxman, S. European Union Regulations on Algorithmic Decision-Making and the "Right to Explanation" / B. Goodman, S. Flaxman // AI Magazine., 2017. P. 50-57.
11. Chui, M., Manyika, J., Miremadi, M. Where Machines Could Replace Humans — and Where They Can't (Yet) / M. Chui, J. Manyika, M. Miremadi // McKinsey Quarterly., 2016. P. 36-45.
12. Rose, D. Enchanted Objects: Design, Human Desire, and the Internet of Things / D. Rose // Scribner., 2014. P. 200-223.

**Айтмамбетов И.Р., Вилданов Р.Р., Маннапов А.А., Хабибуллин С.Р.**

**Роль автоматизации в обеспечении безопасности ядерных электростанций: технологии и инновации**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-849

#### Аннотация

Эта научная статья рассматривает важность автоматизации в повышении безопасности на ядерных электростанциях. В ней обсуждаются новейшие технологии и инновационные подходы, которые помогают минимизировать риски и обеспечить надежную работу атомных станций. Особое внимание уделяется системам управления, мониторинга и аварийного реагирования, а также передовым методам подготовки персонала. Статья предоставляет комплексный взгляд на роль автоматизации в обеспечении безопасности критически важной ядерной энергетической инфраструктуры.

**Ключевые слова:** автоматизация, энергоэффективность, ядерные электростанции, безопасность, инновации, технологии.

### Abstract

This research paper examines the importance of automation in improving safety in nuclear power plants. It discusses the latest technologies and innovative approaches that help minimize risks and ensure reliable operation of nuclear power plants. Particular attention is paid to control, monitoring and emergency response systems, as well as best practices in personnel training. The article provides a comprehensive view of the role of automation in ensuring the safety of critical nuclear power infrastructure.

**Keywords:** automation, energy efficiency, nuclear power plants, safety, innovation, technology.

Ядерная энергетика играет ключевую роль в удовлетворении глобального спроса на электричество. Она обеспечивает надежный и экологически чистый источник энергии, который помогает сокращать выбросы парниковых газов. Однако безопасность ядерных объектов остается одной из главных проблем, с которыми сталкивается отрасль. Даже незначительные нарушения в работе реакторов или систем безопасности могут привести к катастрофическим последствиям для окружающей среды и здоровья людей.

Автоматизированные диагностические системы постоянно анализируют параметры работы оборудования, позволяя своевременно выявлять даже малейшие отклонения.

Интуитивные интерфейсы. Современные человеко-машинные интерфейсы, использующие графику и визуализацию данных, помогают операторам станций быстро реагировать на изменения в работе оборудования.

Предотвращение ошибок персонала. Автоматизированные системы управления снижают вероятность ошибок со стороны оператора, повышая надежность работы АЭС.

Технологические решения для обеспечения безопасности. Ключевыми технологическими решениями, повышающими безопасность ядерных станций, являются системы мониторинга, диагностики и управления, основанные на передовых алгоритмах анализа данных и искусственном интеллекте. Эти системы непрерывно собирают и обрабатывают информацию о состоянии оборудования, выявляя и прогнозируя возможные нарушения.

Интеллектуальные системы управления. Использование ИИ-алгоритмов позволяет создавать адаптивные и самообучающиеся системы управления, способные оптимизировать работу реакторов и вспомогательных систем в режиме реального времени.

Диагностика и прогнозирование. Передовые системы диагностики, основанные на анализе больших данных и машинном обучении, помогают заблаговременно выявлять признаки неисправностей и предотвращать аварийные ситуации.

Симуляция и моделирование. Компьютерные модели и симуляторы позволяют отрабатывать различные сценарии аварийных ситуаций, оттачивая действия персонала и повышая готовность к непредвиденным событиям.

Повышение квалификации персонала. Наряду с техническими решениями, важную роль в обеспечении безопасности ядерных объектов играет постоянное повышение квалификации персонала. Современные методики обучения, включающие использование виртуальной реальности, симуляторов и игровых подходов, помогают сотрудникам станций отрабатывать навыки реагирования на нештатные ситуации и принятия правильных решений.

Интерактивное обучение. Использование VR-симуляторов и других интерактивных технологий обучения помогает сотрудникам отработать свои действия в различных аварийных сценариях.

Развитие управленческих навыков. Программы повышения квалификации включают тренинги по принятию решений в условиях стресса, эффективной коммуникации и командной работе.

Регулярная сертификация. Персонал ядерных станций должен регулярно проходить проверку знаний и навыков для подтверждения своей квалификации.

Передовые системы аварийного реагирования. Одним из ключевых аспектов обеспечения безопасности ядерных объектов является наличие эффективных систем аварийного реагирования. Современные решения в этой области предусматривают интеграцию различных технологий, включая средства мониторинга, прогнозирования, принятия решений и автоматизированного управления.

Непрерывный мониторинг. Распределенные сенсорные сети постоянно контролируют параметры работы оборудования и окружающую среду.

Анализ данных и прогнозирование. Алгоритмы искусственного интеллекта обрабатывают данные в режиме реального времени, выявляя признаки возможных аварий.

Автоматизированное реагирование. Системы управления автоматически предпринимают необходимые действия для предотвращения развития аварийной ситуации.

Обеспечение физической безопасности. Помимо систем управления и аварийного реагирования, важную роль в обеспечении безопасности ядерных объектов играют меры физической защиты. Это включает в себя комплексные системы видеонаблюдения, контроля доступа, охранной сигнализации и физической охраны периметра.

Интегрированные системы безопасности. Современные решения объединяют различные технологии физической защиты в единую централизованную систему, повышая эффективность мер безопасности.

Биометрические системы. Использование биометрических данных (отпечатки пальцев, распознавание лиц) обеспечивает надежный контроль доступа на ядерные объекты.

Беспилотные системы охраны. Автономные дроны и робототехнические комплексы помогают осуществлять непрерывный мониторинг и реагирование на внештатные ситуации.

Международное сотрудничество и регулирование. Обеспечение безопасности ядерной энергетики требует согласованных усилий на международном уровне. Существуют различные международные организации, которые занимаются разработкой стандартов, норм и рекомендаций в области ядерной безопасности. Эти меры важны для гармонизации подходов и обмена передовым опытом между странами.

Организация - роль в обеспечении безопасности;

МАГАТЭ (IAEA) - разработка международных стандартов и руководящих принципов в области ядерной безопасности;

Евратом - регулирование использования ядерной энергии в странах Европейского Союза;

ВАО АЭС - содействие обмену передовым опытом и взаимный контроль между эксплуатирующими организациями.

Преимущества автоматизации: эффективность и точность. Повышение эффективности. Автоматизация систем управления и мониторинга на ядерных электростанциях обеспечивает значительное повышение эффективности работы. Благодаря высокой скорости обработки данных, точности вычислений и оперативности реагирования, автоматизированные системы способны выполнять сложные задачи гораздо быстрее и продуктивнее, чем человек. Это позволяет оптимизировать производственные процессы, минимизировать потери и повысить общую производительность станции.

Повышение точности. Автоматизация обеспечивает исключительную точность во всех критически важных операциях, связанных с безопасностью. Современные микропроцессорные системы управления и контроля способны с высокой точностью отслеживать и корректировать параметры технологических процессов, сводя к минимуму человеческие ошибки и недочеты. Это гарантирует стабильную и безопасную работу оборудования, а также позволяет точно соблюдать все нормативы и требования.

Снижение рисков. Автоматизация технологических процессов, а также управление и мониторинг систем безопасности на ядерных электростанциях существенно снижают риски возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций. Благодаря быстрой реакции, точности вычислений и способности предотвращать ошибки, автоматизированные системы защищают

станцию от человеческого фактора и чрезвычайных происшествий, повышая тем самым общую надежность и безопасность объекта.

Экологические и социальные аспекты. Обеспечение безопасности ядерных электростанций имеет не только технологическое, но и важное экологическое и социальное значение. Повышение надежности работы АЭС напрямую влияет на снижение риска радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также способствует росту общественного доверия к ядерной энергетике.

Экологическая безопасность. Исключение аварийных выбросов радиоактивных веществ защищает окружающую среду и здоровье населения.

Общественное восприятие. Повышение безопасности АЭС способствует росту доверия общества к использованию ядерной энергии.

Устойчивое развитие. Безопасная ядерная энергетика играет ключевую роль в достижении целей устойчивого развития.

Современные достижения. В области обеспечения безопасности ядерных электростанций автоматизация играет ключевую роль, позволяя повысить эффективность и надежность систем управления и мониторинга. Современные технологии автоматизации включают в себя передовые программно-аппаратные комплексы, способные в режиме реального времени контролировать и регулировать различные параметры технологических процессов. Интеллектуальные системы на основе искусственного интеллекта способны выявлять и предотвращать потенциальные неисправности, своевременно реагировать на критические ситуации и самостоятельно принимать решения в соответствии с алгоритмами безопасности.

Особое внимание уделяется развитию интегрированных систем управления, обеспечивающих межсистемное взаимодействие и комплексный контроль над всеми аспектами функционирования ядерной станции. Эти системы сочетают в себе модули безопасности, контроля технологических параметров, диагностики оборудования и управления аварийными ситуациями. Кроме того, применение беспроводных технологий и облачных решений для сбора и анализа данных существенно повышает гибкость и масштабируемость систем автоматизации.

В заключение можем сказать, что автоматизация является ключевым фактором повышения безопасности ядерных электростанций. Применение передовых технологий, таких как системы мониторинга, диагностики и аварийного реагирования, а также методики обучения персонала, позволяют свести к минимуму риски возникновения серьезных инцидентов. Комплексный подход, включающий технические, организационные и международно-правовые меры, является необходимым условием для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации ядерных объектов.

\*\*\*

1. Арутюнян Р. В., Васильев Н. С., Усов В. А. Управление безопасностью и рисками на ядерных объектах. - М.: Изд-во НИЦ "Курчатовский институт", 2016. - 56 с.
2. Безденежных Л.В. Автоматизация систем управления ядерных реакторов. - М.: Энергоатомиздат, 2013. - 32 с.
3. Международные стандарты безопасности МАГАТЭ. Серия норм безопасности, No. GSR Part 2. - Вена: МАГАТЭ, 2016. - 84 с.

**Афанасьев М.К., Байманов Р.А., Вольхин М.К., Кутазов М.Ю., Чертухин В.Ю.**

**Разработка системы защиты объектов магистрального нефтепровода от противоправного использования БПЛА и аналогичных систем**

*Дальневосточный федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-850

#### **Антонация**

В современном мире огромную опасность для площадки – «Нефтебаза» ООО «Транснефть – Порт Козьмино» представляет угроза атак БПЛА, в том числе дронов-камикадзе. К сожалению, это явление стало не редким, учитывая ситуацию, в которой находится наша

страна. Дроны могут использоваться в различных целях таких как: разведка, с целью получения важной информации, а также непосредственно для диверсии или атаки. Целью нашей работы является привлечение внимания к данной проблеме и рассмотрение уже существующих систем борьбы с БПЛА, как русских, так и зарубежных производителей.

Для эффективного противодействия беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) необходимо классифицировать их по нескольким параметрам, включая массу, габариты, скорость, назначение и применение. Классификация должна учитывать различные типы БПЛА и дополнительные параметры, которые могут быть учтены при определении способов противодействия.

**Ключевые слова:** БПЛА, противодействие, беспилотные летательные аппараты, перехват, комплекс борьбы, ООО «Транснефть – Порт Козьмино», SkyWall 100.

### Abstract

In the modern world, there is a huge danger for the site - the Oil Depot of Transneft Kozmino Port LLC poses a threat of attack by UAVs, including kamikaze drones. Unfortunately, this phenomenon has become not uncommon, compared to the situation in which our country finds itself. Drones can be used for various purposes, such as reconnaissance, to obtain important information, as well as directly for sabotage or influence. The goal of our work is to attract attention to this problem and preserve existing anti-UAV systems, both Russian and foreign manufacturers.

To effectively counter unmanned aerial devices (UAVs), it is necessary to classify them according to basic parameters, including weight, dimensions, speed, purpose and application. The classification must take into account the different types of UAVs and additional parameters that may be recognized in the corresponding countermeasures.

**Keywords:** UAV, countermeasures, unmanned aerial vehicles, interception, combat complex, LLC Transneft - Kozmino Port, SkyWall 100.

### Системы и методы противодействия БПЛА

В ООО «Транснефть - Порт Козьмино» используется система защиты от дронов и БПЛА Стриж-3. Устройство представляет из себя комплексную систему стационарного исполнения, которая обеспечивает обнаружение и создание пространственного барьера от проникновения нежелательного беспилотного летательного аппарата в радиусе до 1,5 км. Комплекс оснащён шестью секторами, в каждом из которых предусмотрены все необходимые радиотехнические средства. Все составные части системы объединены в один блок, который закрепляется на штативе с возможностью размещения на мачте или крыше высотного здания.

Комплектация мобильной системы защиты от беспилотных летательных аппаратов Стриж-3:

- Основной блок с переносной треногой;
- Пульт управления и сигнализации;
- Комплект кабелей для подключения;
- Монтажные материалы;
- Комплект инструкций.

Особенности мобильной системы защиты от беспилотных летательных аппаратов Стриж-3:

- обнаружение радиосигналов канала управления БЛА (радиолиния «Пульт управления – БЛА»);
- обнаружение радиосигналов передачи данных БЛА (радиолиния «БЛА – Пульт управления»);
- передачу сигнала тревоги на пульт управления и сигнализации;
- активацию блока радиоэлектронного подавления соответствующего частотного диапазона;
- выбор режима блокирования работы БЛА;

- работу в автоматическом режиме с ведением журнала событий;
- обновление баз, данных образцов нарушителей, в том числе модифицированных БЛА;
- возможность записи неизвестных сигналов для анализа (опционально);
- изменение дальности функционирования под определенный объект (на этапе развертывания системы);
- отсутствие ложных срабатываний на иные устройства, функционирующие в тех же частотных диапазонах (отношение количества пакетов цифровых сигналов или частотных каналов, на которые произошли ложные срабатывания к общему их количеству - не более 0,001);
- возможность совместного функционирования с системой оптического обнаружения «Хамелеон»;
- возможность совместного функционирования с системой обнаружения «AeroScope»;
- открытость для интегрирования в неё вновь вводимых систем.

Стоимость данного комплекса составляет около 12 млн. рублей.

#### Перехват управления БПЛА

Частоты 2.4 ГГц и 5 ГГц используются для передачи данных по протоколу IEEE 802.11, включая управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Управление БПЛА осуществляется по радиоканалу с помощью пульта с радиопередатчиком, и эти незащищенные данные можно перехватить и использовать для нелегальных действий. Для перехвата управления некоторых моделей БПЛА, работающих в диапазоне частот 24-1700 МГц, можно использовать устройство RTL SDR V3, стоимостью от 25 до 35 долларов. Модели LimeSDR и LimeSDR Mini, стоимостью от 200 до 400 долларов, также могут использоваться для перехвата управления БПЛА, но они обладают более широким функционалом. Наиболее эффективным и широко используемым устройством для перехвата управления БПЛА является HackRF One, стоимостью от 14000 до 30000 рублей. Оно обладает обширным функционалом и может быть модифицировано для повышения эффективности. Однако, оно использует устаревшие блоки ЦАП-АЦП, что не позволяет одновременно принимать и передавать радиосигналы. Устройство NRF+Arduino, собранное из отдельных доступных модулей, является оптимальным бюджетным решением для перехвата управления БПЛА.

#### Комплекс борьбы с БПЛА SkyWall 100 (с использованием сетей)

SkyWall 100 – это оперативно развертываемая система, которая дает оператору мобильной связи возможность физически захватить дрон в сети, используемую в сочетании с мерами электронного противодействия для многоуровневой защиты или в средах, где электронная атака не может быть развернута. За счет применения специальных боеприпасов и особой системы управления огнем обеспечивается поимка только БПЛА-цели без ущерба для окружающих объектов. При этом цель возвращается на землю без существенных повреждений.

Гранатометный комплекс SkyWall 100 предлагается для использования на различных объектах и территориях, где запрещены полеты беспилотников. Технические и эксплуатационные особенности комплекса должны были упростить такое его применение при достаточной безопасности для окружающих.

Непосредственно перед выстрелом граната получает данные о дальности до цели, после чего отправляется в полет по расчетной траектории. В заданной точке полета автоматика раскрывает корпус и отстреливает прочную сеть площадью 8 кв.м, которая буквально опутывает БПЛА и блокирует его винты. Сетка может оснащаться парашютом для безопасного спуска пойманного беспилотника.

#### Противодействие БПЛА с использованием специальных клейких и вязких аэрозолей

Данный способ основан на распылении аэрозольного облака:

- клейкие аэрозоли – при взаимодействии с несущими аэродинамическими поверхностями и элементами управления БПЛА прилипают к ним, изменяя их



геометрическую конфигурацию и свойства обтекания воздухом, что делает БПЛА аэродинамически неустойчивым, и в конечном итоге – проводят к падению аппарата;

- вязкие аэрозоли – изменяют свойства (плотность и вязкость) воздуха в котором движется аппарат, и так же делают БПЛА аэродинамически неустойчивым, и в конечном итоге – проводят к его «сваливанию» либо «опрокидыванию». Данному способу противодействия свойственны почти все те же недостатки, что и способу с аэрозольным облаком горючего вещества.

#### Заключение

В данной работе мы выявили необходимость привлечения внимания к данной проблеме, так как разнообразие дронов и их дальнейшее усовершенствование представляет угрозу не только для объектов ООО «Транснефть – Порт Козьмино», но и для других сфер производства, коммуникации и т.д. Мы рассмотрели примеры возможных устройств противодействия БПЛА, но хочется отметить, что мы предлагаем использование их в совокупности, что позволит улучшить системы каждой из них по отдельности.

\*\*\*

1. Аниськов Р. В., Архипова Е. В., Гордеев А. А., Пугачев А. Н. К вопросу борьбы с незаконным использованием беспилотных летательных аппаратов коммерческого типа // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 9-10 (111-112) с. 71-75. (Дата обращения – 23.12.2023).
2. Еремин Г. В., Гаврилов А. Д., Назарчук И. И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО // Отвага [Электронный ресурс]. 29.01.2015. № 6 (14). – URL: <http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpkvzglyad/malorazmernye-besplotniki/> (Дата обращения 24.12.2023).
3. Демьянович М. А. Использование беспилотных летательных аппаратов в преступных целях: методы противодействия и борьбы // Правопорядок: история, теория, практика. 2019. № 2 (21). С. 108-112 (Дата обращения 23.12.2023).
4. Самойлов П. В., Иванов К. А. Угрозы применения малоразмерных БПЛА и определение наиболее эффективного способа борьбы с ними // Молодой ученый. 2017. № 45. С. 59-65. – URL: <https://moluch.ru/archive/179/46398/> (дата обращения: 24.12.2023).
5. Аминов С. ПВО в борьбе с БПЛА // UAV.RU. Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. 03.04.2012. – URL: [http://www.uav.ru/articles/pvo\\_vs\\_uav.pdf](http://www.uav.ru/articles/pvo_vs_uav.pdf) (дата обращения 23.12.2023).
6. Пархоменко В. А., Устинов Е. М., Пушкин В. А., Беляков В. А., Шишков С. В. Устройство борьбы с дистанционно пилотируемыми (беспилотными) летательными аппаратами // Патент на полезную модель № 72754 (Дата обращения 24.12.2023).
7. Изделия и комплексы противодействия беспилотным летательным аппаратам [Доклад]. – СПб.: АО «НИИ «Вектор», 2018. – 51 с (Дата обращения 23.12.2023).

**Бабинчук Д.И.**

#### **Цифровизация бизнес-процессов логистической компании: ключевые стратегии и технологии повышения эффективности (на примере ооо «е-лайн»)**

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет  
(Россия, Санкт-Петербург)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-851*

#### **Аннотация**

Цифровизация процессов является одним из важных факторов в развитии бизнеса, особенно это касается компаний предоставляющих услуг. С помощью автоматизированного рабочего места сотрудникам легче обрабатывать заявки, что позволяет компаниям достичь максимальной прибыли. В статье рассматриваются стратегии цифровизации бизнес-процессов логистической компании.

**Ключевые слова:** цифровизация бизнес-процессов, логистика, CRM-системы.

### Abstract

Digitalization of processes is one of the important factors in business development, especially for service companies. A workstation makes it easier for employees to process requests, allowing companies to achieve maximum profits. The article discusses strategies for digitalizing business processes of a logistics company.

**Keywords:** Digitalization of business processes, logistics, CRM systems.

В настоящее время главным фактором успеха любой компании является цифровизация ее бизнес-процессов. Современный рынок создает ситуацию, при которой необходимо постоянно повышать эффективность производства, максимально быстро реагировать на любые изменения, улучшать качество обслуживания клиентов, снижать потери, строить эффективные прогнозы на будущее. С увеличением количества клиентов ведение записи и контроль всех сделок без системной цифровизации становится сложным процессом, приводит к множеству человеческих ошибок, потере информации. Также работа с данными без должной цифровизации приводит к увеличению рабочего времени сотрудника, что ведет к потере клиентов и потенциальной прибыли. Для решения таких проблем компании внедряют разные ИТ-решения.

Основным видом деятельности логистической компании ООО «Е-ЛАЙН» является деятельность, связанная с перевозками. Основным сквозным бизнес-процессом компании является процесс «обработка заказа», который начинается с поступления заявки от клиента и заканчивается составлением отчетности о выполненной доставке (рис.1). Сквозной бизнес-процесс «обработка заказа» состоит из нескольких подпроцессов. Рассмотрим их подробнее.

В рамках подпроцесса «управление заказами» собирается вся информация о клиенте и заказе. Клиент может обратиться в компанию по электронной почте или по телефону. После разговора с клиентом менеджер определяет статус клиента (клиент новый или уже существующий в таблице с данными о клиентах) и направляет клиента к конкретному сотруднику. Уведомление сотрудника о клиенте осуществляется устно или через программу обмена сообщениями «WhatsApp» или звонком на рабочий номер сотрудника.

Второй подпроцесс – «предоставление документов и счетов на оплату». На данном этапе создается пакет документов, предоставляемый клиенту, а также счет на оплату услуг, который выставляется в ручную. Менеджер отдела логистики создает документы, предоставляет их бухгалтеру, который самостоятельно создает счет на оплату, после чего возвращает их менеджеру. Далее клиент получает документы, оплачивает счет.

Третий подпроцесс – доставка груза. На этом этапе участвует два сотрудника компании: водитель и механик. Механик составляет оптимальные маршруты по заявкам, а также смотрит за состоянием автопарка и управляет затратами на топливо, парковки, платные дороги и ремонт грузового автотранспорта. Водитель сообщает о своих затратах по сделке и доставляет груз.

Четвертый подпроцесс – отчетность. Составление отчетности по сделке, является одним из самых важных действий в логистическом процессе. По отчетности компания может получить полную информацию по расходам, доходам и другими показателями. Каждый отдел составляет отчет по заказу и предоставляет бухгалтеру, который делает сводную таблицу и в конце каждого месяца предоставляет её директору компании.

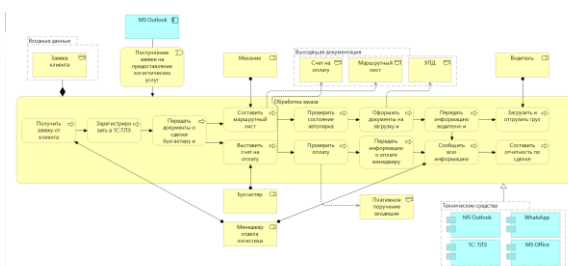


Рисунок 1. Модель сквозного бизнес-процессная «обработка заказа» AS IS.

После анализа бизнес-процессов был выявлен ряд проблем:

- множество функций сотрудников выполнялось вручную
- хранение информации, данных о клиентах осуществляется в разных файлах
- время работы с заявками значительно увеличено из-за отсутствия цифровизации операций
- передача документов между отделами и создание отчетности по сделкам затруднено, требует значительного количества времени, документы могут содержать ошибки.

Таким образом, у компании были высокие издержки, что сказывалось негативно на прибыльности компании. Выяснив основную проблематику, было предложено в качестве решения данной проблемы внедрить CRM-систему. Этим внедрением компания сохранит информацию о клиентах и истории взаимодействия с ними, улучшит бизнес-процессы и повысит достоверность информации, что будет в свою очередь способствовать повышению качества принимаемых управленческих решений.

Для выбора ИТ-решения были проанализированы лучшие CRM системы, по версии top10-crm, на основе функциональных возможностей и стоимости за годовой тариф [1]. Ниже представлена таблица 1, где виден сравнительный анализ CRM-систем по функционалу и стоимости системы за год использования.

Таблица 1.

## Сравнительный анализ CRM-систем.

Функционал	атоCRM	Битрикс24	Мегаплан	1С:CRM	БИТ:CRM
Web-клиент	+	+	+	-	-
Интеграция с телефонией	+	+	+	+	+
Конструктор отчетов	-	+	+	+	+
Автоматизированный конструктор документов	-	+	+	+	+
Конструктор веб-форм	+	+	+	-	-
Функционал воронок продаж	+	+	+	+	+
Настройка процессов бизнес-пользователями, без программирования	-	+	-	+	-
Установка на свой сервер	-	+	+	+	+
Графовая база данных	-	-	-	-	-
API	+	+	+	+	+
Регистрация из электронной почты	+	+	+	-	-
Делегирование полномочий	-	+	-	-	-
Расылка уведомлений по электронной почте	+	+	+	+	+
Соответствие требованиям импортозамещения РФ	+	+	+	+	+
Стоимость за годовой тариф, руб.	269 820	134 280	197 820	302 500	228 000
Количество имеющихся функций в CRM-системе	8	13	11	9	8

Наилучшей CRM-системой была выбрана система Битрикс24. Выбранная CRM-система имеет широкий спектр функционала, который упрощает бизнес-процессы компании.

После внедрения CRM-системы для решения проблем бизнес-процессов логистической компании множество функций будет автоматизировано, вся информация будет храниться в общей базе, где каждый сотрудник может видеть выполненные и невыполненные действия тем или иным сотрудником.

Процесс «обработка заказа» после внедрения CRM-системы представлен на рисунке 2.

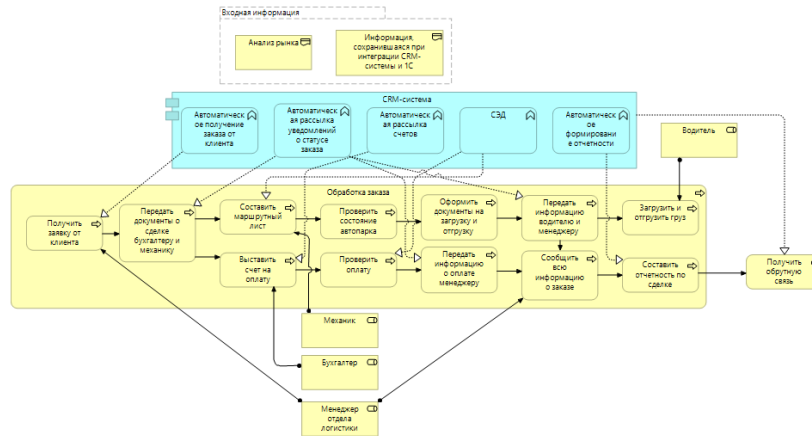


Рисунок 2. Модель сквозного бизнес-процессная «обработка заказа» ТО ВЕ.

Для внедрения выбранного ИТ-решения в компании был инициирован ИТ-проект по внедрению CRM-системы Битрикс24. На рисунке 3 представлена диаграмма Ганта ИТ-проекта.

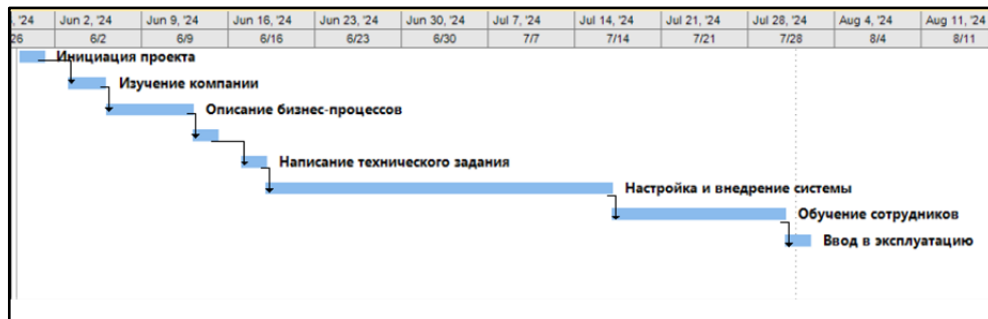


Рисунок 3. Диаграмма Ганта ИТ-проекта по внедрению CRM-системы.

Рассмотрим бюджет проекта. CRM-система будет рассчитана на 15 рабочих мест. Для этого был выбран тариф «Профессиональный» на 100 пользователей и с расширенным функционалом. Затраты на установку CRM-системы Битрикс24 – 134280 рублей (стоимость лицензии на 1 год).

Написание технического задания проекта. На этом этапе в техническом задании описываются требования к настройкам системы, индивидуальные для выбранной логистической компании. Затраты составят – 100 000 рублей.

Этапе настройки и внедрения системы займет 14 дней. Будет проведена интеграция с другими системами, тестирование внесенных изменений. Стоимость настройки обойдется в 45000 рублей.

Обучение персонала будет осуществлять ИТ-консультант. Обучение будет проведено он-лайн. Затраты на обучение составят 50 000 рублей.

Этап Ввод в эксплуатацию завершит ИТ-проект. Участники - консультанты по внедрению, пользователи CRM-системы. Консультанты проведут дополнительное обучение в случае необходимости, и будет контролировать соблюдением пользователями регламентов работы с CRM-системой. Этап пролиться 14 дней, стоимость составит – 50 000 руб.

Итого затраты на внедрение CRM-системы составят:

$$134\ 280 + 50\ 000 + 100\ 000 + 45\ 000 + 50\ 000 = 379\ 280 \text{ рублей.}$$

Результат от внедрения CRM-системы Битрикс24 в логистической компании ООО «Е-лайн» будет иметь следующие материальные и нематериальные эффекты:

1. Увеличение выручки: благодаря управлению продажами, взаимодействию с клиентами и анализу всех данных, выручка увеличится на 75-100%.
2. Качество обслуживания: претензии заказчиков и брак в процессе сопровождения сделки сократятся до минимума.

3. Коммуникация между отделами: повышение эффективности работы в 1,5 раза.
4. Автопарк и водители: работа должна увеличиться в два раза и обслуживание грузовых автотранспортах средств необходимо будет увеличить.
5. Репутация компании: повышение доверия клиентов, показывая современный подход к бизнесу.

\*\*\*

1. Топ 10 CRM-систем для бизнеса | Рейтинг 2023 // URL: <https://top10-crm.ru/> (дата обращения: 14.05.2024).

**Баклушина И.В., Невский С.А.**

**Фазовые переходы «жидкость – жидкость» в однокомпонентных жидкостях и расплавах металлов**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-852

**Аннотация**

В статье приведен обзор свидетельств обнаружения прерывистых фазовых изменений в однокомпонентных жидкостях, в том числе в расплавленных металлах. Описан термодинамический фазовый переход первого рода при переходе высокотемпературной однородной неупорядоченной жидкой фазы в метастабильное гетерогенное конфигурационно-упорядоченное состояние метастабильной некристаллической фазы расплавленного серебра.

**Ключевые слова:** жидкость, переход «жидкость-жидкость», фазовый переход, жидкая фаза

**Abstract**

The article provides a review of evidence for the detection of discontinuous phase changes in single-component liquids, including molten metals. A first-order thermodynamic phase transition is described during the transition of a high-temperature homogeneous disordered liquid phase into a metastable heterogeneous configurationally ordered state of a metastable non-crystalline phase of molten silver

**Keywords:** liquid, liquid-liquid transition, phase transition, liquid phase

Жидкость – одно из фундаментальных состояний вещества. Жидкость имеет гораздо большую плотность, чем газ, но может течь, в отличие от твердого состояния. Среди трех фундаментальных состояний вещества (газ, жидкость и твердое тело) состояние жидкости изучено наиболее плохо из-за сложности его физического описания. Для многих веществ могут существовать два и более жидких состояний, что известно как жидкий полиморфизм, а переход между ними называется переходом «жидкость – жидкость». Переход «жидкость – жидкость» (LLT) – это превращение одной жидкости в другую посредством перехода первого рода. LLT имеет основополагающее значение для понимания жидкого состояния.

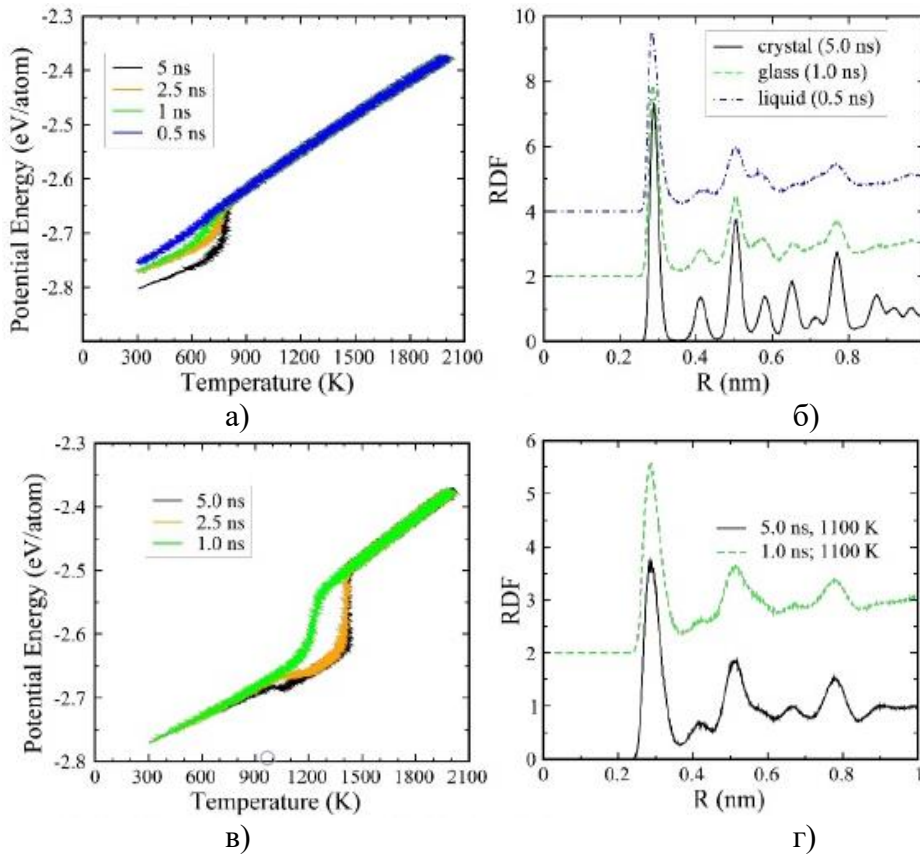
Любое твердое вещество способно поглощать тепло, переходя из твердого состояния в жидкое и далее в газообразное. Для получения вещества в расплавленном состоянии необходимо знать конкретную температуру плавления элемента/соединения. Линия ликвидуса определяется как линия на фазовой диаграмме, которая очерчивает жидкую область материала или вещества. Выше линии ликвидуса вещество считается полностью жидким. С технической точки зрения линия ликвидуса представляет собой график температур, выше которых вещество проявляет поведение стабильной жидкости.

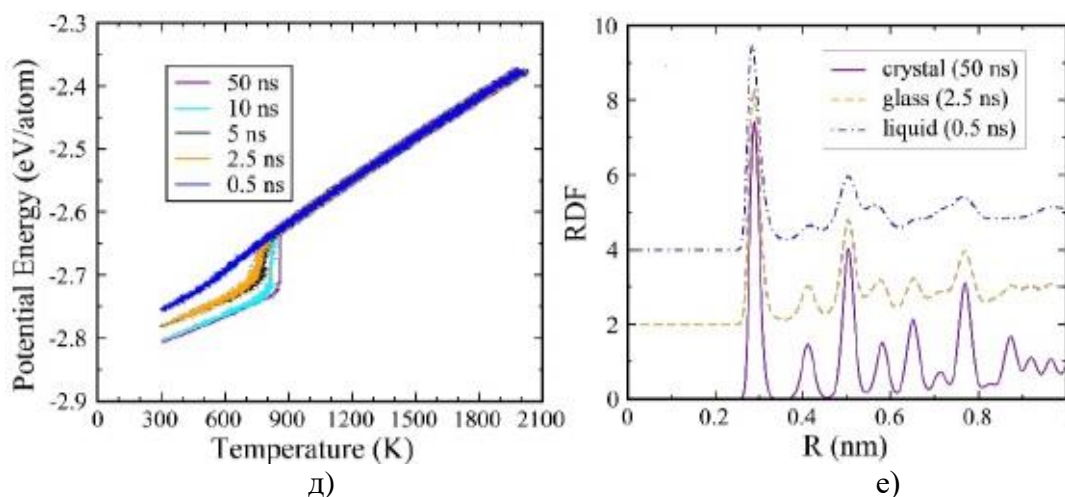
Понимание природы структуры и свойств жидкости остается открытой проблемой для многих фундаментальных и прикладных областей. Хорошо известно, что другой определенной фазовой линии выше ликвидуса (TL) на фазовых диаграммах обычных сплавов не существует. Однако с помощью внутреннего трения, удельного электрического сопротивления,

термического анализа, дифракции рентгеновских лучей, затвердевания и т. д. результаты некоторых исследований большого количества одно- и многокомпонентных расплавов показывают такую физическую картину, как температурно-индуцированный структурный переход «жидкость – жидкость». Структурный переход (ТI – LLST) может произойти выше TL.

Все больше данных свидетельствует о том, что прерывистые фазовые изменения, вызванные давлением, могут происходить в некоторых однокомпонентных жидкостях, например, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, C, Si, Cs, Ga, Bi, I<sub>2</sub> и Se [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8], в жидком фосфоре [9]. О существовании фазовых переходов «жидкость – жидкость» сообщалось в исследованиях молекулярных жидкостей и жидких полупроводников [10, 11, 12], а также благородных газов (например, аргон) [13].

Расплавленный металл представляет собой атомарную жидкость, в которой отсутствуют и направленные связи и эффекты химического упорядочения. Экспериментально жидкие металлы могут быть переохлаждены примерно на 20 % от их температуры плавления, но при более глубоком переохлаждении кристаллизуются за субнаносекундные интервалы времени. Существуют доказательства того, что, например, переохлажденная металлическая жидкость серебра претерпевает переход первого рода из высокотемпературной однородной неупорядоченной жидкой фазы в метастабильное гетерогенное конфигурационно-упорядоченное состояние метастабильной некристаллической фазы [14]. Переход жидкость в стеклообразное вещество для элементарного Ag демонстрирует отличительные признаки термодинамического фазового перехода первого рода, включая скрытую теплоту, скачок энтропии, обратимость, гистерезис охлаждения/нагрева, а также свидетельства того, что фаза стекла образуется в результате зарождения из жидкой (L) фазы. Как показано на рисунке 1, при самой высокой скорости охлаждения ( $3,4 \times 10^{12}$  К/с; синяя кривая) наблюдается перегиб кривой охлаждения  $\phi(T)$  в районе 600 – 700 К. Никаких признаков кристаллизации не наблюдается, что подтверждается жидкоподобной парной корреляционной функцией, показанной на рисунке 1 (б), после охлаждения. При промежуточных скоростях охлаждения происходит образование стекла, как при  $1,7 \times 10^{12}$  К/с (зеленая кривая), так и при еще меньшей скорости охлаждения  $6,8 \times 10^{11}$  К/с (оранжевая кривая).





- а) – процесс охлаждения системы из 32 000 атомов при скоростях охлаждения  $3,4 \times 10^{12}$ ,  $1,7 \times 10^{12}$ ,  $0,68 \times 10^{12}$  и  $0,34 \times 10^{12}$  K/c; б) – функция радиального распределения (RDF) закаленной структуры при 300 K, скорости охлаждения  $3,4 \times 10^{12}$ ,  $1,7 \times 10^{12}$  и  $0,34 \times 10^{12}$  K/c,
- в) – нагрев стеклообразного Ag (32 000 атомов), скорости нагрева  $1,7 \times 10^{12}$ ,  $0,68 \times 10^{12}$  и  $0,34 \times 10^{12}$  K/c, г) – RDF нагретых структур при 1100 K. д) – охлаждение системы из 256 000 атомов, скорости охлаждения  $3,4 \times 10^{12}$ ,  $0,68 \times 10^{12}$ ,  $0,34 \times 10^{12}$ ,  $1,7 \times 10^{11}$  и  $0,34 \times 10^{11}$  K/c,
- е) – RDF закаленных структур при 300 K, скорости охлаждения:  $3,4 \times 10^{12}$ ,  $0,68 \times 10^{12}$  и  $0,34 \times 10^{11}$  K/c

Рисунок 1. Процессы охлаждения и нагрева Ag

Для двух промежуточных скоростей охлаждения в системе наблюдается конфигурационное замораживание с резким перегибом при  $\approx 700$  K и конечной потенциальной энергии, промежуточной между кристаллизованной системой и наиболее быстро закаленной системой. Парная корреляционная функция последней системы показывает, что она стеклообразная (рисунок 1, б)).

На рисунке 1 (в) показаны кривые повторного нагрева, полученные для стекла, закаленного при  $1,7 \times 10^{12}$  K/c (зеленая кривая на рисунке 1 (а)). Затем стекло «переплавляется» непосредственно обратно в жидкость без видимой промежуточной кристаллизации. При двух более низких скоростях нагрева стекло кристаллизуется при нагревании с резким падением  $\phi(T)$  при  $\approx 1000$  K (черная кривая при  $3,4 \times 10^{11}$  K/c) и  $\approx 1150$  K (оранжевая кривая при  $6,8 \times 10^{11}$  K/c).

Продолжение нагрева приводит к повторному плавлению кристаллизованных образцов при температуре около 1400 – 1450 K. Таким образом, при этих скоростях нагрева наблюдается некоторый перегрев кристаллического Ag. Даже при сверхбыстрых скоростях нагрева (см. рисунок 1 (в)) прямое «переплавление» стекла является чрезвычайно резким. Видимый наклон кривой  $\phi(T)$  во время «переплавления» эквивалентен скачку удельной теплоемкости около  $\Delta c_p \approx 120$  Дж/моль-K  $\approx 15$  Р для кристалла и  $\Delta c_p \approx 85$  Дж/моль-K  $\approx 10$  Р для стекла соответственно.

\*\*\*

1. Poole, P.H. Polymorphic phase transitions in liquids and glasses / P.H. Poole et al. – Text : direct // Science. – 1997. – Vol 275. – №. 5298. – P. 322–323.
2. McMillan, P. Jumping between liquid states / P. McMillan. – Text : direct // Nature. – 2000. – Vol. 403. – №. 6766. – P. 151–152.
3. Saika-Voivod, I. Computer simulations of liquid silica: Equation of state and liquid–liquid phase transition / I. Saika-Voivod, F. Sciortino, P.H. Poole. – Text : direct // Physical Review E. – 2000. – Vol. 63. – №. 1. – P. 011202
4. Lacks, D.J. First-order amorphous-amorphous transformation in silica / D.J. Lacks. – Text : direct // Physical review letters. – 2000. – Vol. 84. – №. 20. – P. 4629.

5. Mishima, O. Decompression-induced melting of ice IV and the liquid-liquid transition in water / O. Mishima, H.E. Stanley. – Text : direct // Nature. – 1998. – Vol. 392. – №. 6672. – P. 164–168.
6. Koga, K. First-order transition in confined water between high-density liquid and low-density amorphous phases / K. Koga, H. Tanaka, C.X. Zeng. – Text : direct // Nature. – 2000. – Vol. 408. – №. 6812. – P. 564–567.
7. Soper, A.K. Structures of high-density and low-density water / A.K. Soper, M.A. Ricci. – Text : direct // Physical review letters. – 2000. – Vol. 84. – №. 13. – P. 2881.
8. Glosli, J.N. Liquid-liquid phase transformation in carbon / J.N. Glosli, F.H. Ree. – Text : direct // Physical Review Letters. – 1999. – Vol. 82. – №. 23. – P. 4659.
9. Katayama, Y. A first-order liquid-liquid phase transition in phosphorus / Y. Katayama et al. – Text : direct // Nature. – 2000. – Vol. 403. – №. . – P.170-173. – URL : <https://doi.org/10.1038/35003143> (date of the application 19.01.2024).
10. Cohen, I. A low-temperature amorphous phase in a fragile glass-forming substance / I. Cohen [et al.]. – Text : direct // The Journal of Physical Chemistry. – 1996. – Vol. 100. – №. 20. – P. 8518–8526.
11. McMillan, P.F. et al. A density-driven phase transition between semiconducting and metallic polyamorphs of silicon / P.F. McMillan. – Text : direct // Nature materials. – 2005. – Vol. 4. – №. 9. – P. 680–684.
12. Katayama, Y. X-ray structural studies on elemental liquids under high pressures / Y. Katayama, K. Tsuji. – Text : direct // Journal of Physics: Condensed Matter. – 2003. – Vol. 15. – №. 36. – P. 6085.
13. Joseph, Gal. The Influence of liquid-liquid phase transition in molten argon on the controversial melting results of Mo, Ta and W / Gal Joseph. – Text : electronic // Physica B: Condensed Matter. – Vol. – 2021. – ISSN 0921-4526. – URL : <https://doi.org/10.1016/j.physb.2021.413082> (date of the application 19.01.2024).
14. Qi, An. First-order phase transition in liquid Ag to the heterogeneous G-phase / An Qi [et al.]. – Text : direct // The journal of physical chemistry letters. – 2020. – Vol. 11. – №. 3. – P. 632–645.

**Ботов М.Е.**

### Проектирование и разработка манипулятора с пятью степенями свободы

*Донской государственный технический университет  
(Россия, Ростов-на-Дону)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-853*

#### **Аннотация**

Робот-манипулятор - это искусственная рука для выполнения поставленных задач. В настоящее время все чаще возникает необходимость разработки искусственных рук для различных нечеловеческих ситуаций, когда общение с человеком невозможно. Манипулятор может свободно двигаться, имея 5 степеней свободы с серводвигателем, расположенным на каждом суставе. Функция серводвигателя - управление положением с помощью микроконтроллера. В данной статье разрабатывается и проектируется робот-манипулятор с 5 степенями свободы, позволяющий хватать объекты малых размеров с большой точностью.

**Ключевые слова:** робот, манипулятор, степень свободы, сервопривод, высокая точность захвата объектов, 3D-модель.

#### **Abstract**

A robot manipulator is an artificial arm for performing tasks. Nowadays, there is an increasing need to develop artificial hands for various non-human situations where communication with a human is impossible. The manipulator can move freely, having 5 degrees of freedom with a servo motor located at each joint. The function of servo motor is to control the position using microcontroller. In this paper, a robot manipulator with 5 degrees of freedom is designed and developed to grasp small size objects with great accuracy.

**Keywords:** robot, manipulator, degrees of freedom, servo drive, high precision, 3D model.

В настоящее время роботы все больше и больше внедряются в рабочие задачи, чтобы заменить людей, в частности, для выполнения утомительной работы. Роботы используются во многих областях, включая офисы, военные предприятия, медицинские клиники, опасные условия и сельское хозяйство. Робот играет значительную роль в современную эпоху, так как он способен работать в различных условиях, которые не под силу человеку. Кроме того, роботизированная рука обеспечивает преимущество на промышленном уровне за счет



увеличения скорости и точности. Робототехника и искусственный интеллект изменили нашу повседневную жизнь. В настоящее время промышленные роботы используются во многих отраслях промышленности, где производятся транспортные средства, инструменты, электронные устройства, кухни и многое другое [1]. В промышленности внедрение роботизированных сборочных линий сделало операции, обработку и производство более быстрыми и точными, чем раньше. Внедрение робототехники в промышленность позволило снизить риск несчастных случаев и человеческих ошибок. Таким образом, у человека появляется больше времени, которое он может потратить на такие квалифицированные профессии, как программирование и планирование развития. Существуют различные области, где робот уже заменил человека и снизил опасность для здоровья и риск несчастных случаев. В частности, в автомобильной и металлургической промышленности роль роботов значительно возросла. В аэрокосмической промышленности роботы очень эффективны, так как могут работать в космосе, под давлением, под водой и т. д. [2].

В этой статье я описываю этапы разработки манипулятора, который имеет 5 степеней свободы и работает на серводвигателях [3]. Данный манипулятор позволяет с высокой точностью брать предметы и взаимодействовать с ними. Простое представление данного робота показано на рисунке 1.

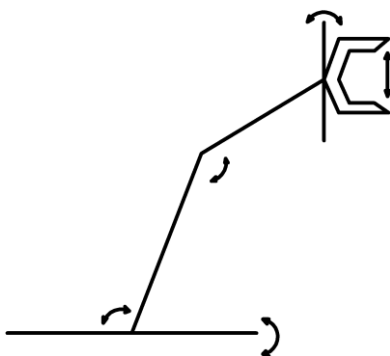


Рисунок 1. Простое представление робота-манипулятора.

Роботизированная рука обладает вращающимся на 360 градусов основанием и кистью, возможностями сгибаться в 2 местах, а также оборудована схватом, позволяющим брать объекты маленького размера и перемещать их в заданную точку. Основание манипулятора крепится на сервоприводе, который закреплен неподвижно, таким образом, осуществляется движение всего манипулятора вокруг своей оси на 360 градусов, благодаря чему манипулятор становится всенаправленным.

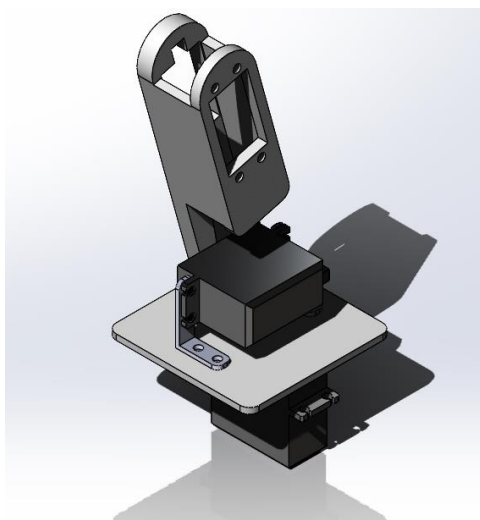


Рисунок 2. Основание манипулятора в сборке с первым плечом манипулятора.

У основания есть крепления для следующего сервопривода, выполненные таким образом, что на них крепится первое плечо манипулятора и они позволяют ему двигаться без помех и конфликтов между деталями, при этом плечо может повернуться примерно на 190 градусов (рис. 2). В первом плече разработаны система отверстий, в которые вставляется и закрепляется на винты очередной сервопривод со вторым плечом и схватом.

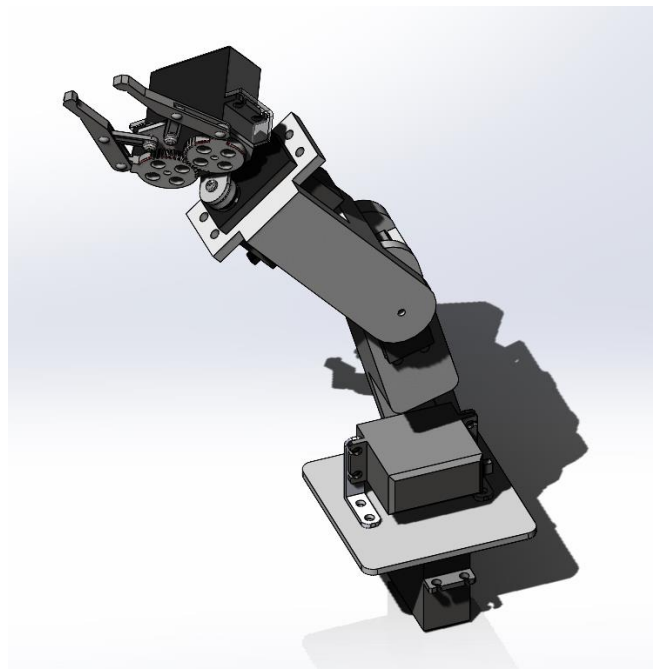


Рисунок 3. Сборка робота-манипулятора.

Также в частях плеч и кисти робота, куда крепятся сервоприводы имеются углубления для насадок, которые уменьшают необходимый момент сервопривода для вращения и позволяют стабилизировать вращаемое плечо (рис. 3).

Второе плечо спроектировано так, что через него реализовано вращение кисти манипулятора на 360 градусов. Крепление плеча к сервоприводу спроектировано также, как и у первого плеча. Часть, куда крепится кисть сделана плоской с отверстием для вала сервопривода, туда крепится основание кисти и при подаче напряжения на сервопривод оно начинает вращаться на заданный угол в пределах 360 градусов.

Схват манипулятора был спроектирован таким образом, чтобы хватать мелкие и крупные объекты точно и четко, а также чтобы при подаче напряжения на сервопривод сжимались обе части манипулятора. Существует много альтернатив данному способу сжатия, параллельно с выбранной рассматривался способ, при котором одна часть была неподвижной, а вторая закреплена на зубчатой рейке, и на валу сервопривода располагается зубчатое колесо. При этом сервопривод жестко закреплен, а рейка может двигаться только по одной линии. Таким образом, при подаче напряжения на сервопривод зубчатая рейка начинает двигаться и тем самым сжимает и разжимает схват. Этот метод является более простым, но при это требует гораздо больше места и является менее точным. Метод, используемый в данном манипуляторе заключается в совместном движении обеих частей кисти. Сервопривод с зубчатым колесом выполнен таким же образом, что и в предыдущем методе, но рейка заменена колесом, идентичным первому, благодаря этому кисть манипулятора сжимается и разжимается симметрично. Также к зубчатым колесам прикреплены части схвата, непосредственно с помощью которых и происходит захват. Этот метод является более подходящим для данного манипулятора ведь он занимает гораздо меньше места и позволяет быстрее и точнее схватывать объекты.

Таким образом, эта статья способствует создать робота-манипулятора для выполнения различных задач, с которыми проблематично справится человеку. Разработанный манипулятор работает исправно и позволяет легко управлять объектами с высокой точностью.

\*\*\*

1. Применение роботов-манипуляторов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/3AFSLq>
2. Мобильные роботы в аэрокосмической промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/3AFTvR>
3. Робот-манипулятор с 5 степенями свободы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/3AFUaV>

**Бронвальд Л.А., Клеев Д.И.**

### **Применение нормализации и денормализации в проектировании баз данных**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.  
В.И. Ульянова (Ленина)  
(Россия, Санкт-Петербург)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-854*

#### **Аннотация**

В данной статье рассматриваются концепции нормализации и денормализации данных и их применение в процессе проектирования баз данных. Рассматриваются различные нормальные формы, и обсуждаются правила и принципы, которые необходимо соблюдать для их достижения. Кроме того, исследуется концепция денормализации, которая включает объединение данных из нескольких таблиц для повышения производительности системы и упрощения запросов, особенно в системах, требующих высокой скорости отклика и анализа больших объемов данных.

**Ключевые слова:** нормализация, денормализация, базы данных, производительность, целостность данных, избыточность, нормальные формы, оптимизация.

#### **Abstract**

This article examines the concepts of data normalization and denormalization and their application in the process of database design. Various normal forms are considered, and the rules and principles necessary to achieve them are discussed. Additionally, the concept of denormalization is explored, which involves combining data from multiple tables to improve system performance and simplify queries, especially in systems that require high response speed and analysis of large volumes of data.

**Keywords:** normalization, denormalization, databases, performance, data integrity, redundancy, normal forms, optimization.

#### **Введение**

В современном мире базы данных играют ключевую роль в хранении и обработке информации. Однако, для эффективного функционирования баз данных необходимо правильно спроектировать их структуру. Одним из важнейших аспектов проектирования баз данных является нормализация и денормализация данных.

Нормализация данных представляет собой процесс организации информации в базе данных с целью устранения избыточности и дублирования данных. Она способствует повышению целостности данных, обеспечивает эффективность и удобство обработки информации. В работе будут рассмотрены различные методы нормализации, такие как первая нормальная форма (1НФ), вторая нормальная форма (2НФ) и другие, а также их применение для приведения таблиц к нужным формам.

С другой стороны, денормализация используется для оптимизации производительности баз данных за счет уменьшения количества связей между таблицами и введения избыточных

данных. В работе будет рассмотрено применение денормализации, ее преимущества и недостатки, а также сравнение с нормализацией.

Тема работы также затронет проектирование баз данных с учетом нормализации и денормализации, их роль в информационных системах, а также инструменты, которые помогают проводить процессы нормализации и денормализации данных. Все эти аспекты имеют важное значение для разработки эффективных и оптимизированных баз данных, способствуя улучшению производительности и функциональности информационных систем.

#### Определение нормализации в базах данных

Нормализация данных в базах данных является важным процессом, который способствует эффективной организации информации и обеспечивает целостность базы данных. Основная цель нормализации заключается в устранении избыточности и дублирования данных, что позволяет сделать структуру базы данных более оптимизированной и удобной для работы [1].

При нормализации данных происходит разделение информации на отдельные таблицы и установление связей между ними. Это позволяет избежать повторения одних и тех же данных в разных частях базы данных, что способствует экономии места и улучшает производительность системы. Кроме того, нормализация обеспечивает более простой и эффективный доступ к данным, а также уменьшает вероятность возникновения ошибок при их обновлении и модификации [2].

Процесс нормализации данных включает в себя несколько этапов, каждый из которых направлен на достижение определенной цели. На первом этапе данные делятся на наименьшие логические единицы, что позволяет избежать множественного хранения одних и тех же данных. Затем происходит установление связей между таблицами на основе ключей, что обеспечивает целостность данных и исключает возможность их искажения [3].

Одним из ключевых преимуществ нормализации данных является возможность легкого изменения структуры базы данных без необходимости внесения глобальных изменений. Это делает систему более гибкой и масштабируемой, что особенно важно в условиях постоянно меняющихся требований к информационным системам [1].

Таким образом, нормализация данных в базах данных играет важную роль в обеспечении эффективного и надежного хранения информации. Правильно спроектированная и нормализованная база данных позволяет повысить производительность системы, облегчить обработку данных и сделать работу с ней более удобной и эффективной.

#### Методы нормализации таблиц

Нормализация таблиц в базе данных - это важный процесс, который помогает организовать данные эффективным образом, уменьшить избыточность информации и обеспечить их целостность. Основная цель нормализации - разделить данные на отдельные таблицы и установить связи между ними таким образом, чтобы избежать аномалий при внесении, изменении или удалении информации [1].

Преимущества нормализации данных включают в себя уменьшение дублирования информации, что способствует сохранению целостности данных и уменьшению риска возникновения проблем согласованности. Кроме того, нормализация упрощает процесс изменения данных, так как информация хранится в одном месте и не требует изменений в нескольких местах одновременно. Это также способствует улучшению производительности базы данных за счет оптимизации выполнения запросов к данным [1].

Основные методы нормализации таблиц в базе данных включают в себя несколько нормальных форм. Первая нормальная форма (1NF) требует, чтобы все атрибуты в таблице содержали только атомарные значения, и не было повторений групп данных. Вторая нормальная форма (2NF) предполагает, что данные разделены на связанные частично зависимые наборы. Третья нормальная форма (3NF) исключает транзитивные зависимости между атрибутами таблицы. Четвертая (4NF) и пятая (5NF) нормальные формы исключают многозначные зависимости и зависимости между наборами данных, которые могут быть выражены через предикаты соответственно [4].

### Роль первой нормальной формы (1НФ)

Первая нормальная форма (1НФ) является базовой нормализацией отношения в реляционной модели данных. Она играет важную роль в организации данных в базе данных, обеспечивая их структурированность и целостность. Суть первой нормальной формы заключается в том, что данные, хранящиеся в таблице, должны быть атомарными, то есть представлять собой скалярные (неделимые) значения, а не составные элементы. Это означает, что каждая ячейка таблицы должна содержать только одно значение, не допуская множественных значений, массивов или структур данных.

Применение первой нормальной формы позволяет избежать избыточности и дублирования данных, обеспечивая их эффективное хранение и обработку. Например, если у нас есть таблица с информацией о заказах, то данные о клиенте, продукте, цене и адресе доставки должны быть разделены на отдельные столбцы, чтобы каждая ячейка содержала только одно значение. Такой подход упрощает работу с данными и исключает возможность их искажения или потери.

Соблюдение первой нормальной формы является основным шагом при проектировании баз данных и позволяет создавать эффективные структуры для хранения информации. Этот принцип помогает избежать проблем, связанных с аномалиями данных, такими как вставка, обновление и удаление несогласованных или некорректных данных.

Таким образом, применение первой нормальной формы (1НФ) является важным этапом при проектировании баз данных, обеспечивая их надежность, эффективность и легкость в обработке данных [5][6][7].

### Роль второй нормальной формы (2НФ)

Вторая нормальная форма (2НФ) играет важную роль в проектировании баз данных, обеспечивая оптимальную структуру данных для реляционных баз данных. Суть 2НФ заключается в том, что каждая ячейка таблицы содержит только одно значение, все данные в одной колонке имеют одинаковый тип, а каждая запись отличается от других записей. Это позволяет избежать избыточности и дублирования данных, обеспечивая их целостность и эффективность обработки.

Ключевыми принципами второй нормальной формы являются:

1. Атомарность данных. Каждая ячейка таблицы должна содержать только одно значение, чтобы избежать множественных значений в одной ячейке.
2. Уникальность записей. Каждая запись должна быть уникальной и отличаться от других записей в таблице.

Применение второй нормальной формы позволяет улучшить структуру базы данных, сделать её более компактной, эффективной и легкой для обработки. Этот этап нормализации является важным шагом в проектировании баз данных, поскольку позволяет избежать аномалий при вставке, обновлении и удалении данных.

Одним из ключевых преимуществ применения 2НФ является возможность улучшения производительности базы данных за счет оптимизации структуры данных и уменьшения избыточности. Это особенно важно при работе с большими объемами информации и сложными запросами к базе данных.

Таким образом, вторая нормальная форма (2НФ) является важным этапом в процессе нормализации баз данных, обеспечивая их эффективность, целостность и оптимальную структуру для хранения и обработки данных. [8][9][1]

### Денормализация в базах данных

Денормализация в базах данных представляет собой процесс приведения структуры базы данных в состояние, не удовлетворяющее требованиям нормализации. Главная цель денормализации заключается в повышении скорости работы базы данных [10]. Этот процесс позволяет улучшить производительность системы за счет уменьшения количества связей между таблицами и введения избыточных данных. Однако, при денормализации необходимо учитывать баланс между повышением скорости работы и риском появления противоречивых данных [11].

Денормализация может быть особенно полезна в случаях, когда требуется быстрый доступ к данным и выполнение сложных запросов. Путем объединения таблиц и добавления избыточных данных можно значительно сократить время выполнения запросов к базе данных. Это особенно актуально для систем с большим объемом данных, где оптимизация производительности играет важную роль [12].

Однако, необходимо помнить, что денормализация влечет за собой определенные риски. Появление избыточных данных может привести к их дублированию и несоответствию, что в свою очередь может привести к ошибкам при обновлении информации. Поэтому важно тщательно продумать процесс денормализации и обеспечить целостность данных [10].

Таким образом, денормализация в базах данных является мощным инструментом для оптимизации производительности системы за счет уменьшения нормализации и введения избыточных данных. Однако, при использовании этого метода необходимо внимательно оценивать все риски и балансировать между повышением скорости работы и обеспечением целостности данных [11].

#### Проектирование баз данных с учетом нормализации

Проектирование баз данных с использованием нормализации является ключевым этапом при создании эффективных и оптимизированных баз данных. Нормализация данных начинается с определения функциональных зависимостей, которые являются очевидными с точки зрения семантики данных. Этот процесс позволяет структурировать данные таким образом, чтобы избежать избыточности и дублирования информации, что в свою очередь способствует повышению целостности и эффективности базы данных [15].

В классическом подходе к проектированию реляционных баз данных с использованием нормализации, как описано в литературе [16], основное внимание уделяется минимизации избыточных данных. Применение нормализации позволяет разделить данные на отдельные таблицы и связать их между собой с использованием ключей. Это способствует улучшению структуры базы данных и обеспечивает более эффективное хранение и обработку информации.

Нормализация данных является одним из важнейших понятий в реляционных базах данных. Она позволяет уменьшить избыточность данных и обеспечить их логическую структуру, что в конечном итоге способствует оптимизации работы базы данных [17]. Путем разделения данных на более мелкие и связанные таблицы, нормализация помогает избежать аномалий при вставке, обновлении и удалении информации.

Таким образом, проектирование баз данных с учетом нормализации играет важную роль в обеспечении эффективности, целостности и структурированности данных. Правильно спроектированная нормализованная база данных облегчает работу с информацией и повышает производительность системы в целом.

#### Заключение

В данной работе были рассмотрены основные аспекты применения нормализации и денормализации в проектировании баз данных. Нормализация данных была определена как процесс, направленный на организацию информации в базе данных с целью устранения избыточности и дублирования данных, обеспечения их целостности, эффективности и удобства обработки. Преимущества нормализации, такие как повышение производительности, уменьшение объема хранимых данных и обеспечение стабильности базы данных, были выделены как ключевые факторы, способствующие оптимизации работы информационных систем.

Методы нормализации таблиц, включая первую нормальную форму (1НФ) и вторую нормальную форму (2НФ), были рассмотрены в контексте их применения для приведения баз данных к оптимальному состоянию. Денормализация, в свою очередь, была рассмотрена как инструмент оптимизации производительности баз данных, позволяющий уменьшить количество связей между таблицами и ввести избыточные данные для ускорения доступа к информации.

В заключении можно отметить, что нормализация и денормализация играют важную роль в проектировании баз данных, обеспечивая их оптимальную структуру и

производительность. Понимание основных принципов нормализации и денормализации позволяет разработчикам создавать эффективные и надежные информационные системы, способствуя улучшению работы организаций и повышению качества обслуживания пользователей.

\*\*\*

1. Нормализация данных: что это и зачем их нормировать [Электронный ресурс] // practicum.yandex.ru. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-normalizatsiya-dannyh/>
2. Описание основных приемов нормализации базы данных [Электронный ресурс] // learn.microsoft.com. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/office/troubleshoot/access/database-normalization-description>
3. Что такое нормализация баз данных? [Электронный ресурс] // www.1cbit.ru. URL: <https://www.1cbit.ru/blog/chto-takoe-normalizatsiya-baz-dannykh/>
4. Нормализация отношений. Шесть нормальных форм [Электронный ресурс] // habr.com. URL: <https://habr.com/ru/articles/254773/>
5. Первая нормальная форма | Основы реляционных баз данных [Электронный ресурс] // ru.hexlet.io. URL: [https://ru.hexlet.io/courses/rdb-basics/lessons/1nf/theory\\_unit](https://ru.hexlet.io/courses/rdb-basics/lessons/1nf/theory_unit)
6. Первая нормальная форма [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/первая\\_нормальная\\_форма](https://ru.wikipedia.org/wiki/первая_нормальная_форма)
7. Реляционные базы данных | Нормализация [Электронный ресурс] // metanit.com. URL: <https://metanit.com/sql/tutorial/2.1.php>
8. Вторая нормальная форма | Основы реляционных баз данных [Электронный ресурс] // ru.hexlet.io. URL: [https://ru.hexlet.io/courses/rdb-basics/lessons/2nf/theory\\_unit](https://ru.hexlet.io/courses/rdb-basics/lessons/2nf/theory_unit)
9. Вторая нормальная форма [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/вторая\\_нормальная\\_форма](https://ru.wikipedia.org/wiki/вторая_нормальная_форма)
10. Денормализация БД. Зачем? Когда? Как? [Электронный ресурс] // habr.com. URL: <https://habr.com/ru/articles/64524/>
11. Денормализация [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/денормализация>
12. Денормализация базы данных – что это такое и зачем [Электронный ресурс] // info-comp.ru. URL: <https://info-comp.ru/denormalizing-database>
13. О нормализации и денормализации данных - Otus [Электронный ресурс] // otus.ru. URL: <https://otus.ru/nest/post/1325/>
14. Зачем нужна денормализация баз данных, и когда ее использовать [Электронный ресурс] // habr.com. URL: <https://habr.com/ru/companies/laterra/articles/281262/>
15. Проектирование реляционных баз данных с учетом нормализации [Электронный ресурс] // studfile.net. URL: <https://studfile.net/preview/5389850/page:16/>
16. Проектирование реляционных баз данных с учетом нормализации [Электронный ресурс] // citforum.ru. URL: [http://citforum.ru/database/osbd/glava\\_23.shtml](http://citforum.ru/database/osbd/glava_23.shtml)
17. Статья: "Проектирование баз данных. Нормализация." [Электронный ресурс] // club.shelek.ru. URL: <https://club.shelek.ru/viewart.php?id=311>
18. Что такое нормализация данных? [Электронный ресурс] // appmaster.io. URL: <https://appmaster.io/ru/blog/chto-takoe-normalizatsiya-dannykh>
19. Что такое нормализация данных и зачем она нужна [Электронный ресурс] // bigdataschool.ru. URL: <https://bigdataschool.ru/blog/нормализация-feature-transformation-data-preparation.html>

**Сорокин К.С., Гаврилин В.В.**

**Анализ методов удаления кислорода и прочих газов из воды**

*ФГБОУ ВО «КГЭУ»  
(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-855*

#### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены различные методы удаления кислорода из систем, где главным рабочим телом является вода. Приведена классификация основных методов и проведен их анализ. Выявлены основные преимущества каждого из них.

**Ключевые слова:** дегазация, водоподготовка, деаэратор, установка умягчения, удаление кислорода.

### Abstract

This article discusses various methods of removing oxygen from systems where the main working medium is water. The classification of the main methods is given and their analysis is carried out. The main advantages of each of them are revealed.

**Keywords:** degassing, water treatment, deaerator, softening plant, oxygen removal.

Актуальность борьбы с кислородом в воде обусловлена следующими ключевыми факторами:

1. Коррозия оборудования:
  - Растворенный кислород в воде ускоряет коррозию металлических поверхностей и деталей трубопроводов, насосов, теплообменников и другого оборудования.
  - Это приводит к преждевременному износу и выходу из строя оборудования, вызывая дополнительные расходы на ремонт и замену.
2. Снижение эффективности систем:
  - Образование продуктов коррозии из-за кислорода в воде ведет к засорению, снижению пропускной способности и ухудшению теплообмена в системах.
  - Это в свою очередь снижает общую энергетическую эффективность и производительность технологических процессов.
3. Воздействие на качество продукции:
  - Растворенный кислород может вызывать нежелательные химические реакции, ухудшая качество конечной продукции.
  - Это особенно актуально для систем, где вода используется в технологических процессах производства пищевых продуктов, фармацевтических препаратов, электроники и других чувствительных товаров.
4. Экологические риски:
  - Избыток кислорода в сбросных водах может приводить к нарушению экологического баланса в водоемах.
  - Это создает опасность для водной флоры и фауны, нарушая естественные процессы в экосистемах.

Дегазация, то есть удаление растворенных газов, особенно кислорода, из воды применяется в широком спектре сфер:

1. Энергетика:
  - Водоподготовка для котлов, турбин и теплообменных систем на ТЭС, АЭС, теплоэлектростанциях.
  - Предотвращение коррозии оборудования и повышение эффективности работы энергетических систем.
3. Промышленность:
  - Производство пищевых продуктов, напитков, фармацевтических препаратов.
  - Подготовка воды для электронной промышленности, производства полупроводников.
  - Обработка воды в химической, нефтехимической, металлургической промышленности.
4. Водоснабжение и водоподготовка:
  - Обработка воды для систем питьевого, хозяйственно-бытового и технического водоснабжения.
  - Очистка воды и дозировка специальных веществ для аквариумов, аквакультур и бассейнов.
5. Системы отопления и кондиционирования:
  - Удаление растворенных газов из воды в системах отопления, горячего водоснабжения, теплоснабжения.



- Предотвращение коррозии, накипеобразования и других проблем.
- 6. Нефтегазовая отрасль:
  - Обработка пластовых вод, попутного газа, сточных вод на нефтегазовых месторождениях.
  - Подготовка воды для заводнения нефтяных пластов.
- 7. Экология:
  - Обработка сточных и сбросных вод перед их сбросом в водоемы.
  - Улучшение качества воды и снижение экологического ущерба.

Таким образом, борьба с кислородом в воде является важной задачей для обеспечения надежной работы оборудования, высокого качества продукции и минимизации экологического ущерба. Эффективное удаление растворенного кислорода является ключевым аспектом водоподготовки во многих промышленных и коммунальных системах.

Существует несколько основных методов дегазации воды, применяемых в зависимости от задач и условий.

Одним из наиболее распространенных является термическая дегазация, при которой вода нагревается до высоких температур (70-100°C), переводя растворенные газы в парообразное состояние, после чего газы отделяются и удаляются. Этот метод эффективен для удаления кислорода, углекислого газа и других растворенных газов.

Другим распространенным методом является вакуумная дегазация, при которой в специальных устройствах (вакуум-деаэрааторах) создается пониженное давление, побуждающее растворенные газы к выделению. Данный подход позволяет удалять кислород, водород, азот и другие газы.

Также применяется дегазация с помощью инертных газов, таких как азот или аргон. Барботирование (продувка) воды инертным газом вызывает вытеснение и удаление растворенных газов потоком инертного газа.

Кроме того, используются каталитические методы, где катализаторы ускоряют химические реакции с участием растворенных газов, приводя к их окислению и удалению. Например, для удаления сероводорода.

Мембранная дегазация основана на пропускании воды через полупроницаемые мембраны, селективно пропускающие газы, что позволяет удалять различные растворенные газы без нагрева или изменения давления.

Также применяются физико-химические методы с добавлением реагентов, связывающих или нейтрализующих растворенные газы, например, сульфита натрия для связывания кислорода.

Рассмотрим основные плюсы каждого из методов дегазации воды:

1. Термическая дегазация:
  - Высокая эффективность удаления широкого спектра растворенных газов, включая кислород и углекислый газ.
  - Простота конструкции и эксплуатации оборудования.
  - Возможность совмещения с процессами нагрева воды для других целей.
2. Вакуумная дегазация:
  - Эффективно удаляет кислород, водород, азот и другие растворенные газы.
  - Отсутствие необходимости нагрева воды, что снижает энергозатраты.
  - Возможность регулирования степени дегазации путем изменения вакуума.
3. Дегазация с помощью инертного газа:
  - Универсальность, позволяет удалять различные растворенные газы.
  - Возможность работы при нормальных температуре и давлении.
  - Простота оборудования и его обслуживания.
5. Каталитическая дегазация:
  - Высокая эффективность удаления специфических газов, таких как сероводород.

- Возможность регулирования процесса путем подбора катализатора.
- Отсутствие необходимости в высоких температурах или давлениях.
- 6. Мембранная дегазация:
  - Избирательность в удалении газов за счет свойств мембран.
  - Возможность работы при нормальных условиях без нагрева или изменения давления.
  - Компактность оборудования и простота обслуживания.
- 7. Физико-химические методы:
  - Возможность точного связывания и удаления целевых газов.
  - Простота реализации, не требующая сложного оборудования.
  - Гибкость в адаптации к составу обрабатываемой воды.

Выбор конкретного метода дегазации воды определяется составом воды, требуемой степенью очистки, производительностью, энергетическими затратами и другими факторами.

\*\*\*

1. Гурбич, Е. В. методы и средства дегазации объектов и сточных вод, загрязненных отходами промышленности / Е. В. Гурбич, Н. А. Сушила // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины : Сборник статей. 80-я международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов, Волгоград, 27–29 апреля 2022 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2023. – С. 129-130. – EDN IPMTZM.
2. Сколубович, Ю. Л. Подготовка питьевой воды из подземных источников / Ю. Л. Сколубович ; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2008. – 188 с. – ISBN 978-5-7795-0384-6. – EDN QNNSNB.
3. Кузнецов, П. С. Проблемы в системах водоснабжения и водоотведения и подходы к их решению / П. С. Кузнецов // Аллея науки. - 2022. - Т. 1, № 7(70). - С. 119-121. EDN: OWZOUY
4. Коновалов, А. В. Безопасность функционирования водогрейной котельной установки / А. В. Коновалов, М. А. Коновалов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2019. - № 1. - С. 50-53. EDN: NZWQCH

**Васильев Д.В., Рябов Г.А.**

### **Использование беспроводных систем передачи данных в системах позиционирования**

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-856

#### **Аннотация**

В статье рассмотрены основные типы систем позиционирования и вопросы использования в них беспроводных систем передачи данных.

**Ключевые слова:** геопозиционирование, спутниковая навигация, GPS, ГЛОНАСС, Bluetooth, Wi-Fi, магнитное позиционирование.

#### **Abstract**

The article discusses the main types of positioning systems and the use of wireless data transmission systems in them.

**Keywords:** geopositioning, satellite navigation, GPS, GLONASS, Bluetooth, Wi-Fi, magnetic positioning.

Системой позиционирования принято считать систему, которая обеспечивает выявление координат объекта в пространстве [1].

К основным типам системам позиционирования относятся:

1. Система спутниковой навигации — это система, использующая искусственные спутники на околоземных орбитах для обеспечения автономного позиционирования. Спутниковая навигационная система с глобальным покрытием называется глобальной навигационной спутниковой системой (ГНСС). Сегодня функционируют четыре глобальные системы:

глобальная система геопозиционирования США (GPS), российская глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), китайская навигационная спутниковая система BeiDou, и Galileo Европейского союза [2].

Спутниковая навигация позволяет спутниковым навигационным устройствам определять свое местоположение (долготу, широту и высоту) с достаточно высокой точностью (в пределах от нескольких сантиметров до метров) с помощью временных сигналов, передаваемых по радиоканалу со спутников вдоль линии прямой видимости.

Системы спутниковой навигации работают на основе принципа трехмерного определения положения и времени. Приемник системы получает сигналы от нескольких спутников одновременно, после чего измеряет расстояние от приемника до каждого спутника, а затем использует пересечение сфер (полученных из измеренных расстояний) для определения точного положения приемника (Рис.1).

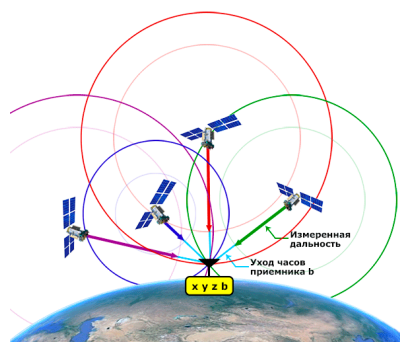


Рисунок 1. Система спутниковой навигации.

Хотя системы спутниковой навигации, имеют множество преимуществ, они также имеют некоторые недостатки. Системы спутниковой навигации требуют приема сигнала от спутников для определения положения. Однако сигналы могут быть затруднены или полностью заблокированы различными физическими препятствиями, такими как высокие здания, густая растительность, горы или плохие погодные условия.

2. Bluetooth-позиционирование представляет собой альтернативный подход к определению положения. Данная технология работает на основе передачи данных по технологии Bluetooth Low Energy (BLE), обеспечивающей небольшое энергопотребление и стоимость. Bluetooth-позиционирование основано на принципе измерения силы сигнала между передатчиками (маяками) и приемниками (устройствами, поддерживающими Bluetooth). На основе измеренной силы сигнала Bluetooth можно оценить расстояние между устройством и каждым маяком [3]. После оценки расстояний до нескольких маяков применяются методы трилатерации или триангуляции для определения положения устройства. Трилатерация использует три или более известных расстояния до маяков для нахождения точного положения с помощью пересечения окружностей или сфер, в то время как триангуляция использует измерения углов между маяками и устройством для определения положения (Рис. 2).

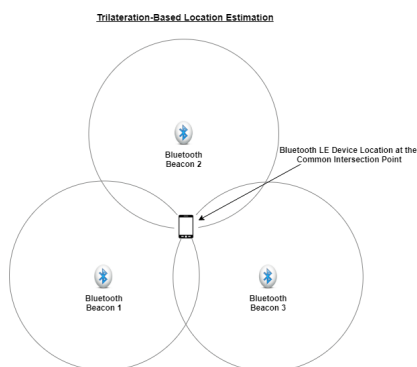


Рисунок 2. Bluetooth-позиционирование.

### 3. Система позиционирования Wi-Fi

WPS (Wi-Fi positioning system) - это система геолокации, которая использует характеристики близлежащих точек доступа Wi-Fi и других беспроводных точек доступа для определения местоположения устройства. Она используется там, где спутниковая навигация, такая как GPS, не подходит по различным причинам, включая многолучевость (когда радиосигналы отражаются от окружающей местности) и блокировку сигнала в помещении, или там, где получение спутниковой привязки занимает слишком много времени. Позиционирование по Wi-Fi использует преимущества быстрого роста количества беспроводных точек доступа в городских районах [4].

Большим преимуществом по сравнению с GPS является то, что расположение Wi-Fi позволяет определять этаж здания. При этом пользователю не обязательно подключаться к точкам доступа, достаточно включить Wi-Fi.

Точность такого позиционирования зависит от количества близлежащих точек доступа, чьи позиции были внесены в базу данных. База данных точек доступа Wi-Fi заполняется путем сопоставления данных GPS о местоположении мобильного устройства с MAC-адресами точек доступа Wi-Fi.

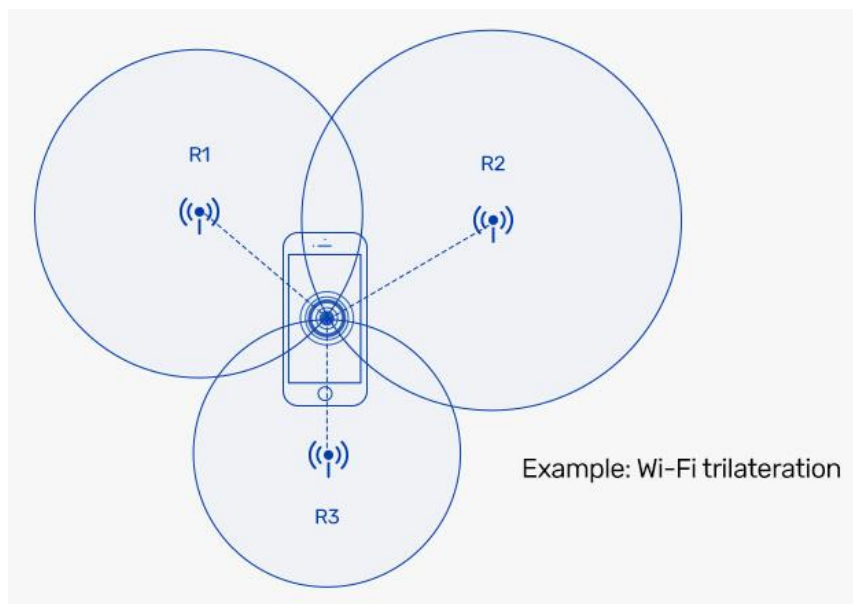


Рисунок 3. Система позиционирования Wi-Fi.

### 4. Магнитное позиционирование

Магнитное позиционирование — это решение, которое использует аномалии магнитного поля, характерные для помещений, используя их в качестве отличительных признаков для распознавания места (Рис. 4).

В большинстве случаев для беспроводного определения местоположения объектов или людей могут использоваться данные магнитных датчиков смартфона [5].

К недостаткам данного способа можно отнести высокую сложность реализации, а также невысокую точность. Из-за того, что в зданиях очень много постоянно меняющихся магнитных полей (электропроводка здания, электронные средства людей), поэтому позиционирование, использующее этот принцип, сильно усложняется.

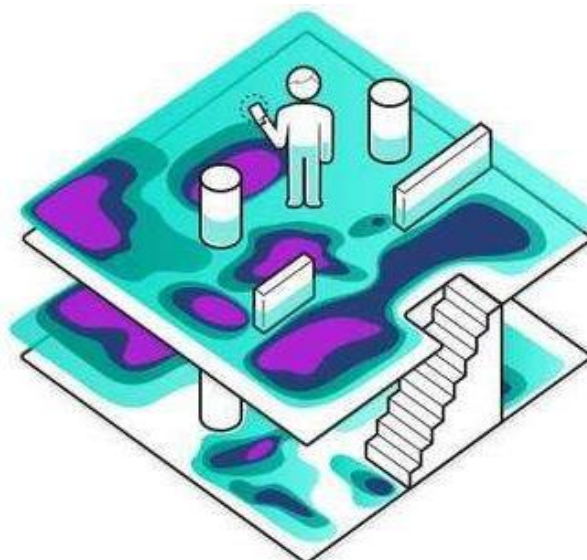


Рисунок 4. Магнитное позиционирование.

В таблице 1 приведено сравнение рассмотренных систем.

Таблица 1

Сравнение систем позиционирования для разных БСПД.

<i>Система</i>	<i>Принцип работы</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
<i>Спутниковая навигация</i>	<i>Прием сигналов от спутников</i>	<i>Большое покрытие</i>	<i>Недостаточная точность, Высокая цена</i>
<i>Bluetooth-позиционирование (BLE)</i>	<i>Измерение силы сигнала Bluetooth</i>	<i>Высокая точность, Низкая цена, Простота установки</i>	<i>Требует установки радиомаяков</i>
<i>Система позиционирования Wi-Fi</i>	<i>Измерение силы сигнала Wi-Fi</i>	<i>Готовая, быстроразвивающаяся инфраструктура</i>	<i>Высокая цена</i>
<i>Магнитное позиционирование</i>	<i>Измерение магнитных полей для определения направления и положения</i>	<i>Низкая цена</i>	<i>Невысокая точность, Сложность реализации</i>

Выбор системы зависит от конкретного сценария применения и требований пользователя.

Если требуется глобальное позиционирование на открытой местности, система спутниковой навигации (например, GPS) обычно является наиболее подходящим выбором из-за своего глобального покрытия. Такие системы применяются также в современных цифровых картографических системах и системах виртуальной и дополненной реальности, например при создании цифровых двойников местности [6]

Если нужно определить положение внутри здания с сетью маяков, Bluetooth-позиционирование может быть предпочтительным выбором. Оно обеспечивает относительно низкую стоимость, достаточную точность и хорошую расширяемость путем добавления маяков.

Система позиционирования Wi-Fi может быть хорошим выбором в офисных или общественных зданиях, где имеется сеть Wi-Fi с хорошим покрытием. Она обычно обеспечивает умеренную точность и низкую стоимость.

Магнитное позиционирование может быть полезным, когда нужно определить направление или ориентацию устройства, но оно обычно обеспечивает низкую точность для определения точного местоположения.

Каждая из этих систем имеет свои преимущества и ограничения, и выбор зависит от конкретных требований и контекста применения.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать вывод, что выбор той или иной системы позиционирования зависит от многих факторов, среди которых и конкретные требования пользователя, и контекст применения, например, географический регион, доступность инфраструктуры, стоимость и другие. В некоторых случаях наиболее эффективным решением для достижения максимальной точности и надежности позиционирования может быть комбинирование разных систем.

\*\*\*

1. Positioning system. [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Positioning\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Positioning_system)
2. Satellite navigation. [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_navigation#Augmentation](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation#Augmentation)
3. Все о Bluetooth позиционировании. [Электронный ресурс]. URL: <https://nvg.ru/blog/vnutrennaya-navigatsiya-i-pozicionirovanie-bluetooth/>
4. Wi-Fi positioning system. [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi\\_positioning\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_positioning_system)
5. Magnetic positioning. [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_positioning](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_positioning)
6. Яровой Р.В., Рябов Г.А., Карганов В.В., Процесс создания цифровой карты и сферы применения// Тенденции развития науки и образования №109-14, 2024. С. 216-220.

**Вафин Д.Х., Абсалямов А.Р., Мисюра Д.А.**

### **Классификация отказов автомобильной техники в процессе эксплуатации**

*Военная академия материально-технического обеспечения  
им. генерала А.В. Хрулёва  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-857

#### **Аннотация**

В статье рассмотрены виды и наиболее распространённые группы отказов, возникающих при эксплуатации автомобильной техники. Проанализированы основные причины появления отказов автомобиля по времени.

**Ключевые слова:** факторы, отказы, работоспособность, автомобильная техника, эксплуатация, надёжность.

#### **Abstract**

The article discusses the types and most common groups of failures that arise during the operation of automotive equipment. The main reasons for the occurrence of vehicle failures over time are analyzed.

**Keywords:** factors, failures, performance, automotive equipment, operation, reliability.

Автомобильный транспорт эксплуатируется в самых различных условиях и представляет собой сложную систему, совокупность действующих элементов – сборочных единиц и деталей, обеспечивающих выполнение ее функций.

Автомобиль, агрегат, механизм, деталь могут объединяться общим понятием – объект или изделие. Современный автомобиль состоит из 15-20 тыс. деталей, из которых 7-9 тыс. теряют свои первоначальные свойства при работе, причем 3-4 тыс. деталей имеют срок службы меньше, чем автомобиль в целом и являются объектами особого внимания. Из них 200-400 деталей являются критическими по надежности.

В процессе эксплуатации на автомобильную технику воздействуют различные по своей природе факторы (объективные и субъективные) и техническое состояние машин изменяется [1, с.21].

Изменение технического состояния автомобилей, агрегатов и механизмов происходит под влиянием постоянно действующих причин, обусловленных работой самих механизмов, внешних условий, случайных причин (например – перегрузка автомобиля). [2, с. 15].

Автомобиль внезапно или постепенно утрачивает работоспособность, и дальнейшая его эксплуатация с эффективностью, не ниже заданной становится невозможной [3, с. 25].

Однако при рассмотрении проблемы сохранения и своевременного восстановления работоспособности автомобилей весьма важное значение приобретает не только знание характера отказов, но и закономерность их возникновения.

Анализ информации, полученной за время эксплуатации в различных предприятиях и организациях, позволил сделать определенные выводы о характере наступления отказов по различным причинам в системах автомобиля (Рис. 1).

Рассмотрим наиболее распространенные группы отказов, объединив их по классификационному признаку и сформулировав их краткое определение.

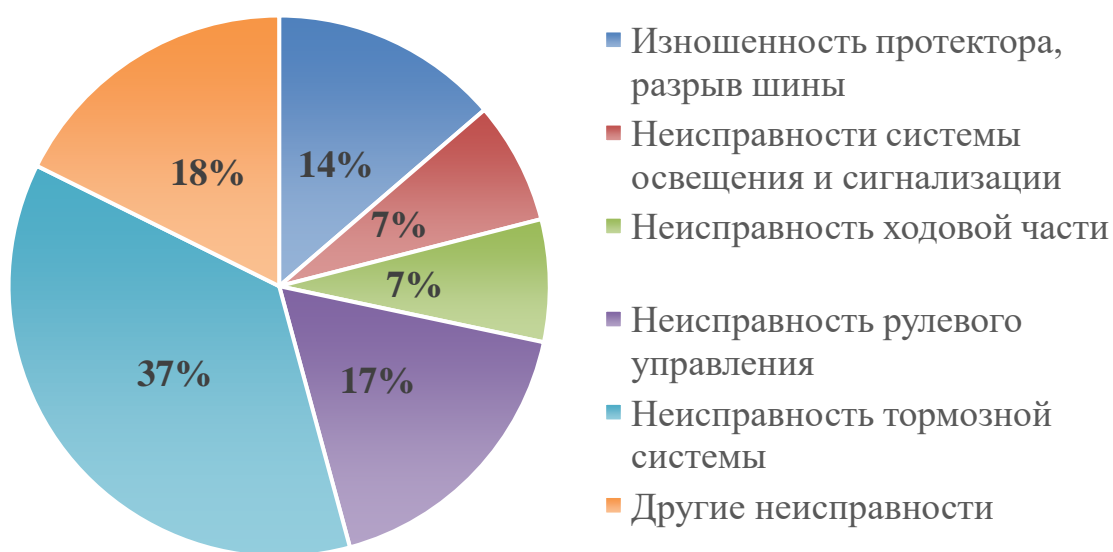


Рисунок 1. Процентное соотношение возникновения отказов в системах автомобиля.

Отказы, приведенные выше, прежде всего в автомобилях, возникают независимо от того, какие причины их вызвали, наступают либо внезапно, вследствие резкого скачкообразного изменения параметров (состояния), либо постепенно. Поэтому в зависимости от характера изменения параметра или технического состояния автомобиля различают отказы внезапные и постепенные.

При рассмотрении общих закономерностей изменения технического состояния автомобилей во времени эти две классификационные группы отказов представляют принципиальный интерес, рассмотрим их более подробно.

Результатом необратимых процессов в системах двигателя, агрегатах, узлах, в сборочных единицах являются внезапные отказы, вызывающие неожиданное (иногда аварийное) изменение параметров работы двигателя или его систем, которые приводят к нарушению нормальной, а иногда критической работы отдельного агрегата, узла или автомобиля в целом.

Характер внезапных отказов предусмотреть нельзя, они возникают случайно, неожиданно и предсказать, когда они произойдут, невозможно, так как полнота контроля параметров, имеющих в работе систем автомобиля, ничтожно мала.

Как правило, внезапные отказы очевидны и им практически всегда сопутствуют ярко выраженные признаки нарушения нормальной работы автомобиля: резкие изменения показаний контрольных приборов, появление постороннего шума, стука в работе агрегатов, появление дыма, запаха, треска.

Характерным для внезапных отказов является их независимость от продолжительности жизненного цикла автомобиля.

К внезапным отказам относятся такие неисправности, как поломки двигателя и его систем, агрегатов, узлов, перегорание, обрыв, короткие замыкания в системе электрооборудования, нарушение герметичности в системах двигателя и т. д.

Основными причинами появления внезапных отказов являются резкие изменения условий эксплуатации автомобиля, нарушение рабочих режимов (перегрев, резкое падение давления в системе смазки, тормозной системе, работы гидравлических систем и др.), дефекты производства и проектирования и боевые повреждения.

Повышенное число отказов иногда объясняется и недостаточной подготовленностью, и квалификацией обслуживающего персонала [4, с. 269].

Постепенные, или износые, отказы зарождаются в виде незначительных ухудшений в работе автомобиля в результате старения материалов, износа трущихся частей, деформации под влиянием механической и электрической нагрузок, изменения свойств материалов под влиянием тепла, холода, влаги, света и других объективных факторов.

Как правило, постепенные отказы приводят к медленному ухудшению качества изделия: уменьшению мощности или чувствительности, снижению сопротивления изоляции, увеличению свободного хода, шаткостей и усилий в рабочих механизмах, загрязнению оптики и т. п., которые, в конечном счете, переходят за допустимые пределы и перерастают в отказ.

Необратимые физико-химические изменения в структуре элементов конструкции являются основной причиной постепенных отказов, которые неизбежно приводят к постепенным изменениям одного или нескольких параметров изделия. Эти структурные изменения, как правило, связаны с действием внутренних и внешних факторов, обуславливающих старение и износ.

Эти процессы сегодня также учитываются (при разработке технического задания, технического предложения, технического проекта, рабочей конструкторской документации) и корректируется в опытные серии и на начальных этапах серийного производства различных типов техники [5].

Процесс старения и износа обычно протекает с различными скоростями, зависящими как от внешних условий, в которых осуществляется эксплуатация, так и от причин внутреннего характера, от индивидуальных особенностей составных частей автомобиля.

Поэтому период износа различных агрегатов, узлов и элементов колеблется в весьма широких пределах от нескольких минут до нескольких лет.

Постепенные отказы не имеют ярко выраженных признаков, поэтому в автомобиле они часто обнаруживаются с некоторым опозданием лишь в процессе технического осмотра или проведения диагностики. Вместе с тем постепенные отказы в отличие от внезапных тесно связаны с закономерными изменениями в составных частях автомобиля (агрегата, узла, детали или сборочной единицы), поэтому, если известны степень воздействия и характер вызванного изменения, представляется возможным предсказать время появления этих отказов и предпринять специальные меры по их предотвращению. В этом и заключается существенное различие между внезапными отказами, представляющими собой чистую случайность, и постепенными отказами, являющимися следствием непрерывных закономерных изменений характеристик в работе агрегатов и систем автомобиля.

С точки зрения выработки эффективных мер по сохранению и восстановлению работоспособности автомобиля это различие и является определяющим.

В качестве характеристики, позволяющей производить количественную оценку безотказности автомобиля в каждый данный момент времени, используется параметр потока отказов. Под параметром потока отказов понимается среднее количество отказов ремонтируемого образца в единицу времени, взятое для рассматриваемого момента времени [6, с. 29].

Наблюдения за техническими характеристиками различных автомобилей в процессе эксплуатации показывают, что изменение во времени интенсивности отказов (параметра потока



отказов) при их длительном использовании во времени происходит по вполне определенному закону.

Приведенные выше выводы частично реализуются в действующей системе технического обслуживания и ремонта, которая предусматривает, что поддержание автомобильной техники в работоспособном состоянии в процессе непосредственной эксплуатации (в период нормальной работы) до наступления массового износа (старения) элементов конструкции, обеспечивается за счет проведения плановых технических обслуживаний и текущих ремонтов, в том числе и в Вооружённых Силах РФ [7].

Таким образом, период эксплуатации автомобиля насыщен совокупностью профилактических мероприятий по поддержанию его в работоспособном состоянии. Своевременное планирование вышеуказанных мероприятий и их проведение обеспечивает сохранение надежности автомобиля, заложенной при его разработке и изготовлении, предотвращение отказов, неисправностей и выработку нормативного ресурса в течение всех этапов эксплуатации.

Сегодня, как никогда стоит важная задача, которая заключается в том, чтобы вновь разрабатываемые конструкции основных видов и типов автомобильной техники по основным тактико-техническим характеристикам в полной мере соответствовали бы аналогичным характеристикам монтируемых на них вооружений, в том числе и таким как надёжность и живучесть, влияющих на функционирование различных систем в целях выполнения широкого комплекса задач [8, 9].

Рациональное и грамотное проведение профилактических мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту создаст предпосылки для экономии материальных средств на эксплуатацию автомобиля и продление его ресурса на 15–20% сверх назначенного. Знание закономерностей изменения технического состояния автомобиля и их причин в течение всего жизненного цикла поможет должностным лицам автомобильных служб грамотно организовывать эксплуатацию и поддержание автомобильной техники в готовности к использованию по назначению.

\*\*\*

1. Михайлов В.В., Мисюра Д.А., Анализ факторов, влияющих на надежность техники в гарантийный период эксплуатации. Вестник науки и образования № 5 (148), 2024 г. Ч.2 С. 19-27
2. Шухгальтер, Л. Я. Конструктор и ремонтпригодность машин / Л. Я. Шухгальтер. – М.: ВИ. – 1971. – 273 с.
3. Кузьмин, Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / Н. А. Кузьмин; Н. А. Кузьмин. – Москва: Издательство "Форум", 2011. – 207 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-91134-534-1. – EDN QNXMRN.
4. Способ восстановления плотности распределения наработки между отказами восстанавливаемых систем / А. А. Мендуров, В. И. Мищенко, А. Г. Воскобойник, В. В. Михайлов // Известия Смоленского государственного университета. – 2015. – № 2-1(30). – С. 269-274. – EDN VOEBOF
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615130 Российская Федерация. Методика оценки системы обеспечения качества образцов ракетно-артиллерийского вооружения в условиях дискретного производства: № 2016610406: заявл. 21.01.2016: опубл. 17.05.2016 / С. Г. Николаев, А. А. Вырвич, Д. П. Гасюк [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Михайловская военная артиллерийская академия» Министерства обороны Российской Федерации. – EDN ПНQIV.
6. Смирнов, А. Т. Эксплуатация армейских машин / А. Т. Смирнов. – М.: Воениздат, 1998.
7. Приказ МО РФ от 1 ноября 2021 г. № 650 «Об утверждении руководства
8. по использованию автомобильной техники в Вооруженных Силах Российской Федерации в мирное время».
9. Панькин В.В., Ходосовский Ю.В., Челябинов Э.Р. Военно-технические аспекты развития военной автомобильной техники Военная мысль № 11, 2020 г. С. 127-135.
10. Михайлов, В. В. Методики оценки эффективности системы ракетно-технического обеспечения войск ПВО армии / В. В. Михайлов, И. В. Гончаров, Ю. В. Савутов // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем. – 2016. – № 10. – С. 20-23. – EDN WYYUPT.

Галиулина А.Р.

**Способы получения редкоземельных металлов, используемых в нефтехимической отрасли для создания катализаторов**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-858

*Научный руководитель: Низамов А.А.*

**Аннотация**

Применение каталитических технологий играет важную роль в большинстве химических процессов, связанных с переработкой нефти, производством продуктов нефтехимии и органического синтеза. Любой катализатор независимо от области применения имеет в своем составе драгоценный металл. Используются платина, палладий, родий и иридий, особенностью которых является возможность повторного использования в производстве нефтехимии. В данной статье рассматриваются способы

**Ключевые слова:** катализатор, нефтехимическая отрасль, редкоземельные металлы, адсорбент, сорбция, промышленные отходы, гидрометаллургическая очистка.

**Abstract**

The use of catalytic technologies plays an important role in most chemical processes related to oil refining, the production of petrochemical products and organic synthesis. Any catalyst, regardless of the field of application, has a precious metal in its composition. Platinum, palladium, rhodium and iridium are used, the feature of which is the possibility of reuse in the production of petrochemicals. This article discusses ways to create catalysts for the petrochemical industry from industrial waste.

**Keywords:** catalyst, petrochemical industry, rare earth metals, adsorbent, sorption, industrial waste, hydrometallurgical cleaning.

Катализаторы являются неотъемлемой частью более чем 95% промышленных технологий нефтепереработки и нефтехимии. Российские предприятия потребляют около 85 тыс. тонн катализаторов в год, что обходится примерно в 47 млрд рублей. Объем производства, осуществляемого в России с использованием катализаторов, оценивается в 1,5-2,0 трлн рублей в год. В настоящее время доля импортных катализаторов в российской нефтепереработке и нефтехимии является значительной и достигает 80-95% в некоторых отраслях производства. Стоит отметить, что в основном импортируются самые высокотехнологичные и дорогостоящие катализаторы для процессов глубокой переработки нефти, нефтехимии и производства водорода.

Редкоземельные металлы (РЗМ) представляют собой группу из 17 элементов, которые находятся в III группе периодической системы Д.И. Менделеева. Эти элементы включают скандий, иттрий, лантан и 14 лантаноидов, начиная с церия и заканчивая лютецием. РЗМ широко используются в нефтехимической отрасли, и из-за высокого спроса на них их цена значительно возросла. В связи с этим использование вторичного сырья для получения этих металлов становится актуальным.

В будущем ожидается, что сточные воды станут важным источником вторичного сырья, объем которых к 2100 году может достигнуть 11 миллионов тонн в день. Эти сточные воды содержат металлы, которые попадают в окружающую среду в результате различных промышленных процессов, таких как добыча полезных ископаемых, гальваническое и целлюлозно-бумажное производство. Загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к изменению ее химического состава, снижению плодородия, изменению структуры и свойств почвы, а также к разрушению растительности и развитию эрозии. Важно отметить, что металлические загрязнители не могут быть разложены биологическими процессами.

Удаление тяжелых металлов из неорганических стоков можно провести с использованием стандартных методов очистки, таких как химическое осаждение, ионный обмен и электрохимическое удаление. Однако данное решение будет иметь и ряд минусов, заключающихся в большой энергоемкости процесса, относительно малой эффективности и образовании токсичного ила.

В последнее время были изучены различные подходы к разработке более дешевых и эффективных технологий для извлечения РЗМ. Самыми перспективными и экономически выгодными методами извлечения переходных металлов является сорбционное концентрирование с использованием ионитов различных типов, которые отличаются высокой эффективностью, избирательностью и экологической безопасностью. Существуют адсорбенты различного происхождения: минеральные, органические и биологические, такие как цеолиты, промышленные отходы, сельскохозяйственные отходы, биомасса и полимерные материалы.

Сорбция представляет собой метод, в основу которого положено распределение растворенных веществ между двумя несмешивающимися фазами. Один из наиболее эффективных способов очистки сточных вод гальванической промышленности - это сорбционное извлечение металлов, при котором эффективность очистки составляет 80-95%, в зависимости от выбранного сорбента. Следует отметить, что сорбенты обладают высокими сорбционными свойствами и низкой стоимостью, что делает их экономически выгодными для использования в технологиях очистки промышленных сточных вод. Поэтому поиск эффективных и экономичных природных сорбентов для улучшения процесса очистки сточных вод остается актуальной задачей.

Неорганические искусственные сорбенты включают в себя синтетические нерастворимые соли гетерополикислот, фосфаты, оксиды, гидроксиды и сульфиды металлов (циркония, железа, хрома, титана, натрия). Используя такие сорбенты, можно селективно извлекать многие радионуклиды из сложных водных растворов. Неорганическим сорбентам присущи большая плотность упаковки, малодеформирующаяся основная цепь и незначительное изменение степени набухания при ионном обмене.

Сорбенты на основе соединений кремния нашли широкое применение для извлечения РЗМ. Они обладают определенными преимуществами, такими как отсутствие набухания и высокая скорость массообмена. Кроме того, они обладают высокой температурной и радиационной стойкостью, а также механической прочностью. Полисилоксаны являются уникальными современными неорганическими материалами, которые широко используются в промышленности. Например, линейные полисилоксаны применяются в качестве смазок, покрытий и адгезивов (рис. 1).

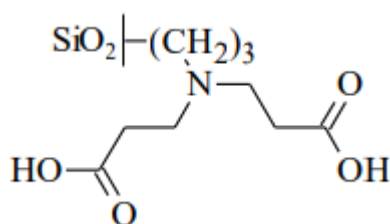


Рисунок 1. Структурная формула линейных полисилоксанов.

Полисилоксаны являются наиболее эффективными органо-неорганическими сорбентами среди других материалов. Они обладают высокой ионообменной емкостью и могут использоваться в различных областях, таких как газовая хроматография и создание мембран для потенциометрических сенсоров. Исследования свойств органо-неорганических материалов на основе соединений кремния для использования в качестве хелатообразующих сорбентов начались недавно, но уже показали значительный потенциал модифицированных кремнеземов в сорбции ионов переходных и благородных металлов. Это связано с их способностью обменивать массу и присоединять различные функциональные группы [1].

Функционализированные полисилоксановые сорбенты - это полимеры из кремнийорганических соединений с контролируемой пористой структурой. Они занимают промежуточное положение между типичными неорганическими материалами (кремнезем, силикат, кварц и т.д.) и органическими полимерами из-за своего химического состава и свойств. Они содержат как кремний-кислородный каркас, так и органические радикалы, связанные с атомами кремния.

В последнее время возрос интерес к исследованиям по удалению тяжелых металлов из промышленных сточных вод с использованием сельскохозяйственных побочных продуктов в качестве сорбентов. Для этой цели применяется неактивная микробная биомасса, которая связывает и концентрирует тяжелые металлы из потоков отходов. Новые ресурсы, такие как скорлупа лесного ореха, рисовая шелуха, скорлупа орехов пекана, кукурузный початок или шелуха, могут быть использованы в качестве сорбента для поглощения тяжелых металлов после химической модификации [2].

На данный момент адсорбция стала одним из альтернативных методов очистки сточных вод, содержащих тяжелые металлы. В современном мире доступно большое количество экстрагентов и сорбентов для использования в гидрометаллургии для сорбции тяжелых металлов из сточных вод, что позволяет снизить себестоимость катализаторов и влиять на рынок нефти.

\*\*\*

1. Современные катализаторы нефтепереработки: научно-технический уровень и обеспечение российскими катализаторами предприятий топливно-энергетического комплекса России / Л. Г. Пинаева, В. П. Доронин, А. С. Белый [и др.] // Мир нефтепродуктов. – 2020. – № 2. – С. 6-16.
2. Возможности современной технологии производства катализаторов крекинга на АО "Газпромнефть-ОНПЗ" / В. П. Доронин, Т. П. Сорокина, О. В. Потапенко [и др.] // Катализ в промышленности. – 2016. – № 6. – С. 71-76.

**Нигматзянова Л.Р.**

**Автоматизированные системы управления предприятием**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-859

*Научный руководитель: Гарфетдинова К.Р.*

#### **Аннотация**

В данной статье дано определение автоматизированных систем управления предприятием. Изучены виды автоматизированных систем управления предприятием. Говорится о внедрении автоматизированных систем управления предприятием. Рассказано о проблемах и ограничениях автоматизированных систем управления предприятием.

**Ключевые слова:** АСУП, система управления, управление производством, планирование ресурсов, автоматизированные системы.

#### **Abstract**

This article defines automated enterprise management systems. The types of automated enterprise management systems have been studied. It is said about the introduction of automated enterprise management systems. The problems and limitations of automated enterprise management systems are described.

**Keywords:** automated control system, management system, production management, resource planning, automated systems.

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП) позволяет автоматизировать выполнение задач, улучшить принятие управленческих решений, оптимизировать производственные процессы, увеличить эффективность работы предприятия.

Важными преимуществами АСУП являются экономия времени и ресурсов, повышение качества продукции или услуг, снижение рисков и ошибок в бизнес-процессах. Автоматизированные системы управления предприятием стали неотъемлемой частью современных бизнес-операций. Эти системы позволяют организациям оптимизировать свои процессы, повысить эффективность и принимать решения на основе данных.

Существуют различные типы автоматизированных систем управления предприятием, каждая из которых отвечает конкретным потребностям и функциям бизнеса. Далее мы рассмотрим различные типы автоматизированных систем управления предприятием.

Системы планирования ресурсов предприятия (ERP). ERP-системы представляют собой комплексные решения, которые интегрируют все аспекты бизнес-операций, включая управление финансами, человеческими ресурсами, управление цепочками поставок и отношения с клиентами. Они предоставляют единую платформу для управления и анализа данных, позволяя организациям принимать обоснованные решения. ERP-системы широко используются в таких отраслях, как производство, здравоохранение и финансы [1].

Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). Системы CRM ориентированы на управление взаимодействием с клиентами и данными. Они позволяют компаниям отслеживать поведение, предпочтения и отзывы клиентов, обеспечивая персонализированный маркетинг, продажи и обслуживание клиентов. CRM-системы необходимы для организаций, которые в значительной степени полагаются на отношения с клиентами, таких как розничная торговля, гостиничный бизнес и финансовые услуги.

Системы управления цепочками поставок (SCM). Системы SCM предназначены для оптимизации операций цепочки поставок, включая закупки, управление запасами, логистику и распределение. Они помогают организациям сократить расходы, сократить сроки доставки и повысить удовлетворенность клиентов. Системы SCM обычно используются в таких отраслях, как производство, логистика и электронная коммерция.

Системы управления производством (MES): системы MES управляют и контролируют производственные процессы, включая планирование, контроль качества и управление запасами. MES-системы помогают производителям улучшить качество продукции, сократить отходы и повысить эффективность.

Системы управления человеческими ресурсами (HRM): системы HRM позволяют организациям более эффективно управлять своей рабочей силой, сокращать административные задачи и повышать вовлеченность сотрудников. Системы HRM используются в различных отраслях, включая здравоохранение, финансы и технологии.

Системы финансового управления (FMS): системы FMS предоставляют финансовые данные в режиме реального времени, позволяя предприятиям принимать обоснованные решения и оптимизировать свои финансовые показатели. Системы FMS широко используются в таких отраслях, как финансы, банковское дело и страхование.

Системы бизнес-аналитики (BI). Системы BI предназначены для анализа и интерпретации больших наборов данных, предоставляя информацию и тенденции, которые влияют на бизнес-решения. Они позволяют организациям выявлять возможности, оптимизировать операции и повышать производительность. BI-системы используются в различных отраслях, включая розничную торговлю, здравоохранение и финансы.

Системы управления контентом (CMS): системы CMS позволяют организациям эффективно создавать, редактировать и публиковать контент, улучшая общение и сотрудничество. Системы CMS широко используются в таких отраслях, как средства массовой информации, образование и правительство.

Понимая различные типы автоматизированных систем, организации могут выбирать наиболее подходящие решения для улучшения своей деятельности, повышения эффективности и стимулирования роста [2].

Автоматизация позволяет оперативно получать данные для анализа и принятия управленческих решений, что способствует росту конкурентоспособности предприятия. Необходимо профессионально подходить к выбору и внедрению системы управления, учитывая специфику деятельности предприятия и потребности бизнеса.

Проблемы и ограничения автоматизированных систем управления предприятием могут быть разнообразными и варьироваться в зависимости от конкретной ситуации. Одной из основных проблем является сложность интеграции систем между собой и существующими бизнес-процессами предприятия. Это может привести к неполной автоматизации и потере эффективности в управлении предприятием.

Еще одной проблемой является необходимость постоянного обновления и модернизации систем управления, что может быть дорогостоящим и времязатратным процессом. Автоматизированные системы могут быть уязвимыми к кибератакам и несанкционированному доступу к конфиденциальным данным предприятия.

Ограничения автоматизированных систем управления предприятием могут также связываться с нехваткой квалифицированных специалистов, способных эффективно управлять и настраивать такие системы. Некоторые бизнес-процессы могут быть слишком сложными для полной автоматизации и требовать участия человека.

Так, автоматизированные системы управления предприятием имеют свои проблемы и ограничения, которые необходимо учитывать при их внедрении и эксплуатации. Важно постоянно совершенствовать системы и адаптировать их под изменяющиеся потребности и условия бизнеса.

Будущее автоматизированных систем управления предприятием имеет огромные перспективы, обусловленное развитием технологий и растущей потребностью предприятий оставаться конкурентоспособными. Ожидается, что в ближайшие годы некоторые тенденции и события будут формировать ландшафт управления предприятием.

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО): ИИ и машинное обучение будут продолжать играть ключевую роль в автоматизации процессов принятия решений, прогнозной аналитике и оптимизации процессов. Эти технологии позволят предприятиям принимать решения на основе данных, выявлять закономерности и реагировать на меняющиеся рыночные условия в режиме реального времени.

Интеграция облачных вычислений и Интернета вещей (IoT). Облачные вычисления останутся ключевым фактором управления предприятием, обеспечивая масштабируемость, гибкость и экономию средств. Мобильные и носимые технологии. Распространение мобильных и носимых устройств приведет к разработке более интуитивно понятных и доступных систем управления предприятием. Сотрудники смогут получать доступ к важной информации, сотрудничать и принимать решения на ходу, что повысит производительность и скорость реагирования [3].

По мере развития этих тенденций и разработок автоматизированные системы управления предприятием станут еще более сложными, интегрированными и интеллектуальными. Компании, которые внедряют эти технологии, будут лучше подготовлены к тому, чтобы ориентироваться в сложностях современного рынка, внедрять инновации и достигать долгосрочного успеха.

\*\*\*

1. Форд Г. Моя жизнь, мои достижения: пер. с англ. / научн. ред. Е.А. Кочерин; предисл. Н.С. Лаврова. 1924 г.; послесл. И.Л. Андреева. 2020 г. М.: Финансы и статистика, 2020. 206 с.
2. Козикова П.В. Информатизация на предприятиях. Университет ИТМО, СанктПетербург, Россия. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/> (дата обращения: 29.05.2024 г)
3. Организация, планирование и управление предприятием машиностроения: учебное пособие / И.М. Разумов и д.р. М.: Машиностроение, 2018. 544 с.

Густомясова Е.А.

### Анализ состояния российского рынка СЭД

Южно-Российский институт управления – филиал «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»  
(Россия, Ростов-на-Дону)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-860

Научный руководитель: Перова М.В.

#### Аннотация

В рамках данной статьи анализируется текущее состояние рынка систем электронного документооборота в России. В частности, осуществляется анализ динамики развития рынка, его структурных особенностей, тенденций развития.

**Ключевые слова:** системы электронного документооборота, рынок СЭД России, рынок систем электронного документооборота.

#### Abstract

This article analyzes the current state of the electronic document management systems market in Russia. In particular, the analysis of the dynamics of market development, its structural features, and development trends is carried out.

**Keywords:** electronic document management systems, Russian EDMS market, electronic document management systems market.

В последние годы российский рынок систем электронного документооборота (далее – СЭД) отличается стабильным и устойчивым ростом, несмотря на неблагоприятные внешние факторы. Во многом это связано с активным внедрением систем электронного документооборота в органы публичной власти России. Современный орган публичной власти в своей деятельности активно использует системы электронного документооборота для повышения прозрачности, скорости взаимодействия с иными органами и обращениями граждан, качества предоставления публичных услуг [1].

Ежегодно российский рынок СЭД растет примерно на 10%. При этом из недавних периодов следует отметить 2020 год, по итогам которого по причине массового перевода производств на удаленный способ функционирования был зафиксирован рост рынка на 11,5%. Для определения объемов российского рынка СЭД использовались данные портала TAdviser (рисунок 1) [2].

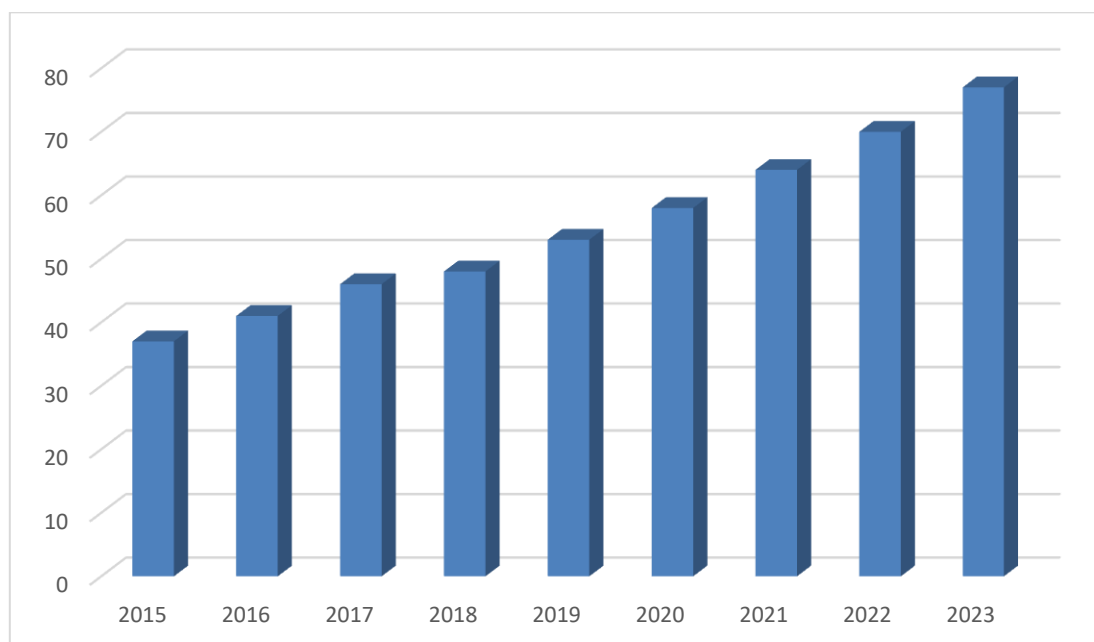


Рисунок 1. Объем российского рынка СЭД с 2015 по 2023 годы, в миллиардах рублей [2].

Относительно рынка СЭД необходимо также отметить, что санкционные ограничения 2022 года незначительно изменили его характеристику. Дело в том, что на данном рынке пользователи изначально чаще предпочитали именно российские продукты, а не зарубежные. Поэтому санкционные ограничения лишь незначительно ускорили рост рынка СЭД и процессы импортозамещения на нем, но никаких кардинальных перемен не произошло. Эта особенность отличает данный рынок от рынков CRM и ERP-систем, а также RPA-платформ, на которых традиционно доминировали зарубежные решения.

Для определения структура рынка по производителям СЭД в рамках настоящего исследования используется подход, в соответствии с которым рассчитывается выручка от продаж лицензий. Такой подход позволяет избежать ситуации, при которой положение производителя на рынке искажается ввиду получения им существенной части выручки за счет предоставления клиентам дополнительных услуг. Наиболее крупные производители по выручке от продажи лицензий на рынке СЭД представлены на рисунке 2.

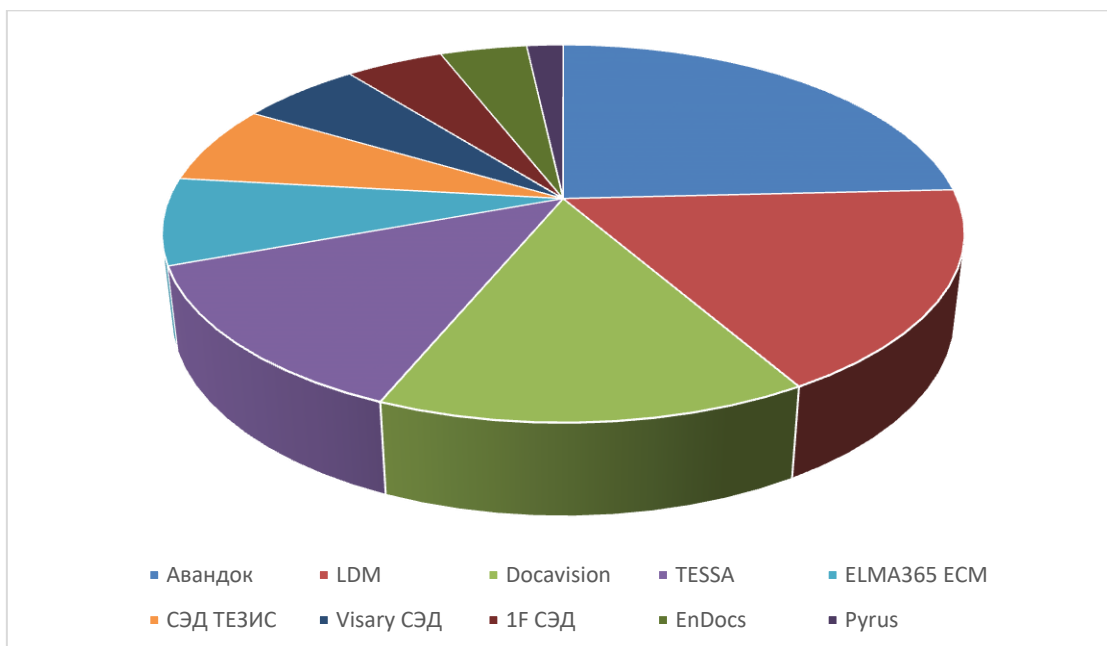


Рисунок 2. Выручка производителей СЭД от продажи лицензий на российском рынке, в миллионах рублей [3].

Анализ выручки производителей СЭД на российском рынке от продажи лицензий позволяет сделать вывод о том, что рынок является достаточно децентрализованным, на нем в состоянии конкуренции находится множество компаний. При этом лидерами следует считать компании «Авандок», «LDM», «Docsvision», чья годовая выручка от продажи лицензий превышает 200 миллионов рублей.

Высокий уровень конкурентности на российском рынке СЭД можно подтвердить показатели внедряемости продуктов (количеству новых клиентов в год). Графически данный показатель отображен на рисунке 3.

Как можно заметить на рисунке 3, лидер российского рынка по выручке от реализованных лицензий «Авандок» по внедряемости находится на очень низком уровне, что свидетельствует о работе компании преимущественно с устоявшимся перечнем клиентов. Тогда как нахождение других компаний на более высоком уровне внедряемости указывает на конкурентное состояние рынка и на привлекательность продуктов производителей. Например, столь высокий результат компании ELMA365 ECM стал следствием предложения на рынок продукта, отличающегося low-code движком, помощью вендора при внедрении, высокого профессионализма специалистов компании, удобную комбинацию системы управления процессами BPM и СЭД в рамках одного продукта.



Но при этом стратегия компании «Авандок» позволяет за небольшое количество внедрений получить существенную выручку. Так, компания отличилась наиболее масштабным внедрением на рынке, в результате которого она получила для себя 150 000 новых пользователей. Данный результат стал следствием ориентации компании на взаимодействие с государственным сектором. Данная СЭД предоставляет единое пространство для работы с электронными документами (ОРД, ДДО, кадровые, финансовые, ЮЗЭДО и электронный архив), задачами и проектами, а также возможности по управлению корпоративным контентом, включая создаваемый вне производственных систем.

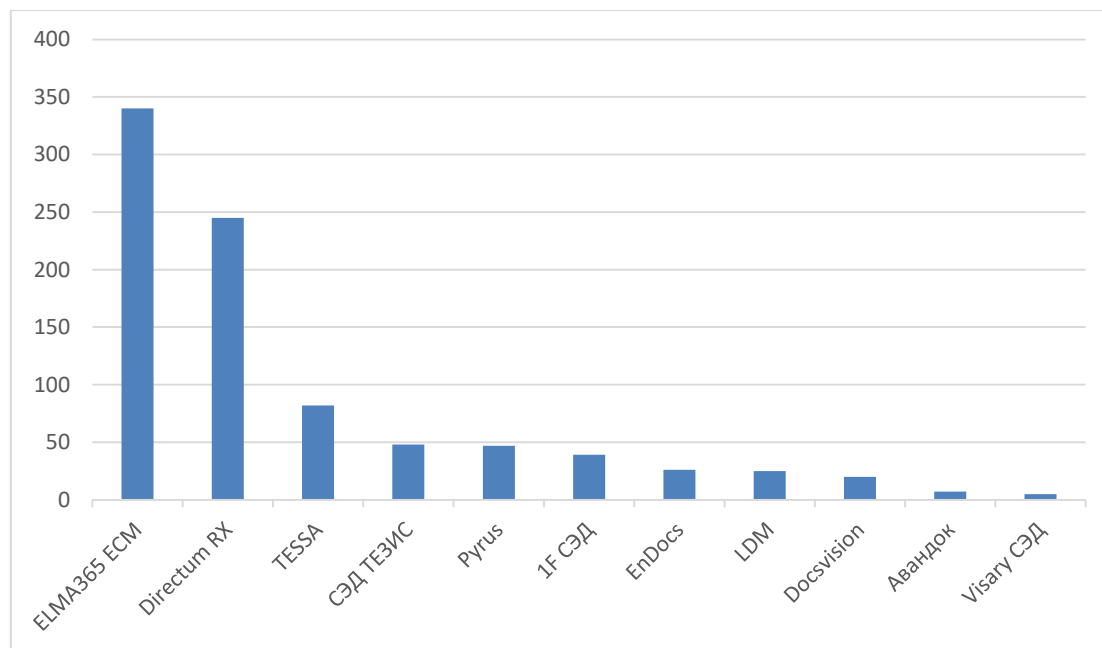


Рисунок 3. Внедряемость продуктов на российском рынке СЭД, в количестве новых клиентов за год [3].

Интересно отметить «Visary СЭД» как одну из наиболее конкурентных систем среди государственных заказчиков. Объективная статистика отсутствует, но подтвержденными пользователями данной СЭД являются Минцифры России, Мосавтодор, Роспатент, ряд региональных министерств и администраций. Разработчик данной СЭД «БизнесАвтоматика» рассматривал свой продукт именно как разработанный для государственных учреждений и органов. Его конкурентным преимуществом является возможность трансформационного сценария развития ИТ в госсекторе, что предполагает эффективную возможность интеграции различных видов программного обеспечения государственных органов в рамках единой СЭД.

Объективная тенденция развития российского рынка СЭД проявляется в том, что появляется запрос на предоставление решений в облачном формате. Он позволяет компаниям перейти на электронный документооборот за считанные часы и получить готовое к немедленному использованию решение. Примером такого решения следует считать продукт компании «EnDocs» EnDocs.Cloud.

Также отметим технологичность СЭД «EnDocs». Данная система за счет использования облачных технологий предоставляет на рынок гибкие ценовые решения для разного типа пользователей, а возможность развертывания СЭД за несколько часов позволяют компании быть востребованной при решении сложных задач. EnDocs – это BPM-платформа российской компании для управления документами и процессами. Включает готовый набор бизнес-решений для большого спектра задач: это делопроизводство и электронный архив, договорной документооборот и согласование счетов, КЭДО, модуль ОЦО, интеграция с 1С и операторами ЭДО и другие модули.

В завершении обозначим некоторые тенденции развития российского рынка СЭД. Практически каждый производитель СЭД выпускает свой продукт одновременно в нескольких

вариантах. Речь идет как о типе лицензий: облако, коробка, on-prem; так и о возможности регулирования функций и возможностей нагрузки СЭД. Такая особенность позволяет адаптировать продукт любого производителя под потребности компании. Также существенной тенденцией является стремление производителей к адаптации своих продуктов к взаимодействию с иными продуктами. Возможность взаимодействия СЭД с 1С является практически обязательной на российском рынке, но более того, в настоящее время в СЭД внедряются отдельные функции ВРМ-систем.

\*\*\*

1. Андросова И.В., Мальшева Л.В. Внедрение электронного документооборота как этап цифровизации экономического субъекта // Вестник Академии знаний. 2022. №6 (53).
2. Рынок СЭД России 2023-2024: аналитический обзор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iaassaaspaas.ru/po-dlya-biznesa/sed/rynok-sed-rossii-2023-2024-analiticheskiy-obzor>
3. СЭД (рынок России) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:СЭД\\_\(рынок\\_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:СЭД_(рынок_России))

**Добронравов А.С., Добрянский Р.Ф., Чертухин В.Ю.**

**Комплексная система защиты объектов магистрального нефтепровода от противоправного использования БПЛА и аналогичных систем**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-861

**Аннотация**

статья посвящена созданию комплекса мер для предотвращения противоправного использования беспилотных летательных аппаратов на объектах магистрального трубопровода. Описываются основные проблемы, которые актуальны в настоящее время, а также показывается, какие подходы могут помочь их решить. Использование новейших технологий необходимо для развития безопасности нефтегазовой промышленности. Результаты исследования показывают, что использование комплексной системы защиты в нефтегазовой индустрии может привести к существенному снижению уровня опасности от внешнего воздействия.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, магистральный нефтепровод, защита, нефтеперекачивающая станция, нефть, газ, топливно-энергетический комплекс

**Abstract**

The article is devoted to the creation of a set of measures to prevent the illegal use of unmanned aerial vehicles at the facilities of the main pipeline. It describes the main problems that are currently relevant, and also shows which approaches can help solve them. The use of the latest technologies is necessary for the development of the safety of the oil and gas industry. The results of the study show that the use of an integrated protection system in the oil and gas industry can lead to a significant reduction in the level of danger from external influences.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, oil trunk pipeline, protection, oil pumping station, oil, gas, fuel and energy complex

**Актуальность**

В настоящее время предприятия топливной промышленности, нефтеперерабатывающие заводы и энергетические компании предпринимают шаги для усиления защиты и прочности зданий, где размещены критически важные производственные узлы. Однако большинство этих мер направлено на физическую защиту зданий от непосредственных ударов дронов и других угроз. Как правило, они не включают превентивные меры противодействия беспилотным воздушным системам (БВС), такие как радиоэлектронная защита объектов ТЭК.

Между тем, только комплексная система безопасности, включающая предупреждение, локализацию и нейтрализацию угроз, может считаться по-настоящему надежной.

Предлагаемая нами система будет основываться на совокупности работ автоматизированных служб по определению и подавлению неverified БПЛА.

Система будет состоять из двух блоков:

1. Разведывательно-отслеживающий;
2. Нейтрализующий.

Первый блок будет оснащен средствами разведки, распознавания и фиксации нежелательных БВА. Второй блок будет иметь средства как стационарного, так и мобильного подавления. Оба блока связаны между собой и пунктом службы безопасности собственной операционной системой.

Проанализировав имеющиеся на российском рынке различные устройства и оценив отношения цена/качество по каждому из приборов, мы приняли решение, что разведывательно-отслеживающий блок будет сформирован комплексом Kaspersky Antidrone. [1][4]

Программно-аппаратный комплекс Kaspersky Antidrone обеспечивает комплексную защиту территории от БПЛА благодаря непрерывному обнаружению объектов в воздухе и определению БПЛА для дальнейшего противодействия. Первичное обнаружение объектов в воздухе происходит за счет применения комбинации сенсоров для аудио- и видео-детектирования, а также лазерного сканирования, радиочастотного и радиолокационного анализа, что позволяет объединить сильные стороны оборудования и обеспечить круглосуточную работу комплекса в различных погодных условиях. Kaspersky Antidrone использует машинное обучение и нейронные сети для классификации обнаруженных целей, определяет тип и модель беспилотника менее чем за 1 секунду. Данные выводятся в интерфейс, где система сигнализирует о несанкционированном полете и предлагает выбрать стратегию борьбы, основываясь на оценке характеристики потенциальной опасности каждой цели. В комплексе Kaspersky Antidrone используются несколько дополняющих друг друга методов борьбы с БПЛА. Система передает управляющий сигнал на аппаратный модуль нейтрализации при возникновении опасности и отображает ситуацию в режиме реального времени в графическом интерфейсе.

После фиксации объекта информация передается во второй блок. Kaspersky Antidrone также предоставляет услугу по написанию ПО для каждого отдельного случая.

Принципиальная схема работы представлена на рисунке 1.

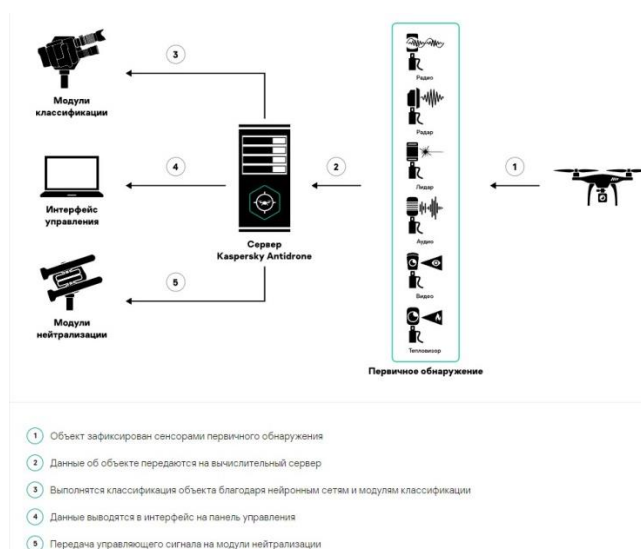


Рисунок 1. Схема обнаружения и фиксации.

Второй блок будет представлен двумя видами защиты:

1. Антиинформационный. Для маленьких дронов и квадрокоптеров с видеокамерой для получения конфиденциальной и стратегической информации.
2. Антитеррористический. Для больших БПЛА, цель которых атака объекта и выведение его из строя.

Для борьбы с дронами и квадрокоптерами достаточно комплекса «Блокиратор БАРЬЕР РИ 1.0.», предназначенный для блокирования в автоматическом режиме работы системы подвижной радиосвязи и систем беспроводного доступа, включая каналы радиоуправления БПЛА.[3]

Устройство защиты объектов от БПЛА БАРЬЕР РИ 1.0 - мощный широкополосный блокиратор системы радиосвязи, позволяющий перекрыть диапазоны частот 2,400...2,500 ГГц и 5,170...5,905 ГГц.

Блокиратор предназначен для непосредственной охраны объектов от миниатюрных беспилотных летательных аппаратов путем радиоэлектронного подавления системы радиоуправления мини-БПЛА.

Радиус действия одного блокиратора находится в пределах 50-600 метров. В зависимости от решаемых задач, условий местности и эксплуатации мощность излучения блокиратора регулируется в пределах от 3 до 10 Вт.

Для антитеррористической защиты предлагается использование дронов-перехватчиков. Принцип работы дрона-перехватчика:

1. Первый блок передает сигнал с информацией о количестве объектов в небе.
2. Программа определяет необходимое количество перехватчиков и передает сигнал.
3. Дрон подлетает к цели и стреляет по БПЛА сетью с парашютом
4. Дрон возвращается на место заряда и хранения.

Таким образом дроны-перехватчики позволяют плавно посадить БПЛА, избегая разрушающих последствий от падения и взрыва.

Дрон-перехватчик не представлен на российском рынке, но существует российский патент и зарубежный опыт, которые позволят сконструировать его.[2]

Использование данной системы не нарушает работу терминалов сотовой связи, цифрового ТВ, GPS, ГЛОНАСС.

#### Выводы

На основании проделанной работы можно сказать, что внедрение предложенной системы позволит повысить безопасность объектов магистрального нефтепровода, сохранить конфиденциальную информацию стратегических объектов. Исходя из более подходящих технических характеристик для приборов защиты от БПЛА были выбраны: блокировщик «Барьер РИ 1.0.», разведывательно-отслеживающий комплекс от Kaspersky Antidrone, включающий в себя радар, лидар, радиочастотный сканер и панорамную камеру, а также программа от этой же компании; для дрона-перехватчика было выдвинуто предложение о сотрудничестве с отечественными конструкторами. Но при этом тестирование и последующее внедрение технологии потребует капиталовложений со стороны компании.

\*\*\*

1. Защита воздушного пространства от гражданских дронов – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://antidrone.kaspersky.com/ru/>
2. Беспилотный летательный аппарат-перехватчик – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2669904C1\\_20181016](https://yandex.ru/patents/doc/RU2669904C1_20181016)
3. БАРЬЕР РИ 1.0. Устройство защиты объектов от БПЛА – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rub-in.ru/product/zaschita-ot-bpla/barer-ri-1-0-ustroystvo-zashchity-obektov-ot-bpla/>
4. Kaspersky Antidrone: зачем он нужен и как работает – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kaspersky.ru/blog/antidrone-under-the-hood/23782/>

Ендачёва М.К., Лиманова Н.И., Козлов В.В.

**Численный метод роя частиц: алгоритмические основы и практическое применение**

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-862

**Аннотация**

В данной статье рассматривается численный метод роя частиц (ЧМРЧ), который является эффективным подходом к решению оптимизационных задач. Оптимизация играет важную роль в решении различных задач, которые возникают в науке и технике. Одним из наиболее эффективных методов оптимизации является численный метод роя частиц (ЧМРЧ), который основан на моделировании поведения роя частиц в пространстве поиска решения. Этот метод позволяет найти оптимальные значения параметров в задачах оптимизации с высокой точностью и скоростью. Метод основан на моделировании поведения роя частиц в поиске оптимального решения. Рассматриваются алгоритмические основы ЧМРЧ, его принципы работы и практическое применение в различных областях, таких как инженерия, экономика, биология и информационные технологии.

**Ключевые слова:** ЧМРЧ; технологии; оптимизация.

**Abstract**

This article discusses the particle swarm method (PSM), which is an effective approach to solving optimization problems. Optimization plays an important role in solving various problems that arise in science and technology. One of the most effective optimization methods is the numerical particle swarm method (NPS), which is based on modeling the behavior of a particle swarm in the solution search space. This method allows you to find optimal parameter values in optimization problems with high accuracy and speed. The method is based on modeling the behavior of particles in search of reliable solutions. The methodological foundations of FMFR, its operating principles and practical application in various fields such as engineering, economics, biology and information technology are considered.

**Keywords:** FMFR; technology; optimization.

МРЧ был доказан Кеннеди, Эберхартом и Ши и изначально предназначался для имитации социального поведения. Алгоритм был упрощён, и было замечено, что он пригоден для выполнения оптимизации. Книга Кеннеди и Эберхарта описывает многие философские аспекты МРЧ и так называемого роевого интеллекта.

Численный метод роя частиц (Particle Swarm Optimization, PSO) является эффективным метаэвристическим алгоритмом оптимизации, основанным на моделировании поведения стаи частиц в пространстве поиска оптимального решения. В своей сути ЧМРЧ представляет собой итеративный метод, где каждая частица в рое перемещается в пространстве поиска, изменяя скорость и положение в зависимости от локального и глобального опыта.

В PSO каждая частица в рое представляет собой кандидата на оптимальное решение задачи оптимизации, а их движение в пространстве параметров поощряется изменением их положения в направлении оптимального решения.

Задачей численного метода роя частиц является нахождение таких значений параметров, которые оптимизируют целевую функцию, приводя к достижению оптимального решения, начиная с инициализации частиц и оценки их приспособленности, с последующим обновлением скоростей и положений частиц.

Алгоритмический процесс PSO можно описать следующим образом:

1. Инициализация:
  - Задание числа частиц в рое.
  - Генерация начальной позиции каждой частицы в пространстве параметров.

- Инициализация начальной скорости каждой частицы.
- Установка глобального лучшего решения как начальное.
- 3. Определение функции приспособленности:
  - Оценка приспособленности каждой частицы на основе значения целевой функции для данной позиции.
  - Обновление лучшего решения для каждой частицы.
- 4. Обновление положения и скорости частиц:
  - Вычисление новой скорости частицы на основе ее текущей скорости, расстояния до личного и глобального лучших решений, а также случайных величин.
  - Перемещение каждой частицы на новую позицию в соответствии с ее скоростью.
  - Обновление лучшего решения для каждой частицы.
- 5. Обновление глобального лучшего решения:
  - Сравнение приспособленности текущего глобального лучшего решения с приспособленностью лучших решений отдельных частиц.
  - Если найдено лучшее решение, обновление глобального лучшего решения.
- 6. Проверка условий останова:
  - Проверка выполнения критерия останова (например, достижение максимального числа итераций или заданной точности).
  - В случае необходимости, возврат к шагу 3.
- 7. Возвращение результата:
  - Возвращение глобального лучшего решения в качестве ответа задачи оптимизации.

Этот процесс повторяется до выполнения условий останова, и PSO стремится находить оптимальное решение путем совместного движения частиц в пространстве параметров.

ЧМРЧ широко применяется в различных областях науки и техники, Важными характеристиками алгоритма являются коэффициенты ускорения, методы обновления опыта частиц и критерии останова.

1. Функциональная оптимизация: PSO может использоваться для поиска оптимальных параметров в функциях, которые требуют минимизации или максимизации. Это может включать в себя оптимизацию функций потерь в машинном обучении или настройку параметров в моделях предсказания.
2. Распределенные системы: PSO может быть использован для оптимизации производительности и расхода ресурсов в распределенных системах, таких как облачные вычисления или кластеры серверов.
3. Управление энергопотреблением: PSO может помочь оптимизировать энергопотребление в энергоэффективных системах, таких как сети электропитания или умные здания.
4. Проектирование инженерных решений: PSO может использоваться для оптимизации дизайна инженерных систем, таких как оптимизация формы для минимизации сопротивления воздуха или оптимизация структуры для максимальной прочности при минимальном весе.
5. Финансовая аналитика: PSO может применяться в задачах портфельного управления, оптимизации инвестиционных стратегий, прогнозировании финансовых показателей и других задачах в области финансов.

Так же PSO может быть применен в нейронных сетях:

1. Настройка весов нейронных сетей: PSO может использоваться для нахождения оптимальных весов связей между нейронами в нейронной сети. После случайной инициализации весов, PSO изменяет их значения,

итеративно оптимизируя функцию потерь, чтобы нейронная сеть достигла лучшей производительности.

2. Подбор гиперпараметров: PSO может помочь в настройке гиперпараметров нейронной сети, таких как скорость обучения, количество слоев, количество нейронов в каждом слое и другие параметры, чтобы достичь лучшей производительности нейронной сети.
3. Выбор архитектуры нейронной сети: PSO может быть использован для автоматического выбора оптимальной архитектуры нейронной сети, определяя количество слоев, типы слоев и их соединения.
4. Оптимизация функции потерь: PSO может помочь в нахождении глобального минимума функции потерь нейронной сети, что означает улучшение ее обучения и прогнозирующей способности.

В целом, этот метод обладает широким спектром применений и может быть использован во многих других областях, где требуется поиск оптимального решения.

Численный метод роя частиц является мощным инструментом оптимизации, который обладает высокой эффективностью и универсальностью. Алгоритмические основы ЧМРЧ позволяют эффективно решать широкий спектр задач оптимизации. Практическое применение метода в различных областях подтверждает его эффективность и перспективность в решении сложных задач.

\*\*\*

1. Метод роя частиц // Свободная энциклопедия Википедия. Статья. – 2021. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод\\_роя\\_частиц](https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_роя_частиц)
2. Применения метода роя частиц в задачах оптимизации // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». Научная статья. – 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-roya-chastits-v-zadachah-optimizatsii/viewer>

### Закурко А.Е.

#### Технологические аспекты проектов сэд на российском рынке

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте  
Российской Федерации  
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-863

*Научный руководитель: Перова М.В.*

#### Аннотация

В рамках данной статьи рассмотрены основные технологические аспекты современных проектов СЭД на российском рынке. Проведен анализ основных тенденций технологического развития рынка и особенностей применения данных технологий на практике при внедрении проектов СЭД.

**Ключевые слова:** СЭД, технологические аспекты СЭД, российский рынок СЭД.

#### Abstract

Within the framework of this article, the main technological aspects of modern EDMS projects on the Russian market are considered. The analysis of the main trends in the technological development of the market and the features of the application of these technologies in practice in the implementation of EDMS projects is carried out.

**Keywords:** SED, technological aspects of SED, Russian SED market.

Российский рынок СЭД является сам по себе высокотехнологичным, но вместе с тем на нем созданы благоприятные условия для внедрения новых технологий, способных вывести

эффективность СЭД на кардинально новый уровень. В рамках данного исследования рассмотрим основные перспективные технологии развития СЭД на российском рынке. Акцент исследования будет сделан на тех технологиях, которые имеют перспективу в применении в рамках деятельности органов государственной и муниципальной власти. Подтверждением этого являются показатели устойчивого роста российского рынка СЭД (рисунок 1).

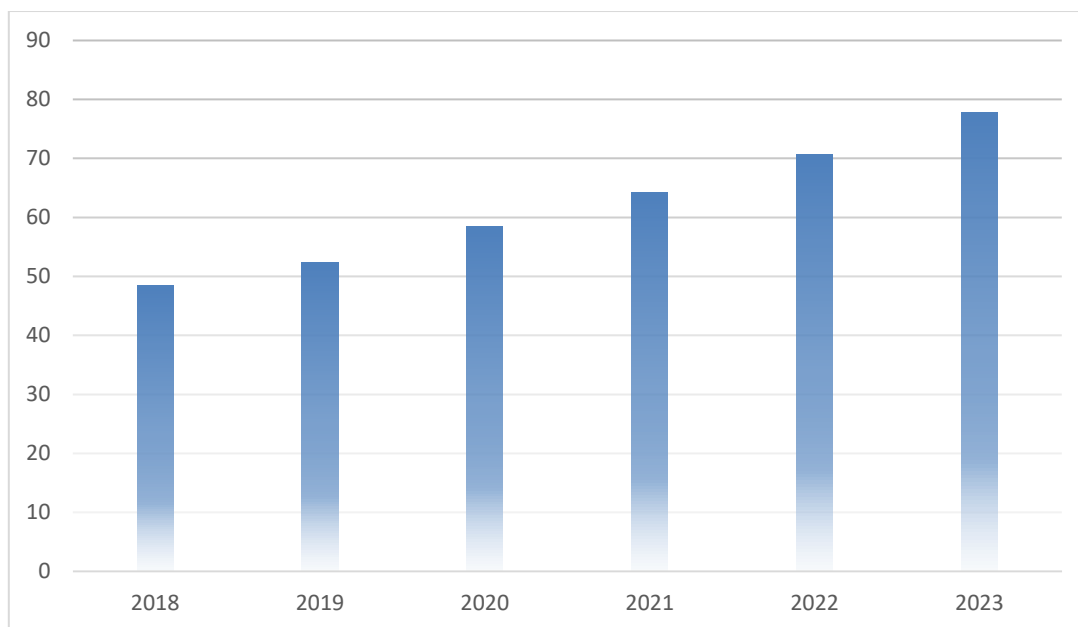


Рисунок 1. Объем российского рынка СЭД, в млрд рублей.

Прежде всего, ожидается повышение роли искусственного интеллекта в СЭД. Причем данный процесс с большой вероятностью будет всесторонним. Например, искусственный интеллект может быть эффективно использован для автоматизации процессов сортировки документов пользователей СЭД. Также ожидается более активное применение искусственного интеллекта для работы цифровых помощников, способных выполнять более сложные задачи [1].

Отличием нового поколения искусственного интеллекта в СЭД должно стать машинное обучение. Оно предполагает способность искусственного интеллекта к постоянному самообучению [2]. Данная особенность является крайне важной на рынке СЭД, ведь в условиях постоянного технологического обновления машинное обучение позволит искусственному интеллекту одновременно адаптироваться к новым технологиям в СЭД и при этом повышать эффективность работы конкретного пользователя через инструмент персонализации. Перспективным направлением развития искусственного интеллекта в СЭД является работа с текстами. Например, искусственный интеллект может посредством обработки большого объема входящих документов обучаться создавать свои собственные документы различных видов, тем самым экономя время на их создания пользователям. Например, отметим положительный эффект от внедрения СЭД «Directum» в деятельность органа публичной власти [7]:

- Среднее время обработки одного письма – 1 минута;
- Точность определения счета и статьи затрат – более 95 %;
- Обработка договора и выявление изменений – в среднем 5 минут;
- Среднее время обработки обращения – 1-2 минуты;
- Корректность извлечения данных из документов – более 92 %.

Пандемия коронавируса ускорила совокупность технологических изменений СЭД, связанных с повышением разнообразия режимов работы. Так, развиваются гибридные подходы к режимам работы СЭД, позволяющие использовать облачные технологии, удаленного доступа к СЭД. Причем следует отметить, что в рамках данной тенденции развивается децентрализация удаленного доступа к СЭД. Если ранее подобные возможности создавались лишь для высшего



руководства компании, то в настоящее время существует тренд в предоставлении удаленного доступа и для рядовых сотрудников.

Внедрение СЭД в деятельность компании в настоящее время осуществляется все более глубоко. Это соответствует тенденции масштабирования внедрения СЭД. То есть возрастает степень вовлеченности сотрудников организации в работу СЭД и степень интеграции СЭД в деятельность компании. Если ранее многие компании внедряли СЭД частично, то в настоящее время все более часто наблюдается ситуация полной интеграции СЭД в документооборот компании. Так, об этом заявляется директор «АСП Электронные сервисы» Дарья Гарбар. По ее мнению важнейшими факторами повсеместного внедрения систем электронного документооборота являются правовое регулирование (в частности, обязательный переход на электронный документооборот в государственном секторе), а также возможность легкого перехода на ЭДО с помощью систем взаимодействия с документами. Так, по мнению Гарбар 98% российских компаний используют 1-С, которая имеет встроенный модуль ЭДО, и при желании они могут начать его использование [8].

Подобный тренд создает для СЭД новые задачи, ведь ведущая роль СЭД в документообороте компании ставит перед ней более сложные задачи. Например, речь идет о полном переводе документов в электронный формат, создание единого электронного архива в СЭД, вовлечение всех сотрудников фирмы в работу СЭД с учетом их должностных обязанностей. Данная тенденция влияет на то, что современная СЭД становится все более функционально разнообразной и позволяет решать компании широкий перечень прикладных задач в сфере документооборота.

Важнейший технологический тренд СЭД в настоящее время связан с использованием технологии «low-code» [6]. Она является инструментом быстрой разработки и настройки СЭД с минимальным участием человека. В рамках данной технологии моделирование СЭД осуществляется с помощью визуальных конструкторов, а типовые задачи решаются с помощью заранее подготовленных скриптов. Подобный подход позволяет компании сэкономить значительное количество времени на внедрении СЭД, ведь в таком случае не требуется написание программного кода, его апробация, а затем корректировка. Также «low-code» отличается толерантностью к сотрудникам компании, не имеющим ИТ-компетенций, а также обладает простыми и понятными с точки зрения логики визуальными эффектами.

Внедрение СЭД стандартным методом может затянуться на годы до полноценного начала эксплуатации, тогда как применение «low-code» для внедрения СЭД позволяет перевести документооборот в СЭД за месяцы, но при этом не затрачивать значительных средств и не привлекать разнообразных дорогостоящих специалистов. Самыми важными плюсами данной технологии является возможность изменения ее структуры без привлечения сторонних профессионалов. Также «low-code» позволяет подстраивать СЭД под нужды бизнес-аналитиков, что крайне важно для ряда типов бизнеса. Кроме того, «low-code» позволяет внедрить сначала базовые модули СЭД и расширять их по мере появления у компании соответствующих потребностей. Технология позволяет эффективно адаптировать СЭД к потребностям конкретной компании.

Другая тенденция связана с ролью СЭД как единой шины заданий во всей организации. Она связана с тем, что СЭД является наиболее массовой подсистемой работы с заданиями уже в настоящее время и современные модели СЭД позволяют интегрировать свои функции со сторонними инструментами. Объединения всех заданий вне зависимости от контура или процесса в рамках СЭД уже встречается на российском рынке и с течением времени будет встречаться все чаще. Данный тренд можно назвать централизацией инфраструктуры и процессов СЭД.

Также на российском рынке ввиду совокупности рассмотренных выше трендов зачастую рассматривается вопрос о необходимости использования вместо СЭД термина CSP (Content Service Platform). Данное предложение связано с тем, что понятие «система электронного документооборота» этимологически является достаточно узким и не отражает широту

функционала, которые уже в настоящее время выполняют СЭД на практике. И с течением времени широта функций только повышается [3].

Формат предоставления СЭД претерпевает изменения. Ранее уже отмечалось, что практическое внедрение СЭД может длиться годами, ведь компании необходимо провести значительную работу по написанию изначального кода, выстраиванию функционала, внедрению, проверке корректности функционирования, внесении изменений для исправления выявленных ошибок, а только затем полноценная эксплуатация. Причем полноценная эксплуатация также не является гарантией отсутствия проблем в функционировании СЭД. Данная ситуация изменила рынок СЭД: снижается доля реализуемых коробочных решений при внедрении СЭД. Эксперты и предприниматели в этой связи отмечают несколько тенденций. Во-первых, отказ от использования коробочного формата внедрения СЭД как единственного. Вместо этого он используется как «база» для последующей адаптации СЭД к потребностям компании. Во-вторых, все чаще отдается предпочтение альтернативным форматам внедрения СЭД, предполагающим большую адаптивность и экономическую эффективность. Речь идет об облачных технологиях и применении технологии «low-code».

Отметим, что на российском рынке СЭД развитие технологий во многом осуществляется посредством нормативной поддержки государства. Так, в 2021 ввиду изменений в Трудовом кодексе Российской Федерации компании получили возможность вести кадровый документооборот в электронной форме [5]. Другой пример связан с внедрением возможности взаимодействия компаний посредством использования юридически значимого электронного документооборота, позволившего компаниям использовать электронные документы как равнозначные бумажным документам по комплексу направлений [4]. Также отметим возможность использования машиночитаемой доверенности для подтверждения своего права на подпись электронного документа компании ее сотрудником [4].

Таким образом, в рамках данного исследования были проанализированы основные технологические аспекты проектов СЭД на российском рынке. К ним относятся более глубокое использование искусственного интеллекта и машинного обучения в СЭД, развитие удаленных форматов взаимодействия с СЭД, тренд к масштабированию внедрения СЭД в деятельность компаний, применение технологии «low-code» для внедрения СЭД, отход от преимущественно коробочного формата реализации СЭД на рынке, активная поддержка государством рынка посредством нормативного регулирования.

\*\*\*

1. 2024: Технологические тренды: ИИ и Low-code [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/>
2. Аверьянова А.Н., Атанов В.В., Кеся М.С., Можнов Е.С. Использование интеллектуальных микросервисов в современных системах электронного документооборота // Форум молодых ученых. 2023. №5 (81).
3. Дмитриева М. С., Забродин А. В. Автоматизация документооборота и бизнес-процессов с помощью ЕСМ-системы Docsvision // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2022. №2 (30).
4. Федеральный закон от 6 апреля 2011 г. N 63-ФЗ "Об электронной подписи" // "Парламентская газета" от 8 апреля 2011 г. N 17
5. Федеральный закон от 22.11.2021 № 377-ФЗ "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402990504/>
6. Яковлев Г.С., Иванов Ф.Ф. Использование low-code платформ при переходе на процессный подход в создании автоматизированных систем // Вест. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2020. №1.
7. Системы искусственного интеллекта — их развитие и области применения [Электронный ресурс]. Режим доступа — <https://www.directum.ru/blog-post/1927>
8. «У 98% российских компаний уже есть ЭДО, но они об этом не знают» [Электронный ресурс]. Режим доступа — <https://www.directum.ru/blog-post/1927>

Зиннатуллина Г.Н.<sup>1</sup>, Гизатуллина Э.Р.<sup>2</sup>

**Совершенствование процедуры проведения производственного контроля на опасном производственном объекте**

<sup>1</sup>*Промышленной безопасности»*

*Казанский Научно-Исследовательский Технологический Университет*

<sup>2</sup>*Институт Нефти, Химии и Нанотехнологии  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-864

**Аннотация**

В данной статье рассматриваются вопросы улучшения процедуры проведения производственного контроля на опасных производственных объектах. Проведение производственного контроля позволяет значительно совершенствовать уровень безопасности на опасных производственных объектах с помощью увеличения качества анализа результатов комплексных проверок, что абсолютно является актуальным. В работе использованы как эмпирический, так и теоретический метод научного познания.

**Ключевые слова:** производственный контроль, опасный производственный объект, промышленная безопасность.

**Abstract**

This article deals with the issues of improving the procedure of production control at hazardous production facilities. Carrying out production control allows to significantly improve the level of safety at hazardous production facilities by increasing the quality of analysis of the results of complex inspections, which is absolutely relevant. Both empirical and theoretical method of scientific knowledge are used in the work.

**Keywords:** production control, hazardous production facility, industrial safety.

Риск возникновения аварий, инцидентов и смертельного травматизма на опасных производственных объектах можно уменьшить действенным управлением промышленной безопасностью данных объектов, для чего нужно периодически оценивать функционирование системы производственного контроля безопасности. Эта оценка в свою очередь даёт возможность оперативно и своевременно обнаруживать «слабые места» в промышленной безопасности опасного производственного контроля и принимать предупредительные меры для предупреждения аварий.

Более значимую роль в обеспечении промышленной безопасности на производстве играет производственный контроль.

Производственный контроль (ПК) - это комплекс практических мероприятий, осуществляемых работодателем, направленных на улучшение условий труда работников, контроль за уровнем вредных и опасных факторов, профилактику профессиональных заболеваний, соблюдение санитарно-эпидемиологических требований.

Целью производственного контроля является предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций к локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте за счет осуществления комплекса организационно-технических мероприятий.

Нормативные документы в области производственной безопасности не содержат определённых требований к структуре системы производственного контроля. На большинстве предприятий, в составе которых имеется опасный производственный объект, реализован подход к организации производственного контроля, аналогичный применяемому в системе работы государственных инспекторов: суть которого заключается в обнаружении нарушений требований производственной безопасности и выдаче предписаний об их устранении, критерий безопасности и трудоёмкости, рассматривающий специфику и особенности эксплуатации

объектов. Главным недостатком такого принципа является отсутствие постоянного контроля за состоянием производственной безопасности на рабочих местах в процессе производства работ и невозможности выявления опасностей на ранних стадиях развития, т.е. на начальной стадии сигнал об их возникновении, как правило, слабый и улавливается только при условии высокой компетентности персонала.

Таким образом, в меры увеличения эффективности производственного контроля для большинства предприятий нужно включать работы по определению главных причин отклонений производственного процесса от требований правил производственной безопасности, обнаружению опасностей на ранних стадиях развития, выработке мер по их устранению и контроль за реализацией этих мер.

Подобный подход к осуществлению производственного контроля применяется в системе управления производственной безопасностью опасных производственных объектов, хотя в настоящее время на предприятиях он реализуется не полностью, и фактически производственный контроль работает без выявления опасностей на ранних стадиях развития, следовательно он нуждается в совершенствовании.

Осуществление производственного контроля не только активизирует владельца объекта на соблюдение требований безопасности, но и позволяет обнаружить первостепенные нарушения, влияющие на безопасную эксплуатацию объекта, что указывает на высокую профилактическую ценность контроля и надзора. Одним из ключевых элементов в вопросе обеспечения безопасности является человек, работник производственного объекта, от рабочего до руководителя, наделённый совокупностью своих профессиональных и личных качеств.

Выявление опасности на ранних этапах развития при осуществлении контроля в системе управления производственной безопасностью потребует активизации неактивных элементов (рис. 1), а также привлечения линейных руководителей и их подчиненных к работе по осуществлению производственного контроля.

Примеры предложений, которые могут привести к активизации процесса обнаружения опасностей на ранних стадиях развития при осуществлении производственного контроля:

- на уровне рабочих и линейных руководителей ведение журнала учёта обнаруженных опасностей локального характера и причин их возникновения. Качество ведения предоставленного журнала проверяется вышестоящим руководством и специалистами, исполняющими производственный контроль, для получения полной информации и проведения анализа опасностей, а также для выдачи рекомендаций линейным руководителям по улучшению работы по профилактике и выявлению опасностей. Предоставленное предложение является аналогом ведения журналов по охране труда цеха или службы, которые водились согласно требованиям п.6.1.9 [3];
- введение практики поощрений для рабочих, выявивших опасности и причины их возникновения серьёзного нелокального характера. нужно довести до работников мнение о том, что это не новоиспечённое обязательство, которое нужно осуществлять по формальному принципу, а нововведение, призванное в первую очередь повысить уровень их собственной безопасности;
- введение процедуры информирования линейных руководителей о подробностях нарушений, обнаруженных службой, ответственной за проведение производственного контроля на опасном производственном объекте во всех структурных подразделениях, а также о работе предоставленной службы по предупреждению и выявлению повторяющихся нарушений, что позволит линейным руководителям иметь возможность самосовершенствования в работе по профилактике и выявлению опасности;
- обнаруженные нарушения и причины их возникновения должны подвергаться анализу службами, ответственными за проведение производственного контроля для предупреждения и выявления циклических нарушений.

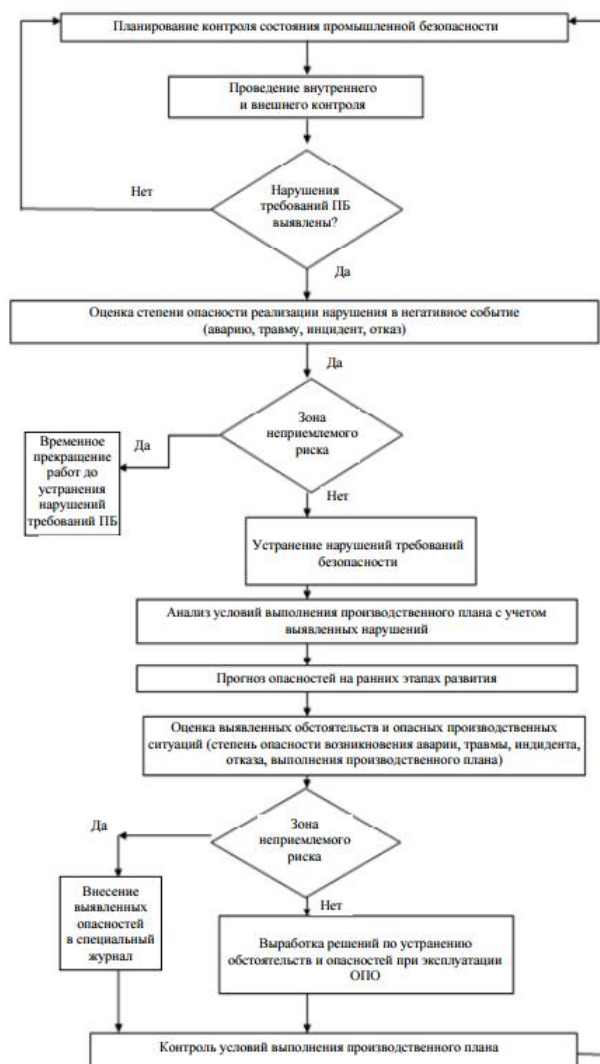


Рисунок 1 Алгоритм осуществления производственного контроля на опасном производственном объекте.

Разработанный алгоритм, основанный на выявлении и структурировании главных обстоятельств, формирующих опасную производственную ситуацию, рекомендовано использовать при расследовании причин несчастных случаев и аварий, в процессе планирования работы и развития служб производственного контроля, при разработке и реализации программ увеличения эффективности функционирования системы управления производственной безопасностью и охраны труда предприятий.

Научные положения, выводы и рекомендации целесообразно использовать при формировании программ обучения персонала в области охраны труда и промышленной безопасности.

Применение разработанного универсального алгоритма планирования и осуществления производственного контроля на любом опасном производственном объекте, основанного на выявленных закономерностях развития опасных производственных ситуаций, позволяет улучшить эффективность управления безопасностью труда.

Без использования новейших программных продуктов невозможно получить желаемый результат в области повышения уровня безопасности на производственных предприятиях и осуществления производственного контроля в современных условиях.

#### Заключение

Предложенный алгоритм облегчит учет и управление сложными процессами производственного контроля предприятия, что позволит отслеживать целый комплекс

нарушений и проблем одновременно и предлагать готовые алгоритмы решения сложных задач в определенной последовательности и позволит работникам минимизировать ошибки и повысить в целом уровень производственной безопасности.

\*\*\*

1. Руденко М. Ф., Третьяк Л. П., Гривина В. В., Шипулина Ю. В. Моделирование экологической эффективности внедрения геотермических комплексов для производства теплоты // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2016. № 2. С. 73-81.
2. Дружинин А. А. Повышение эффективности планирования и осуществления производственного контроля промышленной безопасности на высокопроизводительных угольных шахтах: автореф. дис.канд. техн. наук. М., 2006. 22 с.
3. Об утверждении Типового положения о единой системе управления промышленной безопасностью и охраной труда для организаций по добыче (переработке) угля (горючих сланцев): приказ Ростехнадзора от 30 ноября 2017 г. № 520. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=306382> (дата обращения: 08.05.2023).

**Лунегова А.А., Василега Н.А.**

**Техническое предложение обеспечения параметров микроклимата в производственном помещении**

*Северо-Восточный государственный университет  
(Россия, Магадан)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-865

**Аннотация**

Авторы в статье поднимают проблему обеспечения параметров микроклимата в производственном помещении в соответствии с требованиями. Для обеспечения требуемых параметров предложена замена конвекционной системы отопления на лучистое. Лучистое отопление обеспечивает выполнение условий комфортности.

**Ключевые слова:** параметры микроклимата, заболевания, конвекционное отопление, лучистое отопление, условия комфортности.

**Abstract**

The authors in the article raise the problem of ensuring the parameters of the microclimate in the production room in accordance with the requirements. To ensure the required parameters, the replacement of convection heating with radiant heating is proposed. Radiant heating ensures the fulfillment of comfort conditions.

**Keywords:** microclimate parameters, diseases, convection heating, radiant heating, comfort conditions.

На работоспособность сотрудников любой организации значительное влияние оказывают условия труда, при которых осуществляется производственный процесс. К таким условиям относятся параметры микроклимата [3].

Например, сочетание низких температур и высокой влажности способствуют охлаждению организма. Высокая температура воздуха и нагретых поверхностей в помещении вызывают перегрев организма. Отклонение параметров микроклимата от предусмотренных в нормативной документации нередко служит причиной возникновения заболеваний органов дыхания, эндокринной системы, сосудов и другие [5].

Строгое соблюдение параметров микроклимата особенно актуально в тех регионах, где преобладают в течение года низкие температуры совместно с сильными ветрами [4].

Рассмотрим статистику заболеваний дыхательных органов на примере Дальневосточного Федерального округа (ДФО) и Магаданской области (табл.).

Таблица 1.

## Статистика заболеваний органов дыхания за 2019-2022 гг.

Наименование	Ед. изм.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
ДФО	Тыс. чел.	453,9	465,0	382,5	593,8
Магаданская обл.	Тыс. чел.	1,4	1,9	1,6	1,2
Удельный вес	%	0,3	0,4	0,3	0,2

Составлено автором по [2].

Наблюдается незначительное снижение заболеваний органов дыхания за последние годы, но проблема остается. Исследование параметров микроклимата в ремонтно-строительном цехе предприятия в г. Магадане показал фактическую температуру воздуха в помещении в зимнее время года  $t_{п} = 14^{\circ}\text{C}$ .

Известно, что по энергетическим затратам все трудовые процессы делятся на пять категорий. Труд работников ремонтно-строительного цеха относится к категории Пб [3]. СанПиН 1.2.3685-21 нормирует температуру воздуха в производственном помещении: диапазон ниже оптимального  $15-16,9^{\circ}\text{C}$  и диапазон выше оптимального  $19,1-22^{\circ}\text{C}$  для холодного периода года. Очевидно, что фактическая температура воздуха в рассматриваемом помещении не соответствует требованиям.

В настоящее время в помещении ремонтно-строительного цеха в холодный период года эксплуатируется водяная система отопления. При водяной системе отопления отопительные приборы, как правило, по проекту монтируются по стенам под окнами (рис. 1).



Рисунок 1. Система отопления ремонтно-столярного цеха предприятия.

В таком случае мы имеем конвективную систему отопления. При конвективной системе отопления справедливо неравенство (1):

$$t_{п} > t_{R}, \quad (1)$$

где  $t_{п}$  - температура воздуха в помещении,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{R}$  - радиационная температура  $^{\circ}\text{C}$ .

Как отмечалось выше, фактическая температура в помещении ремонтно-столярного цеха  $t_{п} = 14^{\circ}\text{C}$ . Проверим выполнение условий комфортности на рабочем месте при работе средней тяжести в помещении ремонтно-столярного цеха, отапливаемого настенным радиатором. (2, 3, 4):

- первое условие комфортности:

$$t_{R} = 1,57 \cdot t_{п} - 0,57 \cdot t_{в} \pm 1,5^{\circ}\text{C}, \quad (2)$$

где  $t_{п}$  - нормируемое значение температуры воздуха в помещении (при работе средней тяжести  $t_{п} = 15 - 16,9^{\circ}\text{C}$ );

$t_{в}$  - температура воздуха в помещении, равная по выполненным измерениям  $14^{\circ}\text{C}$ ;

1,5 - допустимое отклонение средней радиационной температуры от полученной по данному выражению;

- второе условие комфортности для нагретых поверхностей:

$$\tau_{нагр}^{доп} \leq 19,2 + \frac{8,7}{\varphi_{г.ч.-п}}, \quad (3)$$

где  $\varphi_{г.ч.-п}$  – коэффициент облученности с головы человека, как самой чувствительной части тела человека к перепадам температур на  $i$ -ую поверхность;  
 - второе условие комфорта для холодных поверхностей:

$$\tau_{хол}^{доп} \geq 23 - \frac{5}{\varphi_{г.ч.-п}}, \quad (4)$$

Действительная радиационная температура в обследуемом помещении  $t_R$ , °С, устанавливается из выражения:

$$t_R = \sum_1^n (\tau_i \cdot \varphi_{ч-i}), \quad (5)$$

$\tau_i$  - температура поверхности  $i$ -го ограждения, °С;

$\varphi_{ч-i}$  - коэффициент облученности со всей поверхности тела человека на  $i$ -ю поверхность.

По [1] имеем:  $t_R = 13,2^\circ\text{C}$ .

$$t_R = 1,57 \cdot 15 - 0,57 \cdot 14 \pm 1,5^\circ\text{C}.$$

Следовательно, первое условие комфорта не выполняется.

Выходом из создавшейся ситуации видится пересмотр системы отопления. Сравнительный анализ конвективной системы отопления и лучистой наглядно изображен на рис. 2.

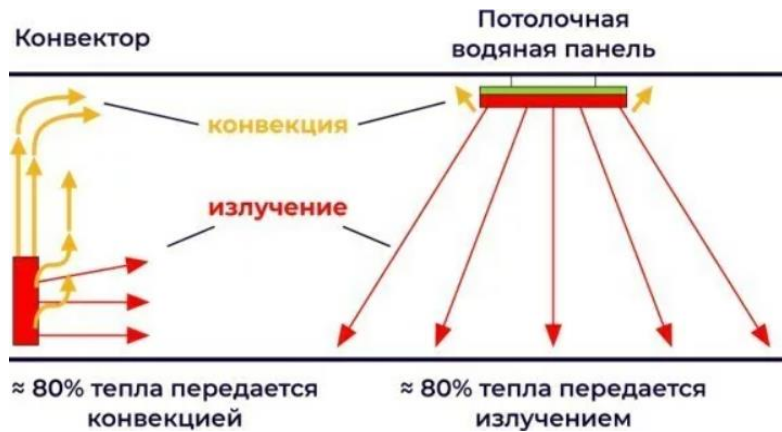


Рисунок 2. Сравнение систем лучистого и конвекционного отопления.

Благодаря лучистому теплообмену повышается температура всех поверхностей по сравнению с температурой при конвективном отоплении и в большинстве случаев она превышает температуру воздуха помещения, т.е. справедливо неравенство (6):

$$t_n < t_R. \quad (6)$$

Выполним расчет монтажа потолочных панелей для ремонтно-столярного цеха с размерами в плане 20х30 м (рис. 3).

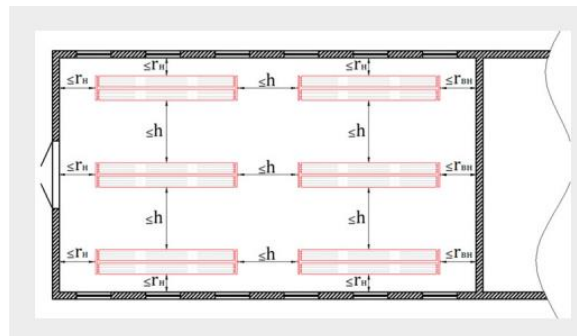


Рисунок 3. Схема размещения потолочных отопительных панелей[6]

Определение минимального количества рядов панелей (7):



$$n_{\text{ряд}} = B/h + 1, \quad (7)$$

где  $B$  – ширина помещения, м;

$h$  – высота подвеса панелей от пола, м.

$$n_{\text{ряд}} = 20/3,5 + 1 = 6,7.$$

Принимаем 7 рядов.

Определение максимального расстояния от потолочной панели до наружных (гн) и внутренних (гвн) стен (8,9):

$$r_{\text{н}} = h/4 = 3,5/4 = 0,85 \text{ м}; \quad (8)$$

$$r_{\text{вн}} = h/2 = 3,5/2 = 1,75 \text{ м}. \quad (9)$$

Определение длины одного ряда потолочных панелей  $L$  (10):

$$L = A - 2 \cdot r_{\text{н}} = 30 - 2 \cdot 0,85 = 28,3 \text{ м}. \quad (10)$$

Принимаем 28 м.

Определение длины потолочной панели  $l$  (11):

$$z = L/50 = 28/50 = 0,56 \text{ м}. \quad (11)$$

где  $z$  – количество панелей в одном ряду, округляем до целого числа в большую сторону. Принимаем 1. Тогда по формуле 12:

$$l = (L - (z - 1) \cdot h) / z = (28 - (1 - 1) \cdot 3,5) / 1 = 28 \text{ м}. \quad (12)$$

Определение необходимого количества погонных метров панелей  $L_{\text{пп}}$  (13)

$$L_{\text{пп}} = N \cdot l = 7 \cdot 28 = 196 \text{ м}, \quad (14)$$

где  $N$  – общее число панелей (15).

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot l = 7 \cdot 1 = 7. \quad (15)$$

Примем среднюю температуру теплоносителя  $70^\circ\text{C}$ .

После осуществленных преобразований выполняются оба условия комфортности.

Таким образом, статья раскрывает возможности соблюдения требуемых параметров микроклимата, при которых работающий будет чувствовать себя комфортно.

\*\*\*

1. Бодров В. И. Строительная теплофизика: учеб. пособие / В. И. Бодров, М. В. Бодров, В. Ф. Бодрова, В. Ю. Кузин; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. – 156 с. ISBN 978-5-528-00064-0
2. Заболеваемость населения по субъектам Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://statprivat.ru/zdo?r=5> (дата обращения: 23.03.2024).
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 23.03.2024).
4. СП 131.13330.2018. Строительная климатология [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732872.pdf>. (дата обращения: 23.03.2024).
5. Профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата на производстве [Электронный ресурс]. URL: <https://cge28.ru/microclimate/> (дата обращения: 23.03.2024).
6. Zehnder ZIP. Методика подбора потолочных панелей. Общие указания и примеры [Электронный ресурс]. URL: [https://zehnder-cis.info/wp-content/uploads/2021/07/files\\_pdf\\_metodika\\_podbora\\_potolochnyh\\_panelej\\_zehnder\\_zip\\_2020.pdf](https://zehnder-cis.info/wp-content/uploads/2021/07/files_pdf_metodika_podbora_potolochnyh_panelej_zehnder_zip_2020.pdf) (дата обращения: 23.03.2024).

**Мансуров В.А., Галкина Т.В., Шатов М.С.**

**Различия синтеза системы и киберфизического подхода в управлении**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.*

*В.И. Ульянова (Ленина)*

*(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-866

#### **Аннотация**

В статье анализируются процессы синтеза систем управления и киберфизического подхода, сравниваются их особенности и применение в современной технике. Синтез системы

подразумевает формирование структуры и параметров системы, а также обеспечение ее эффективного функционирования и оценку результатов. В то время как киберфизический подход объединяет вычислительные технологии с физическими процессами, создавая интеллектуальные системы управления. Обсуждаются также роль анализа системы и автоматизации в синтезе, и взаимодействие уровней в киберфизических системах.

Отдельное внимание уделяется развитию современной техники в направлении самоуправляемости через использование интеллектуальных программно-аппаратных структур и переход управленческих функций к технике. Киберфизические производственные системы интегрируют различные аспекты производства и управления в различных отраслях, от промышленности до жизнеобеспечения, улучшая эффективность и безопасность в различных аспектах жизни общества.

**Ключевые слова:** технологии синтеза, анализ систем, киберфизический подход.

### Abstract

The article analyzes the processes of synthesis of control systems and the cybernetic approach, compares their features and application in modern technology. The synthesis of the system implies the formation of the structure and parameters of the system, as well as ensuring its effective functioning and evaluating the results. While the cyber-physical approach combines computing technologies with physical processes, creating intelligent control systems. The role of system analysis and automation in synthesis, and the interaction of levels in cyberphysical systems are also discussed.

Special attention is paid to the development of modern technology in the direction of self-management through the use of intelligent software and hardware structures and the transition of managerial functions to technology. Cyberphysical production systems integrate various aspects of production and management in various industries, from industry to life support, improving efficiency and security in various aspects of society.

**Keywords:** synthesis technologies, systems analysis, cyber-physical approach.

Современное управление в цифровую эпоху все более ориентируется на использование информации и данных как основных ресурсов для принятия обоснованных решений. В рамках изучения теории управления особое внимание уделяется вопросам информационных технологий, методов анализа данных и современных подходов к управлению процессами [1], [2], [3].

Изучение технологий синтеза является ключевым аспектом инженерной и научной деятельности. В общем виде задачи синтеза систем управления заключаются в определении структуры и параметров системы исходя из заданных требований к значениям показателей эффективности ее функционирования, а также способов обеспечения целей функционирования системы [4].

В мире, где технологии играют ключевую роль во всех сферах жизни, киберфизические системы представляют собой важный аспект цифровой трансформации. Этот подход к управлению объединяет в себе вычислительные технологии с физическими процессами реального мира, создавая новый уровень взаимодействия между человеком и техникой.

Технологии синтеза включают в себя не только разработку структуры и метода математического описания системы (процедуру проектирования), но и обеспечение ее правильного функционирования и оценку количественных результатов в соответствии с выбранным методом описания и свойствами системы (процедуру функционирования). Эти процессы оцениваются с использованием промежуточных и конечных критериев, что позволяет обеспечить эффективность и соответствие требованиям создаваемой системы.

Целью проектирования является формирование структуры системы, в результате чего определяются компоненты системы, их взаимосвязи и иерархия. Это включает в себя

определение всех элементов, которые составляют систему, и их организацию в логическую структуру. На этом же этапе проектирования выбирается подходящий метод или модель для математического описания поведения и функционирования системы. Это может быть аналитическое описание, дифференциальные уравнения, графические модели и т.д. Главная задача - обеспечить адекватное описание всех аспектов системы для последующего анализа и управления.

Целью функционирования можно поставить получение количественного результата в процессе исследования поведения системы в соответствии с выбранным методом описания. Задача заключается в определении того, как система будет работать в различных условиях и с различными входными данными. После чего происходит оценка полученных результатов, включающая анализ эффективности, производительности и других характеристик системы в соответствии с выбранным методом описания и выбранным свойством системы.

Анализ систем подразумевает под собой разбиение общей модели на отдельные компоненты или связанные части, что называется системным анализом. Далее с каждой из этих частей проводятся различные операции для более детального изучения модели и ее поведения.

Системы, которые раньше требовали вмешательства человека при выполнении определенных задач, теперь могут быть автоматизированы с помощью программной реализации. Для этого и применяется анализ системы.

При синтезе первоначально формируются отдельные структурные элементы системы, между которыми устанавливаются необходимые связи (интеграция). Далее проводятся необходимые операции. Киберфизический подход применяется при построении новых, прежде всего интеллектуальных систем управления [5].

Под киберфизической системой понимается такой подход к управлению, который объединяет мир вычислений с физическими процессами реального мира. В сущности, это симбиоз информационных технологий и физических объектов, будь то машины на производстве, умные города или медицинское оборудование. В таких системах компьютеры, датчики, сенсоры и устройства управления становятся неотъемлемой частью единой сети, способной в реальном времени взаимодействовать с окружающей средой и принимать решения на основе полученной информации.

Это такие умные системы, которые включают интерактивные инженерные сети из физических и коммуникационных компонент. CPS и связанные с ним системы являются общепризнанными инструментами, имеющими большой потенциал внедрения, создающий пути реализации инновационных приложений, которые оказывают огромное влияние на множество секторов мировой экономики [6].

Системы, такие как киберфизические (CPS), состоят из нескольких уровней, которые обладают различными свойствами и функциями. Каждый уровень представляет собой слой абстракции, который добавляет новые характеристики и возможности к системе.

В контексте CPS, эти уровни могут включать физические устройства и оборудование, такие как сенсоры, актуаторы и контроллеры, обеспечивающие физический ввод и вывод информации. Затем на более высоком уровне могут находиться системы управления, обработки данных и принятия решений. (см. рис. 1)

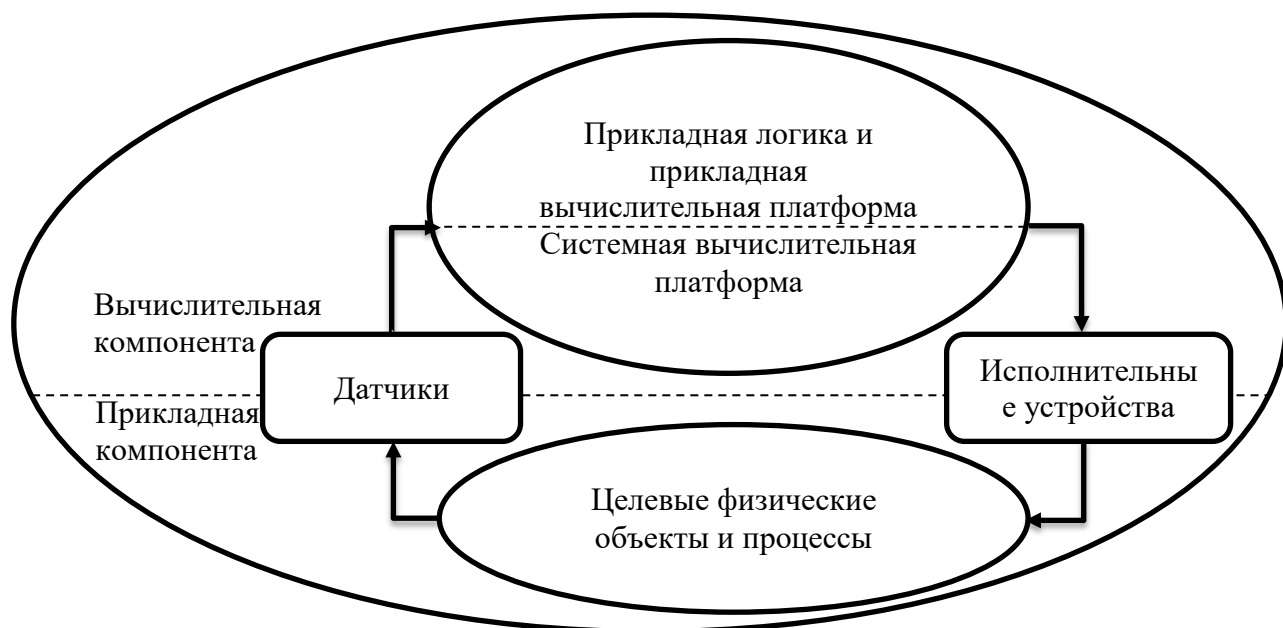


Рисунок 1. Обобщенная структура CPS.

Взаимодействие между этими уровнями происходит через сеть взаимодействующих элементов, где информация передается от одного уровня к другому. Эти связи часто усиливаются с использованием интеллектуальных механизмов, таких как алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта.

Использование интеллектуальных механизмов позволяет улучшить различные аспекты системы [7], [8], включая ее адаптивность, автономность, функциональность, безопасность и удобство использования для пользователей. По большому счету улучшается ее способность к изменению в ответ на новые условия, к самостоятельному функционированию, расширяется диапазон задач, которые она может выполнять. Таким образом, интеграция интеллектуальных механизмов в CPS способствует созданию более эффективных и умных систем, которые могут адаптироваться к различным условиям и требованиям.

Особенность развития современной техники состоит в том, что она приобретает самоуправляемость за счет использования интеллектуальных программно-аппаратных структур. Таким образом, реализуется переход управленческих функций от человека к самой технике. Это ведет к глобальным переменам – обретению искусственного интеллекта техносферой, становящейся локомотивом земной эволюции [9].

Киберфизические производственные системы представляют собой высокоуровневые технологические комплексы, которые выходят за рамки простой автоматизации и интегрируют в себя различные аспекты производства и управления в широком спектре отраслей, таких как промышленность, транспорт, энергетика, оборонное дело и жизнеобеспечение. Этот инновационный подход находит практическое применение во многих сферах, начиная от оптимизации производственных процессов и управления логистикой до разработки умных систем [10] управления городской инфраструктурой, что позволяет улучшить эффективность, надежность и безопасность различных аспектов жизни и деятельности общества.

Объект применения синтеза системы заключается в создании новых систем с учетом поставленных требований и целей, включая формирование их структуры и методов описания. В то время как киберфизический подход сфокусирован на интеграции вычислительных ресурсов в физические сущности, что позволяет управлять информационными потоками в реальном времени и совершенствовать процессы в различных отраслях.

Применение синтеза системы ориентировано на создание разнообразных систем с учетом заданных требований и условий. В то время как киберфизический подход используется для управления информационными потоками в различных областях, таких как производство,

транспорт, энергетика, оборона и жизнеобеспечение, с помощью интеграции вычислительных ресурсов в физические процессы.

\*\*\*

1. Советов В.Я. Автоматизированное адаптивное управление производством / В.Я. Советов, В.Д. Чертовской — Санкт-Петербург: Лань, 2003. — 174 с.
2. Алексеев А.А. Теория автоматического управления / А.А. Алексеев, С.Е. Душин, Н.С. Зотов, Д.Х. Имаев, Н.Н. Кузьмин, В.Б. Яковлев — Москва: Высш. шк., 2003. — 567 с.
3. Советов В.Я. Основы теории управления / В.Я. Советов — Санкт-Петербург: Политехника, 2006. — 219 с.
4. Малин А.С. Исследование систем управления / А.С. Малин, В.И. Мухин — Москва: ГУ ВШЭ, 2002. — 365 с.
5. Цехановский В.В. Теория автоматизации процедур управления системами / В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 168 с.
6. Афанасьев М.Я. Организация киберфизических производственных систем с использованием технологий блокчейн и смарт-контрактов / М.Я. Афанасьев, Ю. В. Федосов, А. А. Крылова, С. А. Шорохов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. — 2019. — 3. — с. 226-336.
7. Чертовской В.Д. Технологии искусственного интеллекта в управлении / В.Д. Чертовской — Санкт-Петербург: СПГУВК, 2012. — 190 с.
8. Голенко-Гинзбург Д. Управление трехуровневой производственной системой типа «человек-машина» / Д. Голенко-Гинзбург, С. Синяковский, Э.Л. Ицкович // Автоматика и телемеханика. — 2000. — 5. — с. 166-184.
9. Громаков Е.И. Современные технологии. Киберфизические системы / Е.И. Громаков, А.А. Сидорова — Томск: -во Томского политехнического университета, 2021. — 166 с.
10. Чертовской В.Д. Моделирование процессов адаптивного автоматизированного управления производством / В.Д. Чертовской — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 200 с.

**Михайлов В.В., Жуков П.В.**

### **Прогнозирование отказов в процессе эксплуатации вооружения и техники**

*Военной академии материально-технического обеспечения  
им. генерала А.В. Хрулёва.  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-867

#### **Аннотация**

Современное развитие вооружения и военной техники характеризуется непрерывным её совершенствованием. Постоянное усложнение образцов военной техники выдвигает ряд проблем научной методологии, технического проектирования, технологии производства, испытаний и эксплуатации. Одной из основных является проблема прогнозирования отказов в процессе эксплуатации техники, с учетом показателей надежности данных образцов.

**Ключевые слова:** отказы, вооружение и военная техника, надёжность, прогнозирование отказов, средства измерений, ремонтпригодность.

#### **Abstract**

Modern development of weapons and military equipment is characterized by its continuous improvement. The constant complication of military equipment models raises a number of problems in scientific methodology, technical design, production technology, testing and operation. One of the main ones is the problem of predicting failures during the operation of equipment, taking into account the reliability indicators of these samples.

**Keywords:** failures, weapons and military equipment, reliability, failure prediction, measuring instruments, maintainability.

Прогнозирование отказов является важнейшей областью в инженерии и техники, поскольку позволяет предотвратить непредвиденные сбои и увеличить эффективность обслуживания.

Задачу прогнозирования можно решать при условии, что известны значения контролируемых параметров в нескольких точках или задан закон изменения параметра во времени. Следовательно, условия задачи прогнозирования вызывают необходимость накопления статистических данных о результатах измерения параметров при контроле их стабильности во времени.

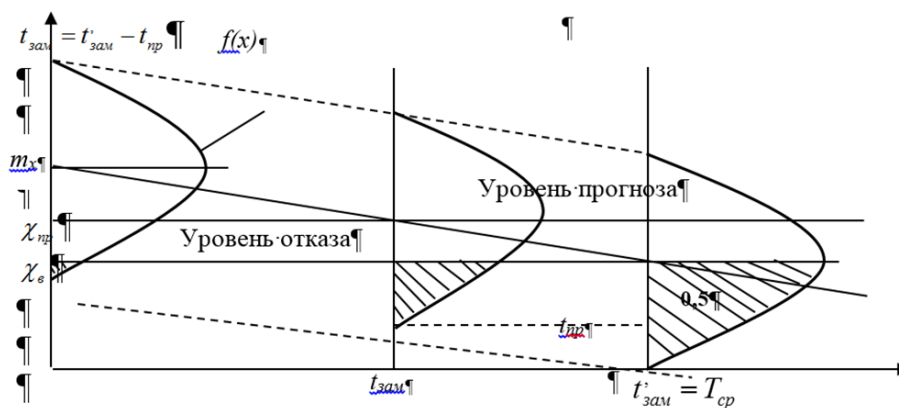
Методы прогнозирования можно квалифицировать как «инструментальные» и «статистические».

Инструментальные методы прогнозирования (рис.1.) связаны с возможностью выявления главным образом постепенных отказов.

Их количество, выявленное при прогнозировании, зависит от точности средств измерений и глубины контроля.

С учетом возможного разброса параметра, характеризующегося среднеквадратическим отклонением ( $\sigma$ ) в месте пересечения нижнего участка области с линией уровня отказа (нижней границы поля допуска), находится абсцисса  $t_{зам}$ , определяющая возможный момент отказа, т. е. время замены элемента или корректировки параметра. Однако наблюдение ведется не непрерывно, а, как правило, при проведении очередных технических обслуживаний (ТО), (контроля функционирования). Для того, чтобы за время между очередными профилактическими работами параметр не вышел за пределы допуска, время  $t_{зам}$  определяется как  $t_{зам} = t'_{зам} - t_{пр}$ .

При величине  $t_{зам}$  определяется значение параметра прогнозирования  $x_{пр}$ , указывающего на необходимость проведения профилактических мероприятий.



Количественная оценка времени замены  $t_{зам}$  может быть определена в следующей последовательности:

определяется закон и параметры закона изменения параметра  $x$  после проведения ТО  
 $m_x(t_0), \sigma_x(t_0)$

По истечении времени  $t$  без проведения ТО повторно определяются параметры:

$$m_x(t) = m_x(t_0) + K_{mx}t; \quad \sigma_x(t) = \sigma_x(t_0) + K_{\delta x}t$$

где  $K_{mx}, K_{\delta x}$  – коэффициенты, характеризующие стабильность параметров во времени.

Зная количественные значения параметров  $m_x, \sigma_x$  в моменты времени  $t_0$  и  $t_1$ , можно оценить значение этих коэффициентов:

$$K_{mx} = \frac{m_x(t_1) - m_x(t_0)}{(t_1 - t_0)}; \quad K_{\delta x} = \frac{\sigma_x(t_1) - \sigma_x(t_0)}{(t_1 - t_0)}.$$

При заданном уровне выхода параметра за пределы поля допуска (заданной вероятности отказа):

$$P_{вых x_e} = 1 - \Phi^*(Z_p)$$

$$Z_p = \frac{x_e - (m_x(t_0) + K_{mx}t_{зам})}{\sigma_x(t_0) + K_{\sigma x}t_{зам}}$$

$$t_{зам} = \frac{x_e - m_x(t_0) - Z_p \sigma_x(t_0)}{Z_p K_{\sigma x} + K_{mx}}$$

Таким образом, зная значения допусков  $\sigma = xв$  на контролируемый параметр, значения коэффициентов, характеризующих стабильность параметра во времени, можно решать задачу прогнозирования отказов в процессе эксплуатации, обеспечив при этом заданный уровень безотказности.

Статистические методы прогнозирования служат для прогнозирования главным образом внезапных отказов тех элементов, у которых распределение времени безотказной работы не соответствует показательному закону.

В аппаратуре обычно имеется небольшое число элементов, которые работают в тяжелом режиме (генераторные лампы, мощные СВЧ приборы и др.).

Эти элементы, несмотря на свою многочисленность, дают от 25 до 50 % всех отказов аппаратуры. Как показывает опыт эксплуатации вооружения и военной техники, с достаточной для практики точностью и приближением распределения времени безотказность работы этих элементов может быть описана нормальным законом.

Для каждого из этих элементов может быть определена по результатам эксплуатации статистически средняя наработка на отказ и величина  $\sigma T_{ср}$ .

Если бы отсутствовал разброс значений времени безотказной работы, то предупредительная замена элемента должна была бы произойти по истечении времени наработки равного  $T_{ср}$ .

С учетом разброса значений  $T_{ср}$  предупредительную замену данных элементов следует производить после наработки:

$$t_{зам} = \bar{T}_{ср} - K_{пр} \sigma_{T_{ср}},$$

где  $K_{пр}$  – коэффициент прогнозирования.

В связи с небольшим количеством элементов в аппаратуре, к которым может быть применен метод статистического прогнозирования, его практическое применение не вызывает сомнений и затруднений, особенно в отношении съемных электронных приборов.

Современные радиоэлектронные средства образцов вооружения и военной техники представляют собой сложные технические системы, являющиеся элементами систем более высокого уровня [1, с. 21].

Очевидно, что одной из основных их характеристик является эффективность. Традиционно в качестве такой характеристики используется один из комплексных показателей надёжности [2].

Под термином «надёжность» понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях эксплуатации, практически оценённые к примеру, в представленной программе [3].

Надёжность является комплексным свойством и включает в себя целый ряд других свойств: безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность. В зависимости от назначения системы каждая из указанных составляющих может иметь большее или меньшее значение. Так, для системы одноразового действия главной является безотказность, а для системы длительной эксплуатации – безотказность и ремонтпригодность [4, с. 21].

При этом важным является возможность учёта деструктивных факторов, применяемых противником в отношении состояния образца вооружения и военной техники, поскольку возможно проведение умышленного воздействия, в том числе нестандартными методами на их наиболее уязвимые части и важные элементы [5].

Как уже отмечалось, воздействие может осуществляться как сразу после проникновения, так и по некоторой заданной программе [6, 7].

В дальнейшем всё это может привести к повреждению или уничтожению материальных объектов (типа зданий, транспортных средств, подвижных и неподвижных элементов инфраструктуры), нарушению функционирования логистических процессов, важных при выполнении поставленных задач.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в процессе эксплуатации вооружения и военной техники целесообразно определять и вести статистическую обработку данных по надёжности данной группы элементов с целью определения средней наработки на отказ и времени профилактической замены.

\*\*\*

1. Михайлов, В. В. Методики оценки эффективности системы ракетно-технического обеспечения войск ПВО армии / В. В. Михайлов, И. В. Гончаров, Ю. В. Савутов // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем. – 2016. – № 10. – С. 20-23. – EDN WYYUPT.
2. Мищенко, В. И., Дупенков, А. Ю. Модель процесса функционирования радиоэлектронных средств вооружения и военной техники на этапах эксплуатации и капитального ремонта. // I-methods/ 2017. Т. 9. № 4. С. 26-31.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615130 Российская Федерация. Методика оценки системы обеспечения качества образцов ракетно-артиллерийского вооружения в условиях дискретного производства: № 2016610406: заявл. 21.01.2016: опубл. 17.05.2016 / С. Г. Николаев, А. А. Вырвич, Д. П. Гасюк [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Михайловская военная артиллерийская академия" Министерства обороны Российской Федерации. – EDN ПНQIV.
4. Ковалёв В.В. Почему техника «ломается», или что такое забытое понятие «надёжность» // Компоненты и технологии. – 2008 г. – №4.
5. Юрген Альтман Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений. – М.: Техносфера, 2018. – 424 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683478 Российская Федерация. Программное средство обеспечения функционирования устройства защиты объектов информатизации от воздействия технических средств промышленного шпионажа: № 2023682437: заявл. 25.10.2023: опубл. 08.11.2023 / Р. А. Ольховик, Т. Б. Волков, И. Е. Молоков, В. В. Михайлов; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В.Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации. – EDN LVXJNQ.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686332 Российская Федерация. Программное средство обеспечения криптографической защиты каналов управления комплексами специальной техники: № 2023686001 : заявл. 28.11.2023: опубл. 05.12.2023 / И. В. Романенко, И. Е. Молоков, В. В. Романенко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации. – EDN ITRYDR



Мун С., Усуи С., Чертухин В.Ю.

## Применение микроволнового излучения в нефтегазовой отрасли

Дальневосточный федеральный университет  
(Россия, Владивосток)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-868

### Аннотация

Микроволновое излучение – одно из проявлений электромагнитных полей, являющееся перспективным для использования в различных отраслях жизни. Микроволновая энергия активно используется и в нефтегазовой отрасли. Оно играет важную роль в различных технологических процессах. В последнее время микроволновое излучение становится все более актуальным для нефтегазового сектора в связи с поиском новых путей добычи, подготовки и транспортировки углеводородов.

В статье рассматриваются основные аспекты применения микроволнового излучения в нефтегазовой отрасли, влияние микроволновой энергии на различные процессы, связанными с углеводородами.

**Ключевые слова:** микроволновая энергия, СВЧ-излучение, транспортировка углеводородов, подготовка нефти, реологические свойства, вязкость нефти

### Abstract

Microwave radiation is one of the manifestations of electromagnetic fields, which is promising for use in various sectors of life. Microwave energy is also actively used in the petroleum industry. It plays an important role in different technological processes, such as exploration, production, processing, and transportation of hydrocarbons. Recently, microwave radiation has become increasingly relevant for the petroleum sector due to the complication of oil and gas sales.

The article discusses the main aspects of the use of microwave radiation in the petroleum industry, the influence of microwave energy on various processes associated with hydrocarbons.

**Keywords:** microwave energy, SHF radiation, hydrocarbon transportation, oil treatment, rheological characteristics, oil viscosity.

### Основная часть

Микроволновое излучение наиболее распространено в изучении его влияния на углеводороды при транспортировке по трубопроводному транспорту. Если говорить точнее, то в этом плане рассматривается конкретно сверхвысокочастотное излучение (СВЧ), один из видов микроволнового. Существуют несколько исследований, описывающих реологические свойства нефти после обработки СВЧ-излучением. В работе [1] проводился ряд экспериментов по воздействию микроволновой энергии на тяжелую высоковязкую нефть. Были отобраны пробы нефти с Саратовского и Ярегского месторождений, установлены несколько мощностей СВЧ-излучения: 540 Вт для обеих нефтей и 800 Вт для нефти Ярегского месторождения. Кроме этого, пробы нефти после воздействия микроволновой энергии выдерживались в течение двух суток до достижения температуры 20 °С. В результате выяснилось, что значение вязкости после обработки ниже, чем при прямом нагреве, при этом после 48-часовой выдержки наблюдались пробы с незначительно уменьшенной и увеличенной вязкостью по сравнению с изначальной. То есть реологические свойства нефти в зависимости от сорта нефти могут как улучшиться, так и ухудшиться. В работе [2] обработкой СВЧ-излучением подверглась нефть, перекачиваемая по нефтепроводу «Уса-Ухта-Ярославль». Как и в прошлой работе, наблюдалось уменьшение вязкости нефти при увеличении продолжительности обработки микроволновой энергией. Сделан вывод о том, что СВЧ-излучение способно оптимизировать реологические свойства нефти, снижая начальное напряжение сдвига.

Микроволновое излучение является перспективным и в области подготовки водонефтяной эмульсии. В работе [3] водонефтяная эмульсия подвергается обработкой не

только СВЧ-излучением, но с высокочастотным (ВЧ), вследствие чего происходит обезвоживание исходного продукта. Объясняется это тем, что в ВЧ диапазоне происходит поляризация тяжелых компонентов нефти (асфальтены, смолы), в СВЧ диапазоне – поляризация молекул воды. Для эффективного влияния микроволновой энергии и лучшего разрушения эмульсии необходимо учитывать характеристику прилагаемого поля (точнее его частоту) и диэлектрические свойства компонентов (тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическая проницаемость). В работе проводились эксперименты по обработке образцов эмульсий ВЧ и СВЧ излучениями. В ходе исследования выяснилось, что механизм расслоения воды и нефти происходит по-разному в зависимости от диапазона излучения. ВЧ излучение непосредственно влияет на тяжелые компоненты, создающие бронирующие оболочки толщиной 50-100 нм. Они, в свою очередь, поглощают микроволновую энергию, прочность молекулярной связи между молекулами оболочки снижается. Однако СВЧ энергия при воздействии на эмульсию поглощается именно водной фазой. В глобулах воды интенсивно выделяется тепло, что заставляет глобулы разрываться. Кроме того, процесс разрыва глобул зависит от режима воздействия СВЧ излучения: в статическом режиме при неизменной скорости потока разрыв сопровождается распыскиванием более мелких глобул воды в нефтяную фазу, в результате появляется мелкодисперсная система. При динамическом режиме обработки наблюдается увеличение размера глобул воды и их слияние, при этом эффективность такого воздействия зависит от скорости потока. Сформулированы выводы о том, что для расслоения эмульсии ВЧ диапазон оптимально использовать при нахождении частоты воздействия ВЧ в области дисперсии диэлектрических параметров тяжелых компонентов, при отсутствии такой возможности эффективнее использовать СВЧ излучение. Кроме того, при выборе СВЧ диапазона необходимо подбирать параметры излучения в зависимости от толщины бронирующей оболочки вокруг глобул воды и скорости потока среды, иначе в эмульсии будет наблюдаться распыскивание мелких глобул воды.

Существуют исследования в области воздействия энергии микроволн на процесс добычи углеводородов. Исследование [4] базируется на численном моделировании нагрева нефтесодержащего пласта СВЧ-излучением. Генератор микроволновой энергии помещается в скважине напортив середины нефтеносного пласта (в качестве исходных данных использовались данные о свойствах высоковязкой нефти и горных пород Русского месторождения), при этом в ходе работы устанавливались следующие параметры источника СВЧ-излучения: мощность 10 кВт, частота 1 ГГц, время излучения 120 дней. В результате работы выяснилось, что воздействие микроволновой энергии на пласт характеризуется нагревом нефти, самого пласта и подстилающих пород. Рост температуры наблюдается вокруг источника излучения в области размером около 3 м. Вследствие роста температуры происходит уменьшение вязкости нефти, что увеличивает скорость фильтрации. Как итог, дебит скважины увеличился примерно в 3 раза, энергетическая ценность добытых углеводородов превышает потребленную генератором излучений почти в 40 раз, что говорит об эффективности технологии. В работе [5] рассматривается влияние СВЧ-излучения на горную породу. Воздействие микроволновой энергии приводит к снижению прочности или разрушению пород за счет их нагрева и других физико-химических и механических преобразований, таких как термомеханические напряжения, релаксация остаточных напряжений и т.д. При этом величина нагрева пород зависит от их диэлектрических характеристик; влияние СВЧ-излучения эффективно для пород с небольшим содержанием количества рудных минералов (около 10%). Однако рассматриваемое излучение с частотой 2,45 ГГц и напряженностью 1 МВ/м неоднозначно повлияет на реологические и химические свойства нефти, в том числе из-за испарения углеводородов. Кроме того, в работе рассматривается применение СВЧ-излучения в качестве метода оттаивания мерзлых грунтов. Приводятся исследования по использованию генераторных установок при рытье траншей и котлованов. В результате сделан вывод, что СВЧ-излучение менее эффективно при землеройных работах по сравнению со скоростными работами (проходка шурфов, забивка свай, экстренное вскрытие при авариях).

Экспериментальная часть

Цель экспериментального исследования – провести замеры зависимости скорости нагрева нефти от мощности генерации микроволнового излучения и компонентного состава сырья в микроволновой установке. В качестве сырья взяты мазут, а также смесь мазута и нефти ESPO в отношении 85% и 15% соответственно.

Для излучения выбраны следующие мощности: 350 Вт, 500 Вт, 650 Вт. Время воздействия на сырье – 1 минута. Для замера параметров плотности, вязкости, температуры использовались ареометр АОН-1, вискозиметр SV-10/SV-100 и жидкостный термометр ТТЖ 160/66 0-100 соответственно. После воздействия микроволновым излучением пробы отстаивались до комнатной температуры (20 °С).

Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Результаты экспериментов

Сырье	№ экс	Исходные параметры			Показатели после излучения				Показатели после отстаивания		
		$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\eta$ , Па·с	$t$ , °С	$P$ , Вт	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\eta$ , Па·с	$t$ , °С	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\eta$ , Па·с	$t$ , °С
Мазут	1	940	3,51	20	350	934	3,16	29	937	3,34	20
	2	940	3,5	20	500	932	2,92	32	937	3,22	20
	3	940	3,52	20	650	928	2,67	39	937	3,11	20
Смесь	4	910	2,41	20	350	903	1,84	32	908	2,37	20
	5	910	2,41	20	500	898	1,63	38	910	2,34	20
	6	910	2,41	20	650	896	1,5	42	908	2,32	20

По результатам эксперимента построены графики зависимости вязкости сырья от температуры при различных вариантах мощности микроволновой установки (рисунок 1, 2).

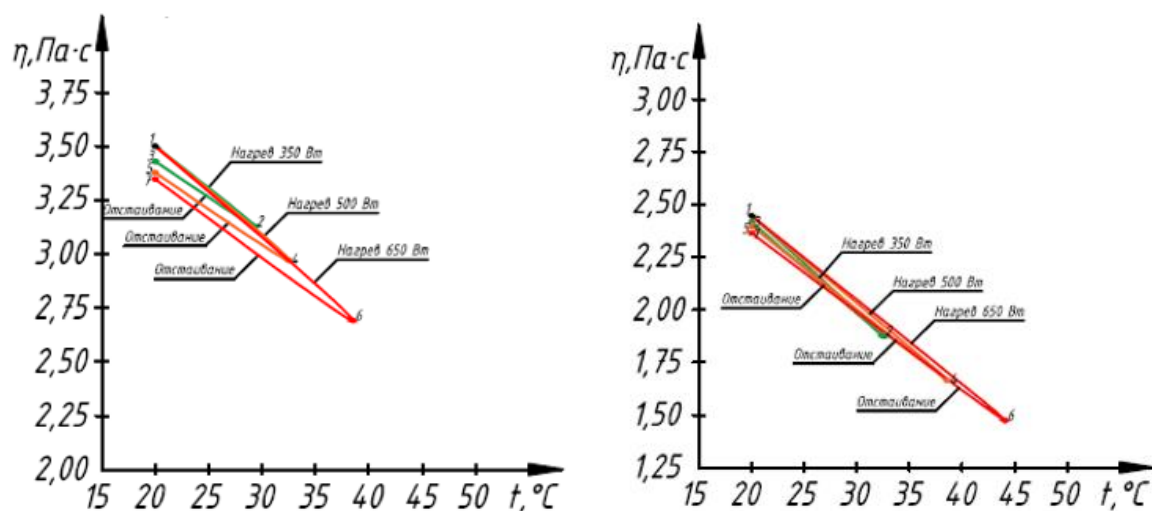


Рисунок 1. Микроволновый нагрев мазута

Микроволновый подогрев позволяет произвести объемный нагрев углеводородного сырья. В сравнении с тепловым подогревом нефти данный метод не допускает перегрева сырья и/или выпадение осадка (пригара).

В соответствии с результатами эксперимента, выявилось влияние компонентного состава сырья на скорость его подогрева. При содержании большого количества асфальтосмолистых веществ и парафинов скорость изменения температуры замедляется.

После отстаивания сырья замечено несоответствие вязкости и плотности с исходными значениями, особенно при нагреве мазута. Для объяснения данного эффекта можно предположить, что структурные изменения связаны не только с испарением легких фракций сырья при нагреве, но и с разрывом длинноцепочных углеводов [6].

#### Анализ перспективности применения СВЧ-излучения

Затрагивая процесс добычи нефти, можно сказать об ограниченности использования микроволнового излучения для увеличения дебита скважины. Применение СВЧ-излучения требует определенного промежутка времени, достигающего до 30 дней, для полного и эффективного воздействия на породу и нефть, тогда как гидроразрыв пласта (ГРП), являющийся наиболее используемым методом интенсификации работы скважины, позволяет повысить дебит за короткое время. Более того, область воздействия СВЧ-излучением достигает около 15 м, в то время как благодаря ГРП можно создать трещины длиной более 20 м. Однако существенным преимуществом СВЧ-излучения по сравнению с ГРП можно назвать полную экологичность технологии: при ГРП большую опасность представляют разного рода химические добавки, которые наносят большой ущерб среде своей токсичностью (к примеру, заражение грунтовых вод).

Эффективно использование микроволновой энергии в области подготовки высоковязких нефтей. СВЧ-обработка подготавливаемой нефти можно назвать заменой электродегидраторам. Технологии аналогичны тем, что они основаны на воздействии на диэлектрические свойства компонентов нефти, включая воду. Поэтому процессы, происходящие при подготовке нефти, одинаковы: энергия, прикладываемая к эмульсии, уничтожает бронирующие оболочки компонентов. В совокупности с деэмульгаторами, сепараторами и отстойниками данные методы позволяют получить товарную нефть с содержанием воды до 0,2%. Однако, по сравнению с электродегидраторами энергия СВЧ-излучения может применяться при динамическом движении потока нефтяной эмульсии. Вследствие чего, подготовку эмульсии можно организовать поточным и непрерывным процессом.

Перспективным направлением для использования СВЧ-излучения является транспортировка углеводородного сырья. Снижение вязкости углеводов происходит благодаря нагреву молекул. Микроволновая энергия имеет большую эффективность по сравнению с известными методами снижения вязкости нефти и нефтепродуктов. Кроме того, можно отметить, что установки СВЧ-излучения можно применять повсеместно, включая объекты, находящиеся в районах вечной мерзлоты.

#### Обсуждения и результаты

В статье представлены основные направления использования СВЧ-излучения в нефтегазовой отрасли. В работе описана роль микроволновой энергии при добыче, подготовке и транспортировке нефти, подчеркивается перспективность использования СВЧ-излучения в нефтегазовой отрасли.

Преимуществами микроволновой энергии можно назвать энергоэффективность, а также широкий спектр настраиваемых параметров (мощность, частота, время воздействия). Однако эффективное применение микроволнового излучения ограничивается неоднозначным воздействием на реологические свойства нефти, так как после некоторого промежутка времени вязкостные свойства нефти могут как вернуться к прежним значениям, так и ухудшиться вовсе, что может осложнять гидравлические расчеты. Вследствие чего сделан вывод о том, что более выгодно СВЧ-излучение использовать именно в транспортировке нефти, особенно в транспортировке высоковязкого сырья.

#### Вывод

Таким образом, можно выделить перспективность использования СВЧ-излучения в транспортировке углеводородного сырья. Воздействие микроволнового излучения имеет несколько явных преимуществ, а именно:

- равномерность прогрева среды;
- сокращение времени нагрева;
- высокая энергоэффективность;

- экологическая безопасность;
- возможность регулирования множества параметров;
- селективный нагрев.

СВЧ-излучение может использоваться в качестве основного метода снижения вязкости углеводородов на объектах нефтегазовой отрасли, в том числе в ПАО «Транснефть».

\*\*\*

1. Леонтьев А.Ю., Полетаева О.Ю., Бабаев Э.Р., Мамедова П.Ш. Применение СВЧ-воздействия на высоковязкую тяжелую нефть // НефтеГазоХимия. 2019. №2. С.13–17.
2. Деркач М.И. Повышение эффективности транспорта высоковязких нефтей за счет влияния СВЧ излучения на их реологические свойства // Инженерная практика. - 2015. - №10
3. Ковалева Л.А., Зиннатуллин Р.Р., Мусин А.А., Фатхуллина Ю.И. Применение ВЧ и СВЧ электромагнитных полей при подготовке нефти и переработке нефтяных шламов // Георесурсы, геознергетика, геополитика. – 2012. – С. 1–12.
4. Сысоев С.М., Алексеев М.М. Численное моделирование нагрева нефтесодержащего пласта сверхвысокочастотным электромагнитным излучением // Вестник кибернетики. – 2019. – №4 (36). – С. 6–16.
5. Рахманкулов Д.Л., Шавшукова С.Ю., Вихарева И.Н., Чанышев Р.Р. Опыт применения энергии микроволн в горном деле // Башкирский химический журнал. – 2008. – №2. – С. 114–118.
6. Горячих, Д.В., Каюкова, Г.П., Нигмедзянова, Л.З. Влияние микроволнового нагрева на выход и состав природного битума из месчаников Шугуровского месторождения // Мат. Межд. науч.-практ. конф. «Повышение нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений и комплексов освоения высоковязких нефтей и природных битумов» – Казань. – 2007. – С.178-183.

**Плотников В.В., Ахметзянова Э.А.**

**Волоконно-оптические технологии в подстанциях различного вида**

*Казанский Государственный Энергетический Университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-869

#### **Аннотация.**

Волоконно-оптическая технология стала важной составляющей в сетях связи и передачи данных, и ее применение непрерывно расширяется на различные виды подстанций. Однако, в связи с этим появляются новые вызовы и возможности для оптимизации эффективности энергосистем. Данная работа направлена на анализ применения волоконно-оптических технологий в подстанциях различного вида, исследование особенностей и проблем, с которыми сталкиваются проектировщики и эксплуатанты таких устройств.

**Ключевые слова:** датчики, волоконно-оптические технологии, подстанции, энергетические системы, телекоммуникации.

#### **Abstract**

Fiber optic technology has become an important component in communication and data networks, and its application is continuously expanding into various types of substations. However, this creates new challenges and opportunities for optimizing the efficiency of power systems. This work is aimed at analyzing the use of fiber-optic technologies in various types of substations, studying the features and problems faced by designers and operators of such devices.

**Keywords:** sensors, fiber optic technologies, substations, energy systems, telecommunications.

Энергетические системы сталкиваются с постоянным ростом требований к надежности, эффективности, и возможности быстрой реакции на изменения в работе и аварийных ситуациях. В данном контексте волоконно-оптические технологии становятся все более важным инструментом для обеспечения непрерывности работы энергетических систем и эффективности их управления. Специалисты в области энергетики и телекоммуникаций заинтересованы в поиске инновационных решений, применение которых позволит оптимизировать процессы мониторинга, управления, и обеспечения безопасности в

подстанциях [1]. По данной причине проблема применения оптических технологий в контексте энергетических систем и подстанций приобретает особую актуальность.

Волоконно-оптические технологии представляют собой специальные методы и процессы, связанные с передачей, усилением, и обработкой оптических сигналов с использованием волоконно-оптических кабелей. Данные технологии основаны на принципах световодной передачи данных, где информация передается в виде световых сигналов через волоконно-оптический кабель. Они нашли широкое применение в телекоммуникационных системах, сетях передачи данных, медицинском оборудовании, научных и промышленных приборах, энергетических системах, и других областях [2]. Волоконно-оптические технологии являются неотъемлемой частью современных подстанций, обеспечивая передачу данных и связь, а также обладая рядом основных характеристик, делающих их предпочтительным выбором для применения в энергетических системах. Широкое распространение в энергетике получили следующие волоконно-оптические технологии: волоконно-оптические кабели (ВОК), оптические датчики (ОД), оптические системы мониторинга (ОСМ) и оптические системы.

Волоконно-оптические кабели – это кабели, используемые для передачи оптических сигналов в виде света по волокнам из стекла или пластика. Они играют важную роль в современных телекоммуникационных системах и сетях передачи данных. Основные особенности волоконно-оптических кабелей включают высокую скорость и объем передачи данных, малые потери сигнала и невосприимчивость к электромагнитным помехам. Конструкция оптоволоконного кабеля представлена на рисунке 1.

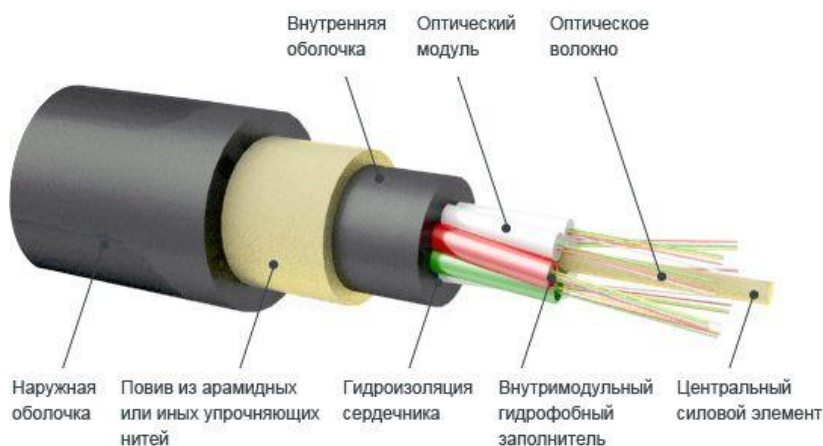


Рисунок 1. Конструкция оптоволоконного кабеля.

Волоконно-оптические кабели имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными медными кабелями, такие как более высокая пропускная способность, меньшие размеры и вес, а также более высокая степень защиты от электромагнитных воздействий. Оптоволоконные кабели используются в различных типах подстанций, включая трансформаторные подстанции, распределительные подстанции, генерирующие подстанции и другие объекты энергетической инфраструктуры. Они используются для обеспечения связи, передачи данных, мониторинга, и управления в электроэнергетических системах. Благодаря своим техническим характеристикам, таким как высокая скорость передачи данных, устойчивость к электромагнитным помехам и компактность, оптоволоконные кабели являются важным элементом в сетевой инфраструктуре подстанций.

Оптоволоконные датчики – это устройства, использующие оптоволокно для измерения различных физических параметров, таких как температура, давление, деформация и вибрация. Принцип работы оптоволоконных датчиков основан на измерении изменений светового сигнала, проходящего через оптоволокно, что позволяет получать информацию о воздействии на датчик различных внешних факторов [3]. Такие датчики могут работать по различным принципам, включая точечные и распределенные принципы. Точечные оптоволоконные

датчики используют селективирующие зеркала и широкополосные источники света для измерения различных параметров, в то время как распределенные датчики используются, например, для контроля уровня температуры путем анализа рассеивания лазерных импульсов в оптоволокне. Оптоволоконные датчики могут использоваться в различных типах подстанций, включая цифровые подстанции, электроэнергетические объекты, подстанции для передачи и распределения электроэнергии, а также в подстанциях для контроля технического состояния оборудования. Благодаря возможности отслеживания различных параметров, таких как температуры, вибрация, деформация и другие физические величины, оптоволоконные датчики имеют большой диапазон применения в различных подстанциях.

Оптические системы мониторинга представляют собой комплексные системы, использующие свет для передачи данных, контроля различных параметров или измерения величин. Они обладают широким спектром применения и преимуществ, их принцип действия основан на взаимодействии света с оптическими компонентами. ОСМ включает в себя множество компонентов, таких как оптоволоконные кабели, волоконно-оптические датчики, различные измерительные приборы, оптические переключатели и коммутаторы, системы управления и анализа и т.д. Оптические системы мониторинга широко применяются в различных типах подстанций для обеспечения контроля и безопасности. Так, в электроэнергетических подстанциях ОСМ применяются в целях контроля технических параметров, что в свою очередь позволяет поддерживать работоспособность и надежность систем электроснабжения. В трансформаторных подстанциях ОСМ используются за мониторингом утечек, температуры и других факторов, которые могут стать причиной аварийной ситуации [4]. Оптические системы мониторинга играют важную роль в обеспечении безопасности, контроля и управления коммуникационных подстанций.

Оптические системы мониторинга и датчики имеют сходные функции, но отличаются в ряде аспектов:

- Системность. ОСМ зачастую являются комплексными сетями или системами, объединяющие несколько устройств и компонентов для непрерывного контроля и анализа данных, в то время как ОД являются автономными устройствами, работающими самостоятельно или в рамках более крупных систем мониторинга.
- Назначение. ОСМ преимущественно предназначены для непрерывного или периодического контроля, наблюдения и анализа широкого спектра параметров или процессов в реальном времени с использованием световых сигналов и оптических компонентов, а ОД разработаны для измерения конкретных физических величин, таких как температура, давление, освещенность и другие, с целью обнаружения и реагирования на изменения в окружающей среде.
- Сложность и объём данных. ОСМ предназначены с работой большого объема данных и требуют сложных алгоритмов обработки информации для анализа и вывода мониторинга, ОД же работают на принципе сигнал-реакция, где каждый датчик представляет конкретную информацию для принятия решений.

Несмотря на универсальность и удобность волоконно-оптических технологий, стоит отметить и существующие недостатки. Первым из существующих недостатков можно назвать высокую стоимость, которая обусловлена использованием специализированных материалов, таких как стекло для волокон и оптические компоненты, которые обладают высокой пропускной способностью и прочностью. Кроме того, процесс изготовления и установки волоконно-оптических кабелей требует высокотехнологичного оборудования и специализированных навыков, что также увеличивает общую стоимость. Владение и обслуживание волоконно-оптических сетей требует дорогостоящего специализированного оборудования, а также высококвалифицированных специалистов, что увеличивает операционные расходы. Эти факторы в совокупности определяют значительные затраты на

внедрение и эксплуатацию волоконно-оптических технологий. Вторым недостатком волоконно-оптических технологий является сложность в производстве и установке. Дело в том, что данные процессы требуют высокотехнологичного оборудования и специализированных навыков, что влечет за собой значительные затраты. Процесс изготовления оптических волокон подразумевает использование дифференциальной структуры плавления, волокнистых тяжей, и процессов стяжки, а для специализированных операций установки техника должна обладать высоким уровнем квалификации [5]. Кроме того, использование специальных материалов, таких как стекло для волокон, увеличивает затраты на производство и установку волоконно-оптических систем. Эти факторы делают процесс производства и установки волоконно-оптических технологий трудоемким и финансово затратным.

Таким образом, волоконно-оптические технологии являются эффективным инструментом оптимизации процессов в различных коммуникационных и электроэнергетических подстанциях в виду своих свойств. Среди наиболее используемых волоконно-оптических технологий можно выделить оптоволоконные кабели, волоконно-оптические датчики и оптоволоконные системы мониторинга. Данные технологии могут обеспечить различные подстанции такими преимуществами как: высокая пропускная способность, низкая задержка и потеря сигнала, высокая помехозащищенность, надежность и безопасность. Несмотря на все преимущества волоконно-оптической технологии, существуют недостатки в виде высокой стоимости внедрения, обслуживания, а также низкий уровень радиационной защиты.

\*\*\*

1. Аль, Д. А. М. Ф. Создание интегрированной системы для мониторинга технического состояния высококачественных вертолетных блоков на основе волоконно-оптической технологии / Д. А. М. Ф. Аль, Е. В. Маркова, Т. В. Денисова // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 1.
2. Локтев, Д. А. Развитие волоконно-оптических технологий для определения деформаций объектов искусственных сооружений в железнодорожной отрасли / Д. А. Локтев, К. А. Изотов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2023. – № 2. – С. 56-64.
3. Федотов, М. Ю. Развитие технологии оптического контроля конструкций из ПКМ волоконно-оптическими датчиками: специальность 05.11.13 "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Федотов Михаил Юрьевич. – Москва, 2019. – 24 с.
4. Совершенствования телекоммуникаций в гидросфере на базе волоконно-оптических технологий / В. Л. Мартынов, В. И. Дорошенко, Н. М. Божук [и др.] // Информатизация и связь. – 2022. – № 1. – С. 61-67.
5. Волоконно-оптические технологии мониторинга трансформаторов / В. Ю. Колесников, В. А. Куликов, Е. В. Куликова [и др.] // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014; Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014 : Материалы Международных научно-технических конференций, Казань, 18–21 ноября 2014 года. Том 3. – Казань: Издательство Казанского государственного технического университета, 2014. – С. 295-297.

**Плохута К.Д.**

### **Особенности количественной оценки рисков в информационной безопасности**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени  
В. И. Ульянова (Ленина)  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-870

#### **Аннотация**

В данной статье рассматривается количественная оценка рисков как инструмент для повышения качества выбора защитных мер для информационных систем. В работе описаны основные проблемы, с которыми можно столкнуться в процессе формирования количественной оценки рисков, включая недостаток данных, высокую степень неопределенности, значительные затраты. Предложены возможные решения этих проблем, такие как использование комбинированных методов прогнозирования, автоматизированных инструментов,



стандартизированных подходов, систем метрик и показателей, а также обучение и повышение квалификации сотрудников. Внедрение этих мер поможет организациям создать надежную систему и обеспечить высокий уровень информационной безопасности.

**Ключевые слова:** риски, информационная безопасность, управление рисками, количественная оценка рисков, защитные меры, недостаток данных, методы прогнозирования.

### Abstract

This article discusses quantitative risk assessment as a tool for improving the quality of selection of protective measures for information systems. The paper describes the main problems that can be encountered in the process of developing a quantitative risk assessment, including lack of data, high degree of uncertainty, and significant costs. Possible solutions to these problems are proposed, such as the use of combined forecasting methods, automated tools, standardized approaches, systems of metrics and indicators, as well as training and development of employees. The implementation of these measures will help organizations create a reliable system and ensure a high level of information security.

**Keywords:** risks, information security, risk management, quantitative risk assessment, protective measures, lack of data, forecasting methods.

Количественная оценка рисков представляет собой важный инструмент для повышения качества выбора защитных мер для информационных систем (ИС). Однако, несмотря на ее важность, процесс количественной оценки рисков сталкивается с рядом значительных проблем. В данной статье рассмотрены основные проблемы количественной оценки рисков и предложены возможные способы их решения.

Одной из главных проблем количественной оценки рисков является недостаток данных. Для точного анализа требуется большое количество статистических данных о предыдущих инцидентах, уязвимостях и угрозах. В реальности доступ к такой информации часто ограничен или отсутствует вовсе, особенно в небольших организациях или в новых областях деятельности.

Для решения этой проблемы рекомендуется использовать методы сбора и анализа данных, такие как установление сотрудничества с отраслевыми ассоциациями, участие в информационных обменах и использование открытых источников данных. Важным инструментом также является проведение регулярных аудитов и оценок безопасности, что позволяет собирать данные внутри организации. Участие в профессиональных сообществах и форумах может также предоставить доступ к ценным данным и инсайтам от коллег по отрасли. Организациям рекомендуется вступать в профессиональные ассоциации и участвовать в их мероприятиях и форумах.

Предсказание вероятности возникновения угроз и их последствий является сложной задачей из-за высокой степени неопределенности и динамичности информационной среды. Методы прогнозирования, такие как экспертные оценки и статистические модели, часто имеют значительные погрешности.

Для уменьшения неопределенности рекомендуется использовать комбинированные методы прогнозирования, объединяющие экспертные оценки и математические модели. Модели Монте-Карло и байесовские сети могут быть полезны для моделирования сложных сценариев и вероятностей.

Модели Монте-Карло представляют собой метод статистического моделирования, который используется для прогнозирования вероятности различных исходов в условиях неопределенности, позволяя учитывать множество факторов и вариаций, создавая более реалистичные прогнозы. Байесовские сети являются мощным инструментом и позволяют учитывать как количественные, так и качественные данные, что делает их полезными для анализа сложных систем с высоким уровнем неопределенности [1].

Процесс количественной оценки рисков может быть сложным и затратным, требующим значительных ресурсов и времени. Включение специалистов из различных областей

(информационная безопасность, экономика, правовые аспекты и т. д.) может усложнить координацию и повысить затраты. Для уменьшения затрат и упрощения процесса рекомендуется использовать автоматизированные инструменты и программное обеспечение для оценки рисков. Инструменты, такие как RiskWatch, CRAMM или специализированное ПО от Microsoft, могут значительно облегчить процесс оценки и снизить затраты. Использование облачных решений для хранения и обработки данных также может снизить затраты на инфраструктуру и увеличить гибкость системы [2].

Существует множество специализированных инструментов, разработанных для автоматизации процессов управления рисками. Эти инструменты могут включать функции для автоматического сбора данных, анализа уязвимостей и генерации отчетов, что значительно снижает трудозатраты и повышает точность оценок.

Облачные решения предоставляют возможность гибкого и масштабируемого управления данными и моделями рисков. Они позволяют хранить большие объемы данных и обеспечивают доступ к мощным вычислительным ресурсам.

Даже при наличии данных и моделей, количественная оценка рисков часто включает элементы субъективности, связанные с экспертными оценками и интерпретацией данных. Это может приводить к неточностям и искажениям в результатах. Для минимизации субъективности рекомендуется использовать стандартизированные методы и подходы к оценке рисков, такие как те, которые описаны в ISO/IEC 27005: 2022 и NIST SP 800–30 Rev. 1. Проведение независимых аудитов и привлечение внешних экспертов для валидации оценок также может повысить объективность и надёжность результатов. Введение процедур внутреннего контроля и систематического подхода к валидации данных может также помочь в снижении субъективности оценок.

ISO/IEC 27005: 2022 и NIST SP 800–30 Rev. 1 предлагают детализированные методики и руководства для проведения оценки рисков, что помогает обеспечить последовательность и объективность в процессах оценки. Использование этих стандартов также способствует лучшему пониманию и документированию процессов.

Одним из ключевых аспектов успешной реализации предложенных решений является обучение и повышение квалификации сотрудников, занимающихся оценкой рисков. Постоянное развитие навыков и знаний в области информационной безопасности, а также знакомство с новыми методиками и инструментами позволяют специалистам более эффективно выполнять свои задачи и минимизировать субъективность оценок. Внедрение программ непрерывного обучения и сертификации может значительно повысить компетентность персонала и качество оценки рисков.

Для улучшения процесса количественной оценки рисков важно также внедрять системы метрик и показателей, которые позволяют объективно измерять эффективность применяемых методов и инструментов. Такие метрики могут включать частоту и степень серьёзности инцидентов, время реакции на угрозы, уровень потерь от реализованных рисков и другие показатели. Анализ и мониторинг этих метрик помогают выявить слабые места в системе управления рисками и своевременно принимать корректирующие меры.

Разработка эффективных метрик требует тщательного анализа и понимания ключевых аспектов управления рисками. Организациям следует определять метрики, которые наиболее точно отражают их уникальные потребности и цели в области информационной безопасности. Регулярный мониторинг и анализ метрик позволяет организациям отслеживать динамику рисков и эффективность применяемых мер. Введение систем автоматизированного мониторинга помогает сократить время реакции на изменения и быстро адаптировать стратегии управления рисками.

Одним из перспективных направлений является разработка и внедрение адаптивных систем управления рисками, которые способны динамически реагировать на изменения в информационной среде и обновлять свои модели и прогнозы в реальном времени. Такие системы могут использовать алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для

анализа больших объёмов данных и выявления скрытых закономерностей, что позволяет более точно предсказывать угрозы и их последствия [3].

Количественная оценка рисков является важным элементом управления информационной безопасностью, однако она сталкивается с рядом значительных проблем. Недостаток данных, высокая степень неопределённости, сложность и затраты, а также субъективность оценок могут существенно осложнить процесс оценки. В данной статье предложены возможные решения этих проблем, включающие использование комбинированных методов прогнозирования, автоматизированных инструментов, стандартизированных подходов, систем метрик и показателей, а также обучение и повышение квалификации сотрудников. Внедрение этих мер поможет организациям создать более надёжную систему управления рисками и обеспечить высокий уровень информационной безопасности.

\*\*\*

1. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Учебное пособие для вузов. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 323 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-11518-5.
2. Баранова Е.К., Бабаш А.В. Сравнительный анализ программного инструментария для анализа и оценки рисков информационной безопасности. Москва: Издательство ВШЭ, 2014. 220 с.
3. Иванов И.В. Облачные технологии в управлении рисками. Москва: Издательство информационных технологий, 2024. 280 с.

**Рудик Е.Д.**

### **Информационные системы для цифровой трансформации дистрибьюторской компании**

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет  
(Россия, Санкт-Петербург)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-871*

#### **Аннотация**

В статье рассматривается роль информационных систем в современном бизнесе, подробно анализируется значение и функции различных классов информационных систем, таких как транзакционные системы, системы поддержки принятия решений, CRM-системы, ERP-системы и BI-системы. В статье обсуждаются критерии выбора и использование информационных систем для цифровой трансформации бизнеса.

**Ключевые слова:** информационные системы, бизнес-процессы, автоматизация процессов, управление бизнесом, дистрибьюторская компания.

#### **Abstract**

The article examines the role of information systems in modern business, analyzing in detail the importance and functions of various classes of information systems, such as transactional systems, decision support systems, CRM systems, ERP systems and BI systems. The article discusses selection criteria and the use of information systems for digital business transformation.

**Keywords:** information systems, business processes, process automation, business management, distribution company.

При создании информационных систем бизнес-процессы компании всегда являются первичными. Информационные системы автоматизируют процессы, происходящие в бизнесе.

Операционная деятельность компании – это основная бизнес-активность, связанная с выполнением основных задач и операций, необходимых для ее функционирования и достижения целей, направленная на создание продукции или услуг для конечного потребителя. Операционная деятельность включает в себя производство товаров, предоставление услуг, закупки, продажи, управление запасами, выполнение рабочих процессов и т.д.

В противовес «операционной» существует «неоперационная» деятельность, включающая в себя разнообразные финансовые, инвестиционные и бизнес-решения, которые не относятся непосредственно к основному виду деятельности.

Важно отметить, что в зависимости от рода деятельности компании, содержание операционной и неоперационной деятельности может изменяться. Например, управление финансами для банка является операционной деятельностью, но неоперационной для завода. Так же, необходимо отметить, что операционная деятельность не существует в отрыве от неоперационной.

А нужна ли компаниям ИТ инфраструктура? Тысячи лет человечество существовало без информационных систем. Рыбный рынок в Венеции существует более 700 лет, и он работает без перерыва, он не закрывался даже во время Второй Мировой войны. Почему же мы сейчас говорим о том, что компаниям нужны какие-то системы для того, чтобы они могли работать? Здесь речь идет о количестве и качестве обрабатываемой информации и о тех задачах, которые компания и хочет решить, и может решить, используя современные технологии.

Существуют примеры, когда технологии создавали целые отрасли. Один из ярких примеров — это розничная торговля. Точнее говоря, модель сетевой розничной торговли в том или ином виде, существует уже достаточно давно, сетевые магазины появлялись уже в начале прошлого века. Сетевая торговая компания обрабатывает гигантское количество информации о продажах товаров и на основании этого формирует предложение по закупкам. Вести вручную ценообразование при таком объеме товаров практически невозможно. На этих примерах можно увидеть, как задача массовой обработки большого объема данных решается при помощи информационных технологий, без которых такой объем информации обработать очень сложно, долго или очень дорого.

Другой пример — вновь появившиеся информационные системы решали задачу вычисления количества материалов для закупки на производственных предприятиях. Это одна из первых бизнес-задач, которая была решена при помощи компьютера. Так появился стандарт MRP (Material Requirements Planning) и его расширение MRP-II (Manufacturing Resource Planning). Компьютеры рассчитывали количество материалов, которые нужно купить для производства, например, автомобиля. Понятно, что и в этом случае речь идет о большом количестве информации, которую нужно обработать и пересчитать. В дальнейшем стандарты MRP послужили основой для создания систем класса ERP (Enterprise Resource Planning). ERP-система — это комплексное программное решение, предназначенное для автоматизации и оптимизации основных бизнес-процессов в компании. Она интегрирует различные функциональные области, такие как производство, продажи, закупки, финансы, учет запасов, управление персоналом и многие другие, в единую информационную систему.

Каким же образом специфика работы компании может влиять на выбор архитектуры того или иного ИТ решения? Ответ на этот вопрос кроется в самой постановке задачи. Если рассмотреть розничную торговлю, то приоритетом для автоматизации становится работа с большим количеством ассортимента, большими объемами пересылаемых данных от кассы в центральный офис и обратно. Торговля в интернете — это прежде всего веб-страницы, личные кабинеты, поиск на сайте, маркетинговые предложения. В производственной компании упор делается на расчёт закупки сырья и материалов, управление временем поставки расчёт себестоимости готовой продукции.

Специфика операционной деятельности компании-дистрибьютора

Операционная деятельность компании-дистрибутора имеет свои уникальные особенности, связанные с её ролью в цепи поставок и взаимодействием с производителями и конечными потребителями.

Специфика операционной деятельности компании-дистрибутора зависит от её специализации, отрасли, типа товаров и рыночных условий. Однако общие черты включают: управление запасами, логистикой, продажами и маркетингом, при этом сосредотачиваясь на эффективной доставке товаров от производителя к конечным потребителям.

1. Закупка и хранение товаров. Закупка товаров у производителей, и хранение в складских помещениях. Это позволяет удерживать товары в наличии для быстрой поставки клиентам, минимизируя задержки.
2. Логистика и поставки. Организация логистики и доставки товаров от производителей к клиентам. Это включает в себя выбор оптимальных маршрутов, управление складами и решение вопросов, связанных с упаковкой и транспортировкой товаров.
3. Складские операции. Хранение товаров на своих складах. Слишком большие запасы могут привести к издержкам хранения, а слишком маленькие – к недостатку товаров для клиентов. Применение методов управления запасами помогает дистрибуторам балансировать этот процесс.
4. Управление качеством. Дистрибуторы часто выполняют функции по контролю качества товаров, особенно если они имеют дело с продуктами, требующими специфических условий хранения или обработки.
5. Маркетинг и продвижение. Предоставление информации о продукции клиентам, организация рекламных.
6. Финансовые операции. Управление финансовыми аспектами своей деятельности, включая оплату производителям, взаиморасчеты с клиентами, ведение бухгалтерии и финансовую отчетность.
7. Каналы продаж. Компании-дистрибуторы могут использовать различные каналы продаж для достижения клиентов. Это могут быть оптовые и розничные продажи, продажи через интернет, почтовая доставка и другие каналы в зависимости от характеристик товаров и потребностей рынка.

Один из самых ключевых моментов, определяющих компанию-дистрибутора, - это то каким образом организованы каналы продаж и какие каналы продаж используются. Каналы продаж — это различные пути и методы, которые компании используют для распространения своих товаров или услуг и доставки их до конечных потребителей. Компании часто комбинируют несколько каналов продаж, чтобы достичь максимальной доступности для клиентов и эффективно удовлетворить разнообразные потребности рынка. Выбор подходящих каналов продаж играет важную роль в стратегии маркетинга и распределения продукции. Например, некоторые из типичных каналов продаж включают следующие.

1. Прямые продажи: компания продает свои товары или услуги напрямую потребителям, минуя посредников. Это может осуществляться через фирменные магазины, собственные веб-сайты, выставки и мероприятия.
2. Продажи через розничные магазины: продукция размещается на полках розничных магазинов, где покупатели могут прямо купить ее.
3. Продажи через дистрибуторы: продукция поставляется оптовым или розничным дистрибуторам, которые занимаются ее дальнейшим распределением.
4. Продажи через партнеров: компании могут сотрудничать с другими организациями или индивидуалами для продажи своих товаров или услуг.
5. Электронная коммерция (онлайн-продажи): продажи через интернет-платформы и веб-сайты, где покупатели могут выбирать и покупать товары или услуги онлайн.
6. Продажи через агентов: агенты или посредники могут продвигать и продавать товары или услуги от имени компании.
7. Продажи по телефону или через почту: продажи могут осуществляться путем звонков по телефону, отправки рекламных материалов по почте и других подобных методов.

Классы и назначение информационных систем в бизнесе

В бизнесе существует несколько классов информационных систем, каждый из которых выполняет определенные функции и обеспечивает определенный уровень поддержки бизнес-процессов. Основные классы информационных систем в бизнесе включают следующие.

1. ERP-системы (Enterprise Resource Planning) – это комплексные программные пакеты, которые охватывают все основные функции предприятия: управление производством, продажами, финансами, кадрами и т.д. ERP-системы помогают автоматизировать и интегрировать все бизнес-процессы и обеспечивают централизованное управление всеми ресурсами компании.
2. CRM-системы (Customer Relationship Management) – это информационные системы, которые помогают управлять отношениями с клиентами. CRM-системы позволяют собирать, анализировать и хранить информацию о клиентах, автоматизировать процессы продаж, маркетинга и обслуживания клиентов, а также улучшить взаимодействие с ними.
3. BI-системы (Business Intelligence) – это информационные системы, которые помогают принимать решения на основе анализа данных. BI-системы собирают, обрабатывают и анализируют информацию о бизнес-процессах, клиентах и конкурентах, предоставляя руководителям и специалистам ценные инсайты для принятия стратегических решений.
4. SCM-системы (Supply Chain Management) – это информационные системы, которые управляют цепями поставок. SCM-системы помогают оптимизировать логистику, управлять запасами, контролировать производственные и поставочные процессы, улучшая эффективность всей цепи поставок.

Можно выделить следующие назначения информационных систем в бизнесе.

1. Улучшение производительности: автоматизация рутинных операций, ускорение процессов, повышение эффективности труда.
2. Улучшение управления: предоставление данных для принятия решений, обеспечение контроля и мониторинга бизнес-процессов.
3. Улучшение обслуживания клиентов: системы CRM помогают лучше понять и обслуживать клиентов, улучшая их опыт.
4. Оптимизация ресурсов: ERP-системы интегрируют все аспекты бизнеса, что позволяет эффективнее использовать ресурсы.
5. Аналитика и прогнозирование: BI-системы делают анализ данных более доступным, что помогает в понимании бизнес-тенденций и прогнозировании.
6. Улучшение конкурентоспособности: информационные системы помогают компаниям быть адаптивными, реагировать на изменения рынка.

Совершенствование ИТ-инфраструктуры компании-дистрибьютора ООО «Вилмакс-Рус»

ООО «Вилмакс-Рус», компания оптовой торговли, активно внедряет информационные системы для оптимизации своей деятельности и улучшения взаимодействия с клиентами. Путем интеграции современных решений управления предприятием и аналитических инструментов, компания добивается эффективного контроля над бизнес-процессами, быстрого принятия стратегических решений и улучшения качества обслуживания.

ООО «Вилмакс-Рус» специализируется на оптовых поставках посуды для сервировки от бренда Wilmax England. Компания занимается также поставками продукции в магазины, оснащением ресторанов и отелей посудой из различных материалов. Работа и взаимодействие с данными важны для эффективного управления запасами, продажами и финансами.

Компания работает в отдельных конфигурациях 1С таких как «1С: Бухгалтерия Предприятия» и «1С: Управление Торговлей». С одной стороны это облегчает бухгалтерский и торговый учет, с другой стороны возникают различные трудности.

Возникают следующие проблемы:

- Тратится много времени на составление квартальной отчетности.

- Возникают ошибки при синхронизации «1С:Управление Торговлей» с «1С:Бухгалтерия Предприятия», связанные с задвоением карточек товаров и отнесением операций на некорректные счета бухгалтерского учета.
- В «1С:Бухгалтерии Предприятия» бухгалтер не имеет доступа к оперативной информации, так как данные не обновляются ежедневно.

Это происходит из-за того, что в программе «1С:Бухгалтерия Предприятия» ведется только учет зарплаты и налогов, в то время как торговая деятельность фиксируется в программе «1С:У:Управление Торговлей» и только потом импортируется в «1С:Бухгалтерия Предприятия». В следствии этого невозможно спрогнозировать денежный поток и прибыль.

Поэтому у компании возникла потребность совместить информацию, получаемую из различных служб, чтобы более оперативно получать отчетность и исправлять ошибки. Для этого компания решила внедрить единую информационную систему «1С:Комплексная Автоматизация». Это решение было принято в связи с тем, что данная программа предлагает широкий спектр инструментов для управления бизнес-процессами, учета и анализа данных, а также обладает простым интерфейсом и возможностью интеграции с другими информационными системами.

Цель внедрения «1С:Комплексная Автоматизация» заключается в объединении всех функций и данных организации в единую систему. Функционал системы включает управление ресурсами, финансами, персоналом, процессами и отчетностью, обеспечивая целостность информации и повышая эффективность бизнес-процессов.

Внедрение единой информационной системы требует комплексного подхода, начиная от выбора методологии и описания системы, до анализа ресурсов, сроков, стоимости и рисков. Грамотное управление проектом, внимание к деталям и гибкость в реагировании на изменения позволят успешно завершить процесс внедрения системы.

#### Заключение

Информационные системы играют решающую роль в современном бизнесе, обеспечивая эффективное управление, принятие обоснованных решений и поддержку операций компании. Корректный выбор и использование информационных систем становятся ключом к успеху и конкурентоспособности предприятия.

\*\*\*

1. Иванова С.В. 1С:Академия ERP. Управление человеческими ресурсами. - Москва :1С-Паблишинг, 2018 - 335 с. - ISBN 978-5-9677-2726-9. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/378228/reading>
2. Информационные системы и цифровые технологии. Макаручук Т.А., Барабанова М.И., Газуль С.М., Глушкова Р.В., Демченко С.А., Трофимова Е.В. Учебное пособие-практикум в 2-х частях. Санкт-Петербург, 2021.

**Сабанова Э.В.**

### **Эффективность использования метода Рунге-Кутты-Фельберга для решения задач динамики оболочечных конструкций**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-872

#### **Аннотация**

Рассматриваются пологие оболочки двойкой кривизны. Внешняя поперечная нагрузка, действующая на конструкцию, распределена равномерно и имеет линейную зависимость от времени. Рассмотрен геометрически нелинейный вариант модели, учитывающий поперечные сдвиги. Модель представлена как функционал полной энергии деформации оболочки. Алгоритм исследования математической модели основан на методе Л.В. Канторовича и численном методе Рунге-Кутты-Фельберга 4-5 порядка. Предложенный алгоритм был

реализован в аналитической вычислительной среде Maple 2017. Показана применимость рассмотренного метода для данного класса задач.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, пологие оболочки двоякой кривизны, метод Рунге-Кутты-Фельберга.

### Abstract

Shallow shells of double curvature are considered. The external transverse load acting on the structure is evenly distributed and has a linear dependence on time. A geometrically nonlinear version of the model taking into account transverse shifts is considered. The model is presented as a functional of the total deformation energy of the shell. The algorithm for studying the mathematical model is based on the method of L.V. Kantorovich and the Runge-Kutta-Felberg numerical method of 4-5 orders. The proposed algorithm was implemented in the analytical computing environment Maple 2017. The applicability of the considered method for this class of tasks is shown.

**Keywords:** computer modeling, shallow shells of double curvature, Runge-Kutta-Felberg method.

### Введение

Тонкостенные оболочечные конструкции, часто применяемые в строительстве и многих других отраслях промышленности, имеют большое разнообразие форм и материалов. Изучаются всевозможные модели описания оболочек [1], алгоритмы, используемые при анализе модели [2, 3], а также методы решения полученных нелинейных систем.

Возникает вопрос об устойчивости таких конструкций при некоторой нагрузке. Особенно важна проблема динамического нагружения, которое может привести к потере устойчивости [4, 5]. В работе [5], например, разработаны эффективные алгоритмы численного решения нелинейных задач изгиба и устойчивости оболочек вращения. Множество исследований содержат анализ проблем динамического нагружения [6]. Достаточно большое количество работ исследует устойчивость оболочек цилиндрической формы [4], рассмотрение пологих оболочек двоякой кривизны встречается реже, поэтому они представляют интерес для исследования.

Процесс деформирования оболочечных конструкций при динамическом нагружении изучен недостаточно, особенно с точки зрения численных методов, применяемых для решения нелинейных систем, появляющихся в процессе изучения модели. Таким образом, встает вопрос о возможности применения некоторых известных методов конкретно к задаче устойчивости оболочечных конструкций.

Целью данной работы является анализ устойчивости пологих оболочек двоякой кривизны при динамическом нагружении с решением системы ДУ методом Рунге-Кутты-Фельберга 4-5 порядка.

В соответствии с этой целью ставятся следующие задачи:

1. Разработать компьютерную программу на основе модели Тимошенко и метода Л.В. Канторовича с использованием численных алгоритмов метода Рунге-Кутты-Фельберга 4-5 порядка.
2. Провести анализ процесса потери устойчивости полой оболочки двоякой кривизны при решении системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты-Фельберга 4-5 порядка.

### Математическая модель

Будет рассматриваться стальная полая оболочка двоякой кривизны толщины  $h$ . Внешняя поперечная нагрузка, действующая на конструкцию, распределена равномерно и имеет линейную зависимость от времени .

Используется модель с геометрической нелинейностью, учитывающей поперечные сдвиги, а именно модель типа Тимошенко [7]. Искомыми функциями в таком случае будут функции перемещений и функции углов поворота нормали.

Модель представима в виде функционала полной энергии деформации оболочки [7]:



$$I = \int_{t_0}^{t_1} (E_k - E_s) dt$$

где

$$E_s = E_p - A$$

$$E_p = \frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b AB (N_x \varepsilon_x + N_y \varepsilon_y + N_{xy} \gamma_{xy} + M_x \chi_1 + M_y \chi_2 + 2M_{xy} \chi_{12} +$$

$$+ Q_x (\Psi_x - \theta_1) + Q_y (\Psi_y - \theta_2)) dy dx$$

$$A = \frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b (2qW + 2P_x U + 2P_y V) AB dx dy$$

$$E_k = \frac{\rho}{2} \int_0^a \int_0^b AB \left\{ h \left( \left( \frac{\partial U}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial W}{\partial t} \right)^2 \right) + \frac{h^3}{12} \left( \left( \frac{\partial \Psi_x}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \Psi_y}{\partial t} \right)^2 \right) \right\} dy dx$$

где  $E_k$  – кинетическая энергия деформации системы,  $E_s$  – функционал статической задачи, равный разности потенциальной энергии  $E_p$  деформации системы и работы внешних сил  $A$ .

Алгоритм

Для аппроксимации модели применялся метод Л. В. Канторовича, который позволяет от рассмотрения функций трех переменных перейти к рассмотрению функций одной переменной. После чего эти функции подставляются в функционал полной энергии деформации оболочки и из условия минимума этого функционала получается система дифференциальных уравнений (уравнения Эйлера – Лагранжа) [7]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial E_k}{\partial \dot{X}_k} + \frac{\partial E_s}{\partial X_k} = 0, \quad k = 1, \dots, 5N$$

где  $X = (U_{ij}(t), V_{ij}(t), W_{ij}(t), \Psi_{xij}(t), \Psi_{yij}(t))^T$ ,  $i, j = 1, \dots, \sqrt{N}$ , а точкой обозначена

производная по времени.

Таким образом, изучение модели приводит к системе ДУ второго порядка, которую можно свести к системе ОДУ первого порядка:

$$\begin{cases} \dot{X} = X_1 \\ \dot{X}_1 = F_1(t, X, X_1) \end{cases}$$

или

$$\dot{Y} = F(t, Y)$$

где  $Y = (X, X_1)$ , а точкой обозначены производные по времени.

Полученная система ОДУ представляет собой жесткую систему уравнений, поэтому необходимо выбрать наиболее эффективный численный метод ее решения. В некоторых работах для этого используется метод Рунге-Кутты [8]. Метод Рунге-Кутты-Фельберга является модернизацией методов Рунге-Кутты, имеет более высокую точность и низкую трудоемкость.

Фельберг разработал множество методов вложенного типа. Например,

$$\frac{Y_{i+1}^{(5)} - Y_i}{\tau} = \frac{16}{135} k_1 + \frac{6656}{12825} k_3 + \frac{28561}{56430} k_4 - \frac{9}{50} k_5 + \frac{2}{55} k_6,$$

где  $\tau$  – шаг по сетке

Эта формула имеет пятый порядок точности. А вспомогательные функции находятся по следующим формулам:

$$k_1 = F(t_i, Y_i),$$

$$k_2 = F\left(t_i + \frac{1}{4}\tau, Y_i + \frac{1}{4}\tau k_1\right),$$

$$k_3 = F\left(t_i + \frac{1}{3}\tau, Y_i + \frac{3}{32}\tau k_1 + \frac{9}{32}\tau k_2\right),$$

$$k_4 = F\left(t_i + \frac{12}{13}\tau, Y_i + \frac{1932}{2197}\tau k_1 + \frac{7200}{2197}\tau k_2 + \frac{7296}{2197}\tau k_3\right),$$

$$k_5 = F\left(t_i + \tau, Y_i + \frac{439}{216}\tau k_1 - 8\tau k_2 + \frac{3680}{513}\tau k_3 - \frac{845}{4104}\tau k_4\right)\tau,$$

$$k_6 = F\left(t_i + \frac{1}{2}\tau, Y_i - \frac{8}{27}\tau k_1 + 2\tau k_2 - \frac{3544}{2565}\tau k_3 + \frac{1859}{4104}\tau k_4 - \frac{11}{40}\tau k_5\right).$$

Используется следующий метод оценки погрешности. Вычисляется разность приближенных значений решения, полученных в одной точке. При этом используются две формулы разных порядков точности с одним и тем же шагом. Если коэффициенты для этих разных формул будут совпадать, то это позволит уменьшить количество вычислений функции правой части систем дифференциальных уравнений.

Формула Фельберга четвертого порядка имеет следующий вид:

$$\frac{Y_{i+1}^{(4)} - Y_i}{\tau} = \frac{25}{216} k_1 + \frac{1408}{2565} k_3 + \frac{2197}{4104} k_4 - \frac{1}{5} k_5.$$

Коэффициенты определяются по тем же формулам, что и для формулы Фельберга пятого порядка точности. Контрольный член для погрешности находится как разность двух формул для пятого и четвертого порядка в одной точке и запишется в виде:

$$E = \tau \left( \frac{1}{360} k_1 - \frac{128}{4275} k_3 + \frac{127}{6840} k_4 + \frac{1}{50} k_5 + \frac{2}{55} k_6 \right)$$

и имеет порядок точности  $O(\tau^5)$ .

Для повышения точности получаемых решений используется переменный шаг. Для метода Фельберга изменение шага происходит следующим образом:

- если  $|E| > \varepsilon$ , то шаг уменьшается вдвое  $\tau^{(2)} = \frac{\tau^{(1)}}{2}$ , где  $\varepsilon$  – заданная точность;
- если  $|E| < \frac{\varepsilon}{32}$ , то шаг удваивается  $\tau^{(2)} = 2\tau^{(1)}$ ;
- если  $\frac{\varepsilon}{32} < |E| < \varepsilon$ , то шаг не изменяется.

Формирование системы производилось в среде аналитических вычислений Maple 2017.

Результаты

Полученная система была решена методом Рунге-Кутты-Фельберга 4-5 порядка, который при малых значениях  $N$  оказался достаточно эффективным для решения жестких систем. Проверка полученных результатов осуществляется за счет сравнения со значениями встроенной функции `dsolve` с применением `rkf45`.

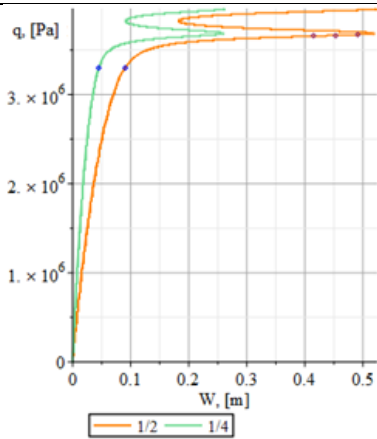
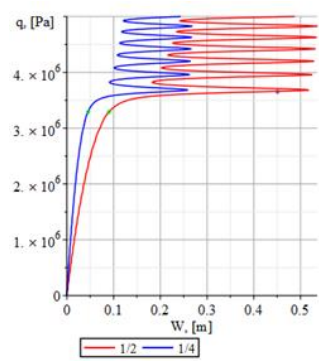
Рассматривалась оболочка со следующими входными параметрами:  $h = 0.09$  м,  $a = b = 60 \cdot h$ ,  $R_1 = 225 \cdot h$ ,  $R_2 = 225 \cdot h$ ,  $\mu = 0.3$ ,  $E = 2.1 \cdot 10^{11}$  Па.

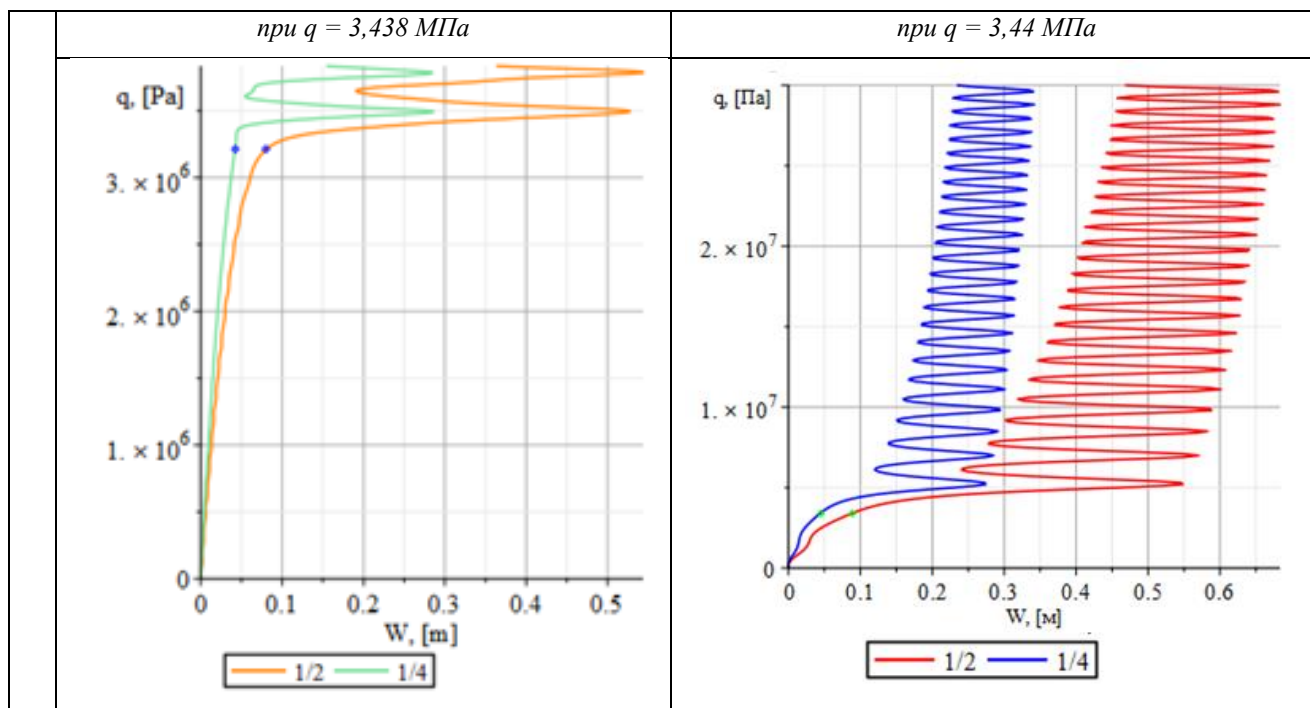
Перегиб кривой «нагрузка-прогиб» является критерием потери устойчивости оболочки при динамическом нагружении.

В таблице 1 приведены графики результатов расчета и значения точек потери прочности и устойчивости. Все вычисления производились для  $N = 1$ ,  $N = 2$  и для двух точек: в центре (1/2) и четверти (1/4).

Таблица 1

Результаты расчета пологих оболочек двойкой кривизны.

$N$	Метод Рунге-Кутты-Фельберга	<code>dsolve(rkf45)</code>
1	Прочность нарушена при $q = 3,3094$ МПа	Прочность нарушена при $q = 3,31$ МПа
	Устойчивость потеряна при $q = 3,6559$ МПа	Устойчивость потеряна при $q = 3,65$ МПа
		
Прочность нарушена при $q = 3,2439$ МПа	Прочность нарушена при $q = 3,22$ МПа	
2	Устойчивость потеряна	Устойчивость потеряна



Основной целью ручной реализации метода является возможность контролировать процесс вычислений и проверять условия прочности и устойчивости на каждом шаге. Благодаря этому можно значительно уменьшить число вычислений и сократить время работы программы.

#### Выводы

По итогам настоящей работы можно сделать следующие выводы:

1. Реализована компьютерная программа, основанная на методе Л.В. Канторовича и методе Рунге-Кутта-Фельберга 4-5 порядка для решения систем дифференциальных уравнений.
2. Проанализирован метод Рунге-Кутта-Фельберга для решения систем ДУ для расчета устойчивости оболочек двойкой кривизны, подвергающихся динамическому нагружению.
3. Расчеты показали хорошее соответствие результатов значениям, полученным встроенной функцией dsolve.
4. Предложенная методика исследования потери устойчивости при динамическом нагружении может быть использована для анализа пологих оболочек двойкой кривизны.

\*\*\*

1. Карпов В.В., Семенов А.А. Математическая модель деформирования подкрепленных ортотропных оболочек вращения // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5(40). С. 100–106. doi: 10.5862/MCE.40.11. EDN: QZTMST.
2. Карпов В.В., Семенов А.А. Математические модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости оболочечных конструкций // Сибирский журнал индустриальной математики. 2017. Т. 20, № 1. С. 53–65. EDN: YLOZZF.
3. Чупин, В. В. Исследование закритических деформаций пологих сферических панелей постоянной толщины / В. В. Чупин, Д. Е. Черногоубов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2023. – Т. 15, № 3. – С. 55-61. – DOI 10.14529/mmph230306. – EDN FCLAZY.
4. Татаринев, А. А. Нелинейная задача устойчивости трехслойной цилиндрической оболочки с легким наполнителем / А. А. Татаринев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2003. – № 1(121). – С. 19-23. – EDN HYRUQF.
5. Ганеева, М. С. Прочность и устойчивость оболочек вращения / М. С. Ганеева. – М.: Наука, 1992. – 161 с. – EDN FGHTFY.

6. Карпов В.В., Аристов Д.И., Овчаров А.А. Особенности напряженно-деформированного состояния панелей ребристых оболочек вращения при динамическом нагружении // Вестник ТГАСУ. 2007. № 1. С. 94–101. EDN: JUCZAN.
7. Semenov, A.A. Dynamic buckling of stiffened orthotropic shell structures // Magazine of Civil Engineering. 2018. Vol. 82(6). P. 3–11. doi: 10.18720/MCE.82.1. EDN: PPUWSF.
8. Krysko V.A., Awrejcewicz J., Saveleva N.E. Stability, bifurcation and chaos of closed flexible cylindrical shells // International Journal of Mechanical Sciences. 2008. Vol. 50. No. 2. P. 247–274. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2007.07.006.

**Айфутдинова Д.Р., Гибадуллин Р.Р.**

**Обзор систем автоматизированного контроля и учета электроэнергии**

*ФГБОУ ВО «КГЭУ»*

*(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-873*

**Аннотация**

В данной работе рассмотрена система автоматизированного контроля и учета электроэнергии, ее строение, преимущества и недостатки, также представлен обзор каналов связи, на базе которых создаются автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии.

**Ключевые слова:** цифровизация, электроэнергия, контроль и учет, автоматизация, управление энергосистемой.

**Abstract**

This paper examines the system of automated control and accounting of electricity, its structure, advantages and disadvantages, and also provides an overview of the communication channels on the basis of which automated control and accounting systems for electricity are created.

**Keywords:** digitalization, electric power, control and accounting, automation, power system management.

Для оценки эффективности потребления энергии используются автоматизированные системы контроля учета электроэнергии (АСКУЭ). Принцип работы таких систем заключается в сборе данных о потреблении энергии потребителями, передаче данных через коммуникационные каналы и обработке больших баз данных на современных вычислительных системах. По непрерывно получаемым данным возможно отследить изменения в графике нагрузок в различный период времени, а также сделать прогноз его поведения в будущем, что способствует более эффективному управлению энергосистемой, лучшему сглаживанию пиков потребления, более эффективной эксплуатации элементов электроэнергетических систем, снижения потерь электроэнергии и переплат за нее.

Эта система является иерархической и имеет несколько ступеней:

1. На нижней ступени расположены интеллектуальные измерительные приборы, измерительные трансформаторы тока и напряжения. В функции объектов первой ступени входит непосредственное измерение параметров сети в точке учета, регистрации событий, хранении информации в памяти измерительного устройства, ее преобразование из аналогового формата в цифровой, передача обработанных данных на ступень выше.
2. Вторая ступень представляет собой каналобразующую аппаратуру, в функции которой входит сбор информации и ее передача на ступень выше.
3. Третья ступень – высшая. Объектами данной ступени являются АРМ, специализированное ПО, сервера, функциями которых является автоматический сбор и хранение результатов, фиксирование измерений, подготовка отчетов, а также импорт-экспорт данных, который включает технические средства приема и передачи данных.

Передача электроэнергии потребителю сопровождается потерями, которые негативно влияют на её качество.

Преимущества внедрения рассматриваемых систем автоматизации в электроэнергетические системы, в частности внедрение АСКУЭ: оптимизация работы электроэнергетической системы, за счет более рационального управления со стороны диспетчерского блока, минимизация различного рода потерь электроэнергии, более рациональное пользование электроэнергией со стороны пользователей, как итог – более рациональное (экономичное) использование энергоресурсов; автоматизация сбора, обработки и хранения информации, оцифровка данных; возможность использования разных тарифов электроэнергии; создание иерархической системы управления электроэнергетическими системами и электрическими сетями; обеспечение быстрого доступа к необходимым данным через сеть Интернет; снижение технических коммерческих потерь электроэнергии, больший контроль за потреблением электроэнергии.

Система АСКУЭ практически не имеет недостатков с точки зрения возможностей оптимизации учёта и энергопотребления. Однако, есть некоторые незначительные недостатки, связанные с разработкой, интегрированием и внедрением системы АСКУЭ в отрасль. Например, монтаж проводных систем АСКУЭ может быть дорогим и сопряжен с риском обрыва сети.

На данный момент в системе АСКУЭ существует множество каналов связи для передачи данных. Среди них можно выделить беспроводную передачу и передачу данных по линиям электропередач. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учесть.

PLC и GSM представляют собой наиболее распространенные технологии передачи информации в Европе. Например, в Австрии, Болгарии, Эстонии, Франции и Греции более 70% передачи данных в интеллектуальных системах учета осуществляется через PLC. В то же время в Финляндии и Германии наиболее популярен GSM.

Автоматизированная система на PLC. В данном случае интеллектуальные счетчики будут соединены с устройством сбора и передачи данных по электрической сети класса напряжения 0,4 кВ. Затем информация о потреблении электроэнергии абонентом будет передаваться диспетчеру через GSM-шлюзы.

Существует европейский стандарт PLC G3 (рис. 4), который предполагает передачу данных с использованием модуляции OFDM. Применение этой технологии повышает помехоустойчивость и увеличивает пропускную способность канала связи, что позволяет оперативно собирать данные в старых и изношенных линиях электропередач. Канал связи PLC, несмотря на свои преимущества, не решен недостатков. Однако новый стандарт – PLC G3 является более совершенным, так как в отличии от более ранней версии имеет гораздо большую надёжность. «Плюсы2 PLC G3: большая; помехозащищенность; европейский стандарт; работа на основе протокола DLMS/СПОДЭС.

Показатель	Значение
Рабочая частота передачи данных	30–90 кГц
Способы модуляции	ROBO, DBPSK, DQPSK, D8PSK
Скорость передачи данных	до 40–45 кбит/с
Показатель	Значение
Количество устройств, поддерживаемых одним координатором	До 1000 устройств
Шифрование	AES–128

Рисунок 1. Характеристика канала связи PLC G3.

Для построения АСКУЭ на LoRaWAN (рис. 5) используется следующая архитектура сети: счетчик передает информацию на базовую станцию по протоколу LoRaWAN. Затем данные передаются через Интернет на сетевой сервер, где происходит их обработка. После этого информация отображается в диспетчерском центре или в личном кабинете потребителя. В России действуют несколько операторов LoRaWAN, среди крупнейших - "Сеть 868", "Эр-

Телеком" и "LarTech". Совокупно их сети охватывают значительную часть территории России. Одно из основных преимуществ данной системы заключается в большом радиусе охвата (до 10 км). Несмотря на то, что с увеличением преодолеваемого расстояния скорость сигнала может снижаться, передача данных с интеллектуальных измерительных устройств не ухудшится, так как для стабильной передачи информации достаточно 40-60 бит/с. Также стоит отметить высокую автономность, что позволяет обеспечивать электропитание устройств от батарей. Еще одним преимуществом является высокая возможность интегрирования в различные программные комплексы.

Показатель	Значение
Дальность связи	До 10 км в сельской местности
Частотный диапазон	864– 870 МГц
Количество частотных каналов	8, ширина канала 125 кГц
Показатель	Значение
Мощность передатчика счетчика	25 мВт
Мощность передатчика базовой станции	До 100 мВт
Скорость передачи данных	300– 5120 бит/с
Шифрование	AES– 128

Рисунок 2. Характеристики канала связи LoRaWAN.

АСКУЭ на базе GSM / GPRS. В настоящее время GSM / GPRS-технология позволяет использовать АСКУЭ не только в городских, но и в сельских районах благодаря ее глобальному покрытию. Существует широкий выбор оборудования, включая внешние GSM / GPRS-модемы и встроенные модемы в интеллектуальные счетчики и УСПД. В России все ведущие производители счетчиков электроэнергии поддерживают передачу данных через GSM / GPRS-сеть. Этот канал связи обладает несколькими преимуществами, о которых уже упоминалось: он покрывает практически всю территорию страны и предлагает широкий выбор оборудования отечественного производства. Среди недостатков можно выделить оплату оператору связи за передачу данных и низкую проходимость сигнала через металлические конструкции, такие как трансформаторные подстанции и распределительные пункты (необходимо использование доп. антенн).

Автоматизированная система, на основе NB-IoT – данный стандарт выполняет функцию передачи данных малого объема. Связь обеспечивается посредством использования уже существующих систем сотовой связи. NB-IoT использует основную полосу LTE для передачи данных с высокой скоростью, что обеспечивает доступ ко всем функциям LTE. Эта технология заменяет устаревшие методы передачи данных, такие как GPRS и EDGE. На данный момент представленная технология является особенно актуальной, пользуется спросом и активно развивается. Это неудивительно, ведь она обладает рядом преимуществ, включающих: высокая стабильность качества связи; эффективность для систем с небольшим количеством приборов учета; снижение стоимости системы ввиду отсутствия уровня УСПД.

Обмен данными с интеллектуальными приборами учета реализуется согласно протоколу ГОСТ Р 58940-2020 «Требования к протоколам обмена информацией между компонентами интеллектуальной системы учета и приборами учета». Этот протокол основан на международной спецификации DLMS/COSEM, которая принята во многих энергокомпаниях разных стран мира и обеспечивает стандартизацию информационного обмена. Для обмена данными между машинами на уровне ИВК используется Спецификация защищенного протокола передачи данных, утвержденная приказом Минэнерго России от 30.12.2020 года № 1234 [1-3].

Развитие автоматизированных систем контроля учета электроэнергии является непрерывным процессом. Новые каналы связи и технологии повышают безопасность, надежность и скорость обмена данными. Это способствует сокращению потерь электроэнергии,

что не только приносит экономический эффект, но и мотивирует потребителей использовать электроэнергию более ответственно и заботиться об энергосбережении.

\*\*\*

1. Ульяницкий, А. Г. Эффективность использования автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов в системах учета электроэнергии / А. Г. Ульяницкий // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. – 2019. – № 15. – С. 142-146.
2. Жалмесо́ва, А. В. Модернизация автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии на АО "Каустик" / А. В. Жалмесо́ва, В. Г. Барабанов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2023. – № 1(272). – С. 57-59. – DOI 10.35211/1990-5297-2023-1-272-57-59.
3. Любченко, А. А. Концептуальная модель процесса передачи данных в автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии / А. А. Любченко, Е. Ю. Копытов, А. А. Богданов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2020. – Т. 14, № 6. – С. 4-12.

**Соколов Н.С.**

**Геотехнические процессы возникающие в основаниях при повышенном давлении**

ООО НПФ «ФОРСТ»

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-874

#### **Аннотация**

Безопасность эксплуатации объектов согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» регламентируются величинами вертикальных осадок и кренов. Рассмотренные в настоящей статье объекты относятся к сооружениям первого класса ответственности. В результате воздействия на их коробчатые фундаменты повышенных нагрузок достигающих значений средних давлений до  $P_{\text{Пмт}} = 680$  кПа они получили осадки и крены превышающие предельно допустимые величины. При этом направление кренов во время возведения объектов меняется от 0 до 360°. Благодаря своевременно принятым техническими технологическим приемам во время их возведений они эксплуатируются надежно.

**Ключевые слова:** неравномерная осадка, крен, вертикальные осадки, прогноз деформаций оснований.

#### **Abstract**

Facility operation safety standards according to GOST 27751-2014 "Reliability for constructions and foundations. General principles" are governed by the values of vertical settlement and lurch. The facilities considered in this paper belong to the first class of responsibility. The increased loads on their pile box foundations reaching the values of average pressures up to  $P_{\text{Пмт}} = 680$  KPa result in settlements and lurches exceeding the maximum tolerances. The direction of the lurches during the facilities erection varies from 0 to 360°. The facilities are operated reliably by virtue of timely technical and technological measures taken during their construction.

**Keywords:** differential settlement, lurch, vertical settlements, estimates of foundation deformation.

В настоящей статье рассматриваются основные результаты натурных исследований осадок и кренов промышленных объектов №№ 1 и 2.

Объекты №№1, 2 представляют собой круглые жесткие сооружения высотой 70 м и имеют диаметр 48,8 м. Фундаменты их заложены на глубину 4,2 м от уровня планировки, а среднее давление на основание составляет  $P_{\text{Пмт}} = 680$  кПа [1-14].

Для исследования закономерностей деформирования оснований коробчатых фундаментов объектов были организованы высокоточные геодезические наблюдения 2-го класса точности с помощью нивелиров и штриховых инварных реек.



Наблюдения за осадками стенных осадочных марок объекта №1 начались в апреле 1977 г. после возведения нижней плиты коробчатого фундамента.

По результатам измерений вертикальных перемещений осадочных марок объекта №1 построены графики средней и неравномерной минимальной и максимальной осадок с ростом среднего давления на основание (рис. 1).

Так средняя осадка фундамента за строительный период с апреля 1977 г. по июль 1984 г. составила  $S = 211,6$  мм, а значение неравномерной осадки –  $S = 134,7$  мм, при этом направление крена  $\alpha = 350^\circ$  (рис. 2). С июня 1980 г. по май 1982 г. приращение осадки составило  $\Delta S = 58$  мм, достигнув величины  $\Delta S = 111$  мм. За этот период значительно возрос крен сооружения в сторону пристроя и достиг 82 мм. При этом вес сооружения составил 70 % проектной нагрузки.

Наиболее интенсивно протекала осадка фундамента за период с мая 1982 г. по июль 1983 г. (конец строительства объекта). За это время средняя осадка выросла на  $\Delta S = 99$  мм, а неравномерная осадка – на  $\Delta S = 53$  мм. После окончания монтажа строительных конструкций и оборудования резко уменьшились скорости осадок и крена.

Для стабилизации роста неравномерной осадки фундамента объекта №1 в ноябре-декабре 1983 г. был уложен срочный пригруз весом 5780 кН на консоль фундамента с противоположной стороны от направления крена (см. рис. 2). Для ускорения процесса стабилизации крена дополнительно уложены регулируемые пригрузки в секторах А и Б по обе стороны от оси 2 весом около 30000 кН. После этих мероприятий рост крена был приостановлен. В стабилизированном состоянии величина неравномерной осадки составила 148 мм, а ее направление  $\alpha = 348^\circ$ .

Объект №2 также построен на естественном основании. Возведение сооружения имеет некоторые особенности по сравнению с объектом №1. Во-первых, практически за все время строительства объекта №1 проводилось глубинное водопонижение в котловане блочнонасосной станции (БНС-1). Понижение уровня подземных вод (УПВ) в котловане блочнонасосной станции (БНС-2) началось с 80 % проектной нагрузки на фундамент объекта №2. Во-вторых, строительство объекта №2 велось почти в 2 раза быстрее по сравнению с объектом №1.

Высокоточные геодезические наблюдения за осадками стенных осадочных марок начались после бетонирования нижней монолитной железобетонной плиты коробчатого фундамента в конце 1982 г.

На основании исследований результатов осадок и крена фундаментов построены графики средней и неравномерной осадок с ростом среднего давления на основание (рис. 3)

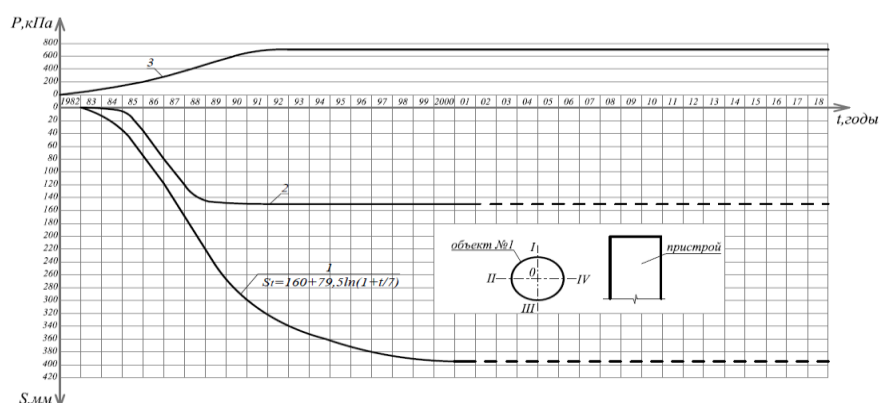


Рисунок 1. Объект №1. Графики: 1 – средней осадки; 2 – крена; 3 – роста среднего давления на основание.

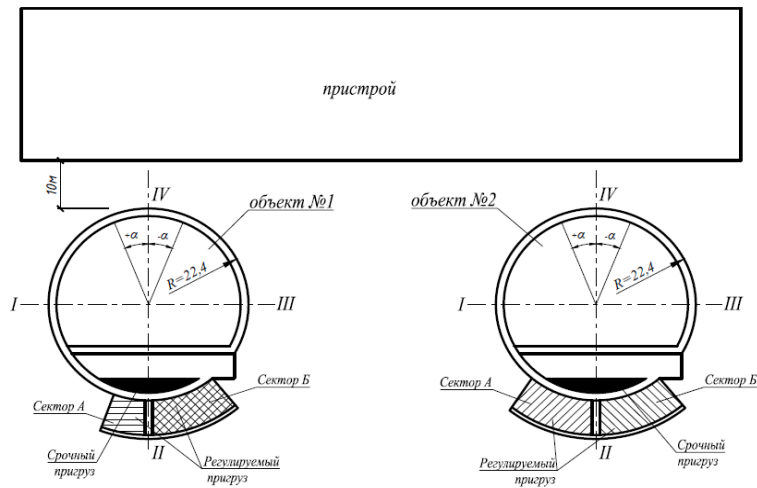


Рисунок 2. Объекты №№1,2. а – схемы устройства пригрузов для регулирования кренов; б – схематичный план взаимного расположения фундаментов объектов №№1 и 2

Средняя и неравномерная осадка фундамента объекта №2 за время строительства составили соответственно 171,3 и 101,8 мм. Средняя осадка в этот период протекала со скоростью 0,164 мм/сут, а скорость неравномерной осадки равнялась 0,10 мм/сут. В период наибольшей интенсивности наращивания нагрузок на основание с сентября 1984 г. по декабрь 1984 г. скорость средней осадки составила 0,12 мм/сут, а интенсивность приложения внешней нагрузки в указанный период составила 55000 кН/мес.

Скорости протекания средней и неравномерной осадок до и во время водопонижения в котловане БНС-2 существенно отличаются между собой. Так, например, скорости средней и неравномерной осадок до водопонижения составили соответственно 0,278 и 0,256 мм/сут, а во время водопонижения эти величины равнялись 0,429 и 0,280 мм/сут.

Для уменьшения скорости нарастания крена были устроены срочный весом 5800 кН и регулируемый весом 51000 кН пригрузы в секторах А и Б (рис. 2), благодаря чему рост крена был приостановлен.

В настоящее время осадки фундаментов объектов №№1,2 безаварийно эксплуатируются.

Анализируя графики средней и неравномерных осадок на рис. 1 и 3 следует отметить, что на кривых отчетливо выделяются два участка линейный и нелинейный. Линейный участок переходит в нелинейный при среднем давлении на основание 250-300 кПа. С момента, соответствующего началу нелинейной зависимости графика осадки, нарастание крена тоже приобретает нелинейный характер, т.е. скорости роста крена увеличиваются. Направление крена остается неизменным для обоих объектов (см. рис. 4,5).

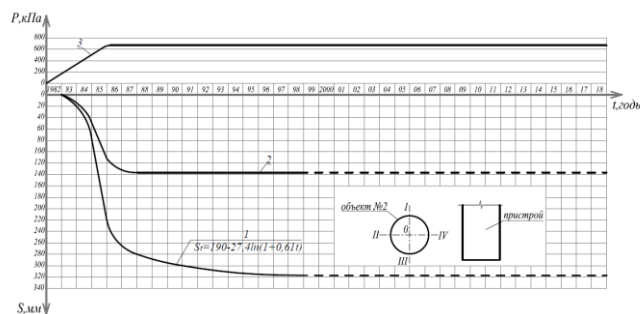


Рисунок 3. Объект №2. Графики: 1 – средней осадки фундамента; 2 – крена; 3 – роста среднего давления под подошвой фундамента  $P(t)$

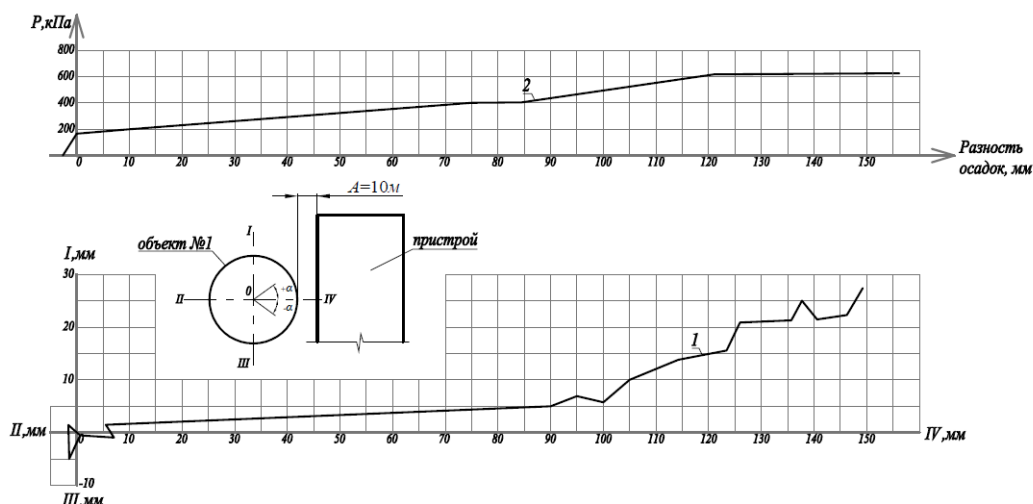


Рисунок 4, Объект №1.

График нарастания неравномерной осадки 1 с ростом среднего давления 2 на основании

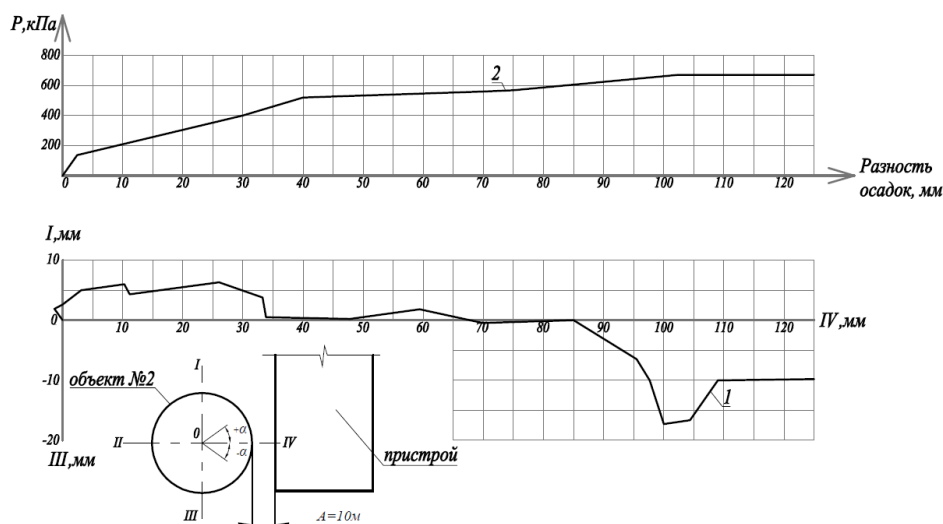


Рисунок 5, Объект №2.

График нарастания неравномерной осадки 1 с ростом среднего давления 2 на основании

Для анализа изменения величины и направления крена с ростом среднего давления на основание построены графики, показанные на рис. 9, 10, 11. Кривые построены в прямоугольной системе координат с началом, совпадающим с геометрическим центром фундаментной плиты в плане. Цифры на рисунках указывают на циклы наблюдений, соответствующей определенной нагрузке на основание. В каждом цикле наблюдений величина и направление крена определяется радиусом вектором  $\Delta h$  и углом  $\alpha$ , отсчитываемом от положительной оси ОУ.

Анализ осадок и кренов объектов №№3, 4, 5 (рис. 6, 7, 8) показывает, что также на графиках отчетливо выделяются два участка: линейный и нелинейный. Линейный участок переходит в нелинейный при среднем давлении на основание  $P=250-300$  кПа. Крен фундаментов появляется еще при небольших нагрузках и его величина очень незначительна. С момента, соответствующего переходу графика осадок в нелинейный участок кривая крена тоже меняет линейность, т.е. скорости крена возрастают. С этого же момента меняется направление крена от пристроя в противоположную сторону. Изменение направления крена не наблюдается для фундаментов объектов №№1, 2.

Выводы:

Изменения направления крена объясняются процессом образования уплотненной зоны под подошвой фундамента в основании при среднем давлении  $P_{\text{фнт}}=250\div 300$  кПа. При

внешних нагрузках свыше этих давлений существенную роль начинает играть компонента горизонтальных перемещений, увеличивая приращение вертикальных деформаций.

В результате формирования уплотненная зона распирает грунт основания, увеличивая вертикальные и неравномерные деформации фундаментов.

\*\*\*

1. Соколов Н.С. Прогноз осадок большегабаритных фундаментов при повышенных давлениях на основания // Жилищное строительство. 2017 № 12.
2. Егоров К.Е., Соколов И.С. Закономерности деформации основания фундаментов, имеющих большую площадь. - Сборник трудов Всесоюзного совещания по фундаментостроению «Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении». Стройиздат, М., 1987. 5 с.
3. Егоров К.Е., Соколов Н.С. Особенности деформаций оснований фундаментов, имеющих большую площадь. // Сборник трудов IV Всесоюзного совещания по фундаментостроению. Т.2. Стройиздат, 1987. 4 с.
4. Егоров К.Е., Соколов Н.С. Особенности деформаций оснований реакторных отделений АЭС. - Основания, фундаменты и механика грунтов, №4, 1985. С. 14-17. 4 с.
5. Соколов Н.С, Ушков С.М. Особенности расчета осадок большегабаритных фундаментов при повышенном давлении на грунты. // Материалы научно-технической конференции «Геотехника Поволжья – IV». 4.2. «Основания и фундаменты». - Саратов, 1989. 3 с.
6. Соколов Н.С. Совместная работа оснований и фундаментов РО АЭС. // Труды ВНИИОСП им. И.М. Герсеванова. 1988, № 87. 5 с.
7. Соколов Н.С. Деформация основания круглого фундамента на конечном сжимаемом слое. - Труды НИИОСП, вып. 86, 1987. 6 с.
8. Соколов Н.С, Ушков С.М. Расчетное сопротивление грунтов в основании большегабаритных фундаментов при повышенном давлении. В сб.: Строительные конструкции. - Чебоксары, 1992. 3 с.
9. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронабивных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
10. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015:опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
10. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
11. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/0: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
12. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005:опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ».
13. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи: № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005:опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

**Соколов Н.С.**

### **Оптимальная геотехническая технология устройства свай ЭРТ**

*ООО НПФ «ФОРСТ»*

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»*

*(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-875*

#### **Аннотация**

Наряду с другими передовыми геотехническими технологиями освоения подземного пространства разрядно-импульсная технология является одним из основополагающих в области устройства буронабивных свай (технология ЭРТ) – микросвай, а также строительного преобразования свойств грунтов оснований, имеющих слабые показатели их физико-механических характеристик. В то же время имея существенные отличия перед другими

способами освоения подземной части зданий и сооружений геотехническая технология ЭРТ имеет ряд преимуществ, таких как, 1) повышенная удельная несущая способность по грунту, 2) технологичность устройства буронабивных свай в любых инженерно-геологических условиях, 3) возможность производства геотехнических работ в стесненных условиях. Она, являясь базовой структурой для разработки новых технологий, имеет большой научный потенциал исследований для целей внедрения ее в современное подземное строительство.

**Ключевые слова:** геотехническая технология, разрядно-импульсная технология ЭРТ, микросваи, буронабивная свая, обсадная труба.

### Abstract

Along with other advanced geotechnical methods of underground space development, the discharge-pulse technology is one of the fundamental ones in the field of bored injection piles (DPT technology) — micropiles arrangement, as well as in construction transformation of the properties of foundation soils with poor physical and mechanical characteristics. At the same time essentially differing from other ways of buildings and constructions underground part development, the geotechnical method of DPT has a number of advantages, such as, 1) increased specific dynamic capacity, 2) constructability of bored injection piles in all engineering and geological conditions, 3) availability of geotechnical works in confined conditions. Being a basic structure for the development of new technologies, it has a large potential for scientific research with the purposes of its implementation in modern underground engineering.

**Keywords:** geotechnical method, discharge-pulse technology DPT, micropiles, auger placed pressure-injected concrete pile, casing pipe.

Современное развитие городов и крупных населенных пунктов непрерывно связано с масштабным освоением подземного пространства с использованием новых геотехнических технологий. Существующие геотехнические технологии строительства объектов ниже нулевой отметки открытым способом (без закрепления стенок котлованов) являются весьма рискованными. Они, во-первых, предполагают удаление большого объема грунта и при этом являются очень дорогостоящими и нетехнологичными. Кроме того, во-вторых, в зоне геотехнического влияния нового строительства или реконструкции, как правило, имеются здания и технологические коммуникации старой застройки, которые могут получить дополнительные деформации, влекущие возможные аварийные ситуации с ними. А также при застройке территорий с наличием объектов культурного наследия следует иметь ввиду, что согласно действующей нормативной документации они не должны получать никаких дополнительных деформаций.

С учетом вышесказанного проблема обеспечения их дальнейшей надежной эксплуатация как объектов нового строительства, так и здания существующей застройки остается очень актуальной геотехнической задачей современного капитального строительства [1-24]. Для решения этой проблемы зачастую приходится воспользоваться геотехническими технологиями, не оказывающим негативного влияния на существующие строения и исключая возникновение в них нежелательных деформаций.

Одним из таких передовых геотехнических технологий освоения подземного пространства является разрядно-импульсная технология устройства буронабивных свай (технология ЭРТ) – микросвай, а также строительное преобразование свойств грунтов оснований, имеющих слабые показатели физико-механических характеристик. Имея существенные преимущества перед другими способами строительства подземной части зданий и сооружений геотехническая технология ЭРТ имеет научную новизну. Она, являясь базовой структурой для разработки изотопных технологий, имеет большой потенциал научных исследований для целей внедрения ее в современное подземное строительство. Симбиоз электроразрядной технологии с другими технологиями (например, грунтоцементная технология) дает надежду для создания перспективных геотехнических способов укрепления оснований.

Следует отметить, что целесообразность применения микросвай определяется конкретными условиями строительной площадки и особенностью объекта на основе результатов технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений. То есть должен быть соблюден принцип интерактивного проектирования «технической целесообразности и экономической эффективности» принятого проектного решения.

Рассматриваемая геотехническая электроразрядная технология имеет подтвержденную опытом строительства практическую значимость. Широкое использование буронабивных свай ЭРТ в капитальном строительстве, реконструкции и капитальном ремонте наводит на мысль о том, что рассматриваемая технология с использованием этих заглубленных железобетонных конструкций может иметь большие перспективы. Это связано с тем, что для современного промышленного и гражданского строительства зачастую приходится использовать территории с пересеченным рельефом с наличием оврагов, прибрежными зонами рек, склонами и т.д. В то же время без освоения подземного пространства не взирая на сложность строительных площадок и инженерно-геологических условий для современного общества на наш взгляд нет технического прогресса.

В большинстве случаев в своей производственной деятельности строители пренебрегают влиянием технологии возведения нового объекта на возможные негативные последствия (появившиеся трещины на фасадах вследствие неравномерных осадок, кренов и т.д.) эксплуатируемых зданий. До сих пор муссируется понятие «минимальной цены» при возведении части здания ниже нулевой отметки. При таком подходе полностью пренебрегаются основы здравого смысла. В то же время строители идут на любые ухищрения для уменьшения стоимости строительного монтажа работ устройства подземной части объекта. Для достижения этой цели уже на стадии проектирования закладывается минимальный коэффициент запаса несущей способности основания. Такой «иррациональный» способ строительства в конечном итоге в большинстве случаев приводит к существенному удорожанию строительства здания и, как правило, к увеличению сроков возведения. Это связано в основном с согласованием нового проекта в результате замены на другую геотехническую технологию, а также в связи с прохождением новой строительной-технической экспертизы.

Следует отметить еще на следующий аспект связанный с возможным увеличением несущей способности оснований, усиленных буровыми сваями. Устоялось мнение, заключающееся в том, что чем больше диаметр буровой сваи, тем больше ее несущая способность по грунту. Да это так. Но на наш взгляд критерием оценки должны служить не диаметр и длина сваи, а «удельная несущая способность по грунту», т.е. несущая способность одного кубического метра буровой сваи, а также «удельная расчетная нагрузка».

Ниже в таблице 1 и на рис. 1 приведены результаты расчетов несущей способности для свай ЭРТ и буронабивных свай диаметрами 600,0; 800,0; 1000,0; 2000,0 мм. Анализируя результаты исследований можно сделать вывод о том, что с увеличением диаметра буровых свай удельная несущая способность снижается, приближаясь к некоторой асимптоте.

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности для свай ЭРТ и буронабивных свай.

№ п.п.	Тип сваи	Позиция	Несущая способность, кН	Расчетная нагрузка	Примечания	Объем сваи, м <sup>3</sup>	Удельная несущая способность, кН/м <sup>3</sup>	Удельная расчетная нагрузка, кН/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Буронабивная свая Ø600 A=0,28 м <sup>2</sup>	1	2330,0	1665,0	Буронабивная свая в обсадных трубах	5,6	416,0	297,3
		2	2300,0	1640,0		5,6	410,7	293,0
		3	2465,0	1760,0		5,6	440,2	314,3
2	Буронабивная свая Ø800 A=0,50 м <sup>2</sup>	1	3760,0	2685,0		10,0	376,0	268,5
		2	3725,0	2660,0		10,0	372,5	266,0
		3	3935,0	2810,0		10,0	393,5	281,0

3	Буонабивная свая Ø1000 A=0,79 м <sup>2</sup>	1	5540,0	3960,0		15,7	352,9	252,2
		2	5500,0	3930,0		15,7	350,3	250,3
		3	5770,0	4120,0		15,7	367,5	263,4
5	Буонабивная свая Ø2000 A=6,28 м <sup>2</sup>	1	19400,0	13860,0		125,6	154,4	110,3
		2	19850,0	14180,0		125,6	158,0	112,9
		3	19860,0	14200,0		125,6	158,2	113,0
6	Буоинъекционные сваи ЭРТ Ø350 A=0,10 м <sup>2</sup>	4	1515,0	1080,0	Буоинъекционная свая ЭРТ без уширений	2,0	757,5	540,0
		5	1680,0	1200,0	Буоинъекционная свая ЭРТ с уширениями под пятой	2,0	840,0	600,0
		6	1880,0	1340,0	Буоинъекционная свая ЭРТ с уширениями под пятой и вдоль ствола	2,0	940,0	670,0
		7	1930,0	1380,0	Буоинъекционная свая ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи	2,0	965,0	690,0

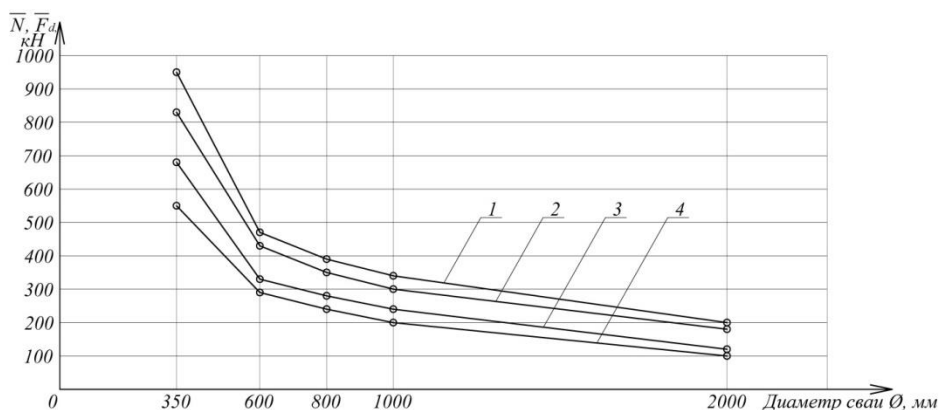


Рисунок 1. Графики зависимости  $f(\varnothing, )$  и  $f(\varnothing, )$ , где  $N$  – удельная несущая способность [кН],  $F_d$  – удельная расчетная нагрузка [кН];

1 и 2 – графики  $f(\varnothing, )$ ; 3 и 4 – графики  $f(\varnothing, )$ .

Примечания: 350-диаметр сваи-ЭРТ; 600, 800, 1000, 2000 – диаметры буонабивных свай [мм].

С учетом вышесказанного результаты длительных исследований и использование электроразрядной геотехнической технологии устройства заглубленных железобетонных конструкций с использованием электроразряда и апробации в реальном геотехническом строительстве в течение длительного периода времени позволили рекомендовать ее для решения следующих геотехнических задач:

1. При усилении перегруженных оснований фундаментов;
2. При усилении оснований фундаментов существующих зданий и сооружений в связи с планируемым повышением или изменением характера эксплуатационных нагрузок при изменении конструктивной схемы;
3. При строительстве новых объектов рядом с существующими, строительства зданий и сооружений в стесненных условиях внутри действующих предприятий;
4. Для исправления сверхнормативных кренов зданий или отдельных фундаментов;
5. Для противооползневой защиты склонов, берегов рек и морей;
6. Для усиления оснований железнодорожных насыпей с нестабильным балластным шлейфом;

7. Для решения сложных геотехнических задач при реконструкции зданий и фундаментов, а также в случае капитального ремонта;
8. Пристроительственных объектов в сложных инженерно-геологических условиях, а также при наличии перемеживающихся слабых грунтов оснований;
9. При устройстве подземных этажей в бесподвальных зданиях, углубления полов подвалов, влекущих за собой усиления тела существующих фундаментов, устройства протвofильтрационной завесы, а также цементации контактного слоя подошвы фундаментов с несущим слоем;
10. При устройстве буроинъекционных свай ЭРТ усиления оснований фундаментов;
11. При устройстве протвofильтрационных завес;
12. Для устройства железобетонных шпонок по границе призмы обрушения при усилении оползневых склонов с целью стабилизации их деформаций.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Pichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Konovalov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Pyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov //The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation /N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. – P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
9. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Elektric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure// Журнал в базе данных Scopus- «Key Enginiring Materials». 2018. P. 76-81.
10. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Журнал в базе данных Scopus-«Key Enginiring Materials». 2018. P.70-74.
11. Sokolov N.S. One of Geotechnological Technologies for Ensuring the Stability of the Boiler of the Pit // Журнал в базе данных Scopus-«Key Enginiring Materials». 2018. P. 56-69.
12. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity // 18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 601-608. Базаданных Web of Science.
13. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors//18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria. 2018. P. 513-522. База данных Web of Science.
14. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aliging the turches of objects targe-sized foundations and increased loads on them // Журнал в базе данных Scopus-«Key Enginiring Materials». 2018. P.1-11.
15. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
16. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.



17. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной сваи // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование. 2017. № 12. С. 38–43.
18. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science. 15 (2017) 4, 482. p. 518–523.
19. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буроинъекционных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.
20. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
21. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. С. 34-38.
22. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буроинъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 66-70.
23. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания // Строительные материалы. 2019. №6. С. 67-72.
24. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Буроинъекционные сваи - ЭРТ как основания фундаментов повышенной несущей способности// Труды Национально-технической конференции с иностранным участием «Нелинейная механика грунтов и численные методы расчетов в геотехнике и фундаментостроении». Воронежский государственный технический университет. Воронеж. 2019. Стр.195-201.

**Соколов Н.С.**

**Подход к предотвращению равнинных территорий от подтопления**

*ООО НПФ «ФОРСТ»*

*ФГБОУ ВО «Чувацкий государственный университет имени И.Н. Ульянова»*

*(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-876*

**Аннотация**

Проблема предотвращения равнинных территорий от подтоплений является важной народнохозяйственной задачей связанной с обеспечением жизнедеятельности населения, проживающего там. Половодье или паводки наносят огромный ущерб регионам подверженным этим стихийным бедствиям. Подтопление приводит к аварийным ситуациям зданиям и сооружениям, часто к авариям. Оно уничтожает посевы, приводит к распространению вирусных заболеваний. Разрушаются насыпи дорожных и железнодорожных полотен. Возникающие оползневые процессы приводят к разрушению устоев мостов и в конечном счете к разрушению самих сооружений. В статье приводится возможный вариант предотвращения выхода рек из берегов с помощью одной из геотехнических технологий.

**Ключевые слова:** буроинъекционная свая ЭРТ, грунтобетонная свая, Jet технология, половодье, паводок, несущая способность.

**Abstract**

Related to ensuring the live activity of the inhabitants, the issue of preventing water logging of plains is an important challenge for national economy. Seasonal floods and flash floods cause enormous damage to regions exposed to these disasters. Water logging results in emergency situations in buildings and structures, often leading to accidents. It destroys crops and spreads viral diseases. Road and railroad bodies get ruined. The resulting landslide processes lead to the destruction of bridge abutments and eventually to the destruction of the structures themselves. The paper presents a possible option for preventing river flowages by means of a geotechnical method.

**Keywords:** DPT bored injection pile, soil-concrete pile, Jet technology, seasonal flood, flash flood, bearing capacity.

По данным Росгидромета в России ежегодно происходит от 40 до 70 крупных наводнений, ущерб от которых оценивается примерно в 40 млрд рублей. Этим стихийным бедствиям подвержено около 150 тыс. кв. км территории России, где расположены порядка 300

городов, десятки тысяч населённых пунктов, большое количество хозяйственных объектов, более семи миллионов гектаров сельхозугодий, отмечают в Росгидромете. 14 июня 1993 года в Свердловской области из-за дождевых паводков разрушилась Киселевская грунтовая плотина на реке Каква. Было смыто 1550 домов, затоплен город Серов, погибло 15 человек. Ущерб составил 63,3 млрд неденоминированных рублей. 7 августа 1994 года в Башкирии произошел прорыв плотины Тирлянского водохранилища и нештатный сброс 8,6 млн куб. м воды. Погибло 29 человек, 786 остались без крова. В зоне затопления оказалось 4 населенных пункта, 85 жилых домов было полностью разрушено. Ущерб оценивался в 52,3 млрд неденоминированных рублей. 16 и 17 мая 1998 года в районе города Ленска в Якутии два ледяных затора на реке Лене вызвали подъем воды на 11 м. В зоне затопления оказались 97 тыс. человек, 15 погибло. Ущерб превысил несколько сотен миллионов рублей. 12 мая 2001 года Ленска вновь был почти полностью затоплен из-за паводка, что привело к гибели 8 человек. Было затоплено 5162 дома. Всего от паводка в Якутии тогда пострадало свыше 43 тыс. человек. Общий ущерб составил 8 млрд руб. 7 июля 2001 года в Иркутской области из-за сильных дождей ряд рек вышел из берегов и подтопил 7 городов и 13 районов (всего 63 населенных пункта). Особенно пострадал город Саянск. По официальным данным, погибло 8 человек, пострадало 300 тыс. человек, было затоплено 4635 домов. Ущерб составил 2 млрд руб. В июне-июле 2002 года из-за дождей вышли из берегов реки в девяти регионах юга России, в том числе Кубань, Лаба, Белая, Уруп и Сунжа. Жертвами стали 114 человек, в общей сложности пострадало свыше 380 тыс. Было разрушено 13 тыс. жилых домов, повреждено более 41 тыс. Общий ущерб тогда составил свыше 18 млрд руб. В августе 2002 года наводнение произошло в районе Новороссийска. Погибло 62 человека. Было повреждено почти 8 тыс. жилых домов, ущерб оценивался в 1,7 млрд руб. В апреле 2004 года в результате половодья в южных районах Хакасии затопило 24 населенных пункта (всего 1077 домов). Погибло 9 человек. Ущерб превысил 29 млн руб. 16 октября 2010 года в Краснодарском крае сильные дожди подняли уровень горных рек, затопив 30 населенных пунктов в Туапсинском и Апшеронском районах, а также рядом с Сочи. Жертвами стихии стали 17 человек, пострадало более 5,1 тыс. Ущерб оценили в 2 млрд руб. МЧС подготовило комплекс дополнительных мер по защите населения от весенних паводков. Об этом глава ведомства Евгений Зиничев доложил на заседании Совета безопасности РФ. Наиболее сложная обстановка сложилась в ряде регионов: Северо-Западном, Центральном, Приволжском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Как отмечают в МЧС РФ, на начало февраля 2019 года запасы снега в данных регионах России превышают средние значения последних лет почти в два раза.

В настоящей статье предлагается один из новых геотехнических технологий для предотвращения затоплений равнинных территорий в результате выхода рек из своих берегов. Она предусматривает использование в едином комплексе сразу трех технологий: 1. Get-технология – устройство грунтоцементных свай согласно «СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования Москва. 2017»; 2. Технология SFA – устройство буроинъекционных свай с помощью непрерывных проходных шнеков (НПШ) в теле грунтоцементного массива вдоль его оси симметрии, как правило, диаметром не более 300 мм; 3. Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай. Электрогидравлический эффект возникающий при обработке мелкозернистого бетона способствует внедрению его в грунтоцементный массив. Тем самым произойдет более полное сцепление этих двух конструктивных элементов [9-22].

К современному геотехническому строительству предъявляются повышенные требования [1-8, 9-22]. В большинстве случаев это оправдано. Часто не удается достичь проектных значений несущей способности оснований применяя существующие геотехнические технологии. Используя несколько существующих технологий совместно возможно создать заглубленную конструкцию повышенной несущей способности. Следует отметить, что современное геотехническое строительство позволяет решать большинство проблем возникающих как вовремя строительства, так и в период эксплуатации объектов и сооружений. Это обстоятельство позволяет сконструировать принципиально новую

заглубленную железобетонную конструкцию – грунтобетонную сваю. На рис. 1 приведена схема устройства комбинированной грунтобетонной сваи. Заглубленная железобетонная конструкция – грунтобетонная свая (ГБС) приведенная на рис. 1 б в отличие от других типов имеет сложную конструкцию поперечного сечения. Несущим элементом служит электрогидравлически обработанная и армированная свая SFA (НПШ) (поз. 3). Ее несущая способность по наружной поверхности зависит от фрикционных характеристик грунтоцементной составляющей (см. поз. 1 рис.2). Кроме того свая SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом работает как железобетонная свая трения по боковой поверхности с окружающим грунтом (см. рис. 3).

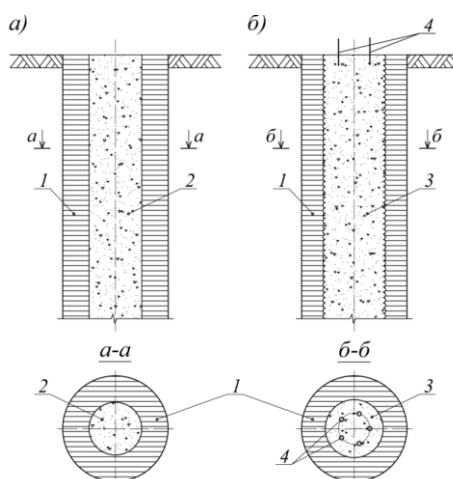


Рисунок 1. Схема устройства грунтобетонной сваи (ГБС)

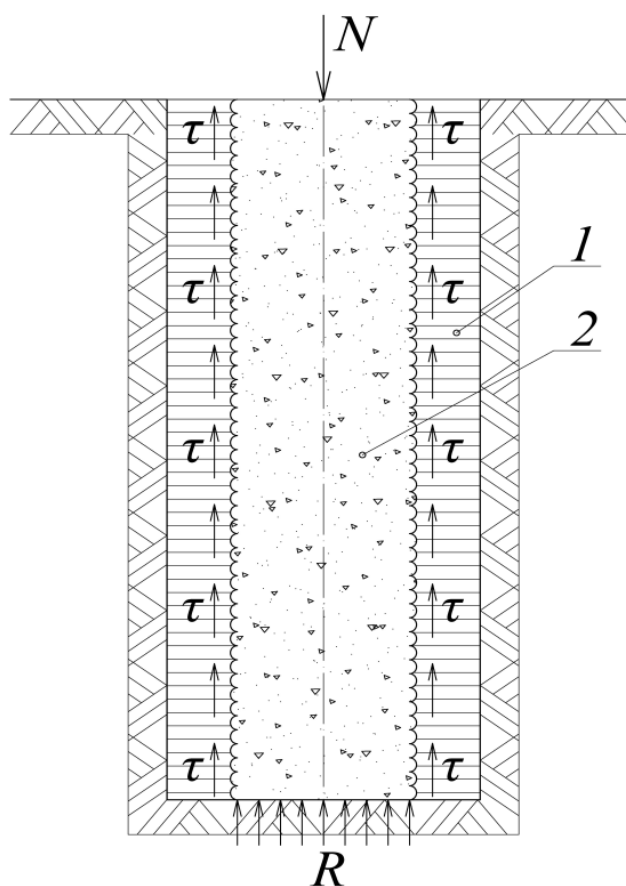


Рисунок 2. Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) по грунтоцементному основанию  
 Fd1: 1 – грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ)

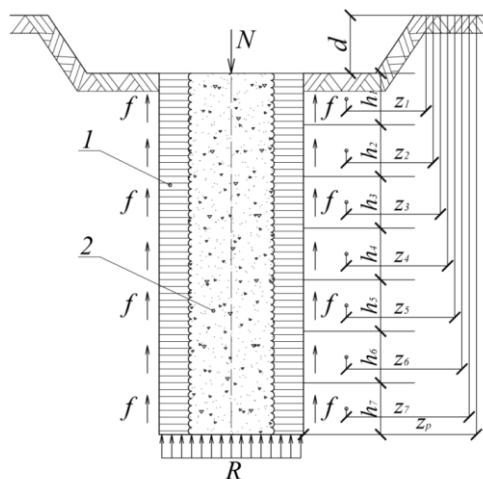


Рисунок 3. Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом по грунту (грунтобетонные сваи (ГБС): 1 – грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ)

Грунтобетонные сваи кроме усиления основания фундаментов также можно использовать еще по другому назначению как противопаводковая геотехническая строительная конструкция. Она может быть широко использована для укрепления берегов равнинных рек Средней России, Сибири и Дальнего Востока, а также насыпей автомобильных дорог, грунтовых дамб. При этом в качестве основного конструктивного элемента против эрозии грунта берега русла (поз.4 рис.4) используется сплошной шпунт (поз.1 рис. 4), за которым возводится монолитная железобетонная угловая подпорная стена (поз.2 рис. 4) на свайном основании из ГБС (поз.3 рис. 3). При этом абсолютная отметка верхней грани стены должна быть как минимум на 0,5 метра выше максимальной отметки разлива реки, принимаемой по результатам многолетних наблюдений. Используя технологию GET 2 свайное основание можно превратить в противofильтрационную завесу из буросекущихся грунтоцементных свай. При разливе рек по обоим берегам конструктив, приведенный на рис. 4 устраивается также вдоль другого берега. Такая схема устройства противопаводковой подпорной стены позволит не только предотвратить реки от переливания, но и фильтрационному проникновению воды за пределы подпорной стены.

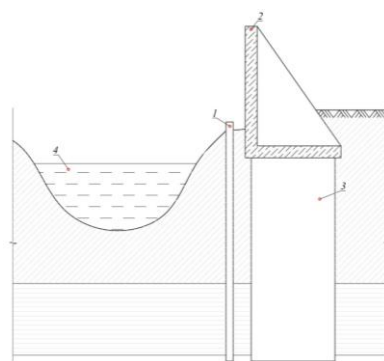


Рисунок 4. Схема укрепления берегов разливающихся рек: 1 – сплошной шпунт, 2 – угловая подпорная стена, 3 – свайное основание из ГБС как противofильтрационная завеса, 4 – русло реки

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.

3. Pichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Ilyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, 28th IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. P. 338-342/
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September. 2007. Vol. 2. P. 683-688.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буронабивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буронабивных свай ЭРТ с многоступенчатыми уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной свай // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование. 2017. № 12. С. 38–43.
12. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science. 15. 2017. 4, 482. p. 518–523.
13. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронабивных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.
14. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
15. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. С. 34-38.
16. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания // Строительные материалы. 2019. №6. С. 67-72.
17. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронабивных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-18.
18. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
19. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
20. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
21. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ».
22. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной свай: № 2005140716/00: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

**Техническая целесообразность и экономическая эффективность устройства свай ЭРТ**

ООО НПФ «ФОРСТ»

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-877

**Аннотация**

Строительство зданий и сооружений, а также возведение отдельных этапов, как например, нулевой части или каркаса и т.д. производится по основополагающему принципу. Это выбор наиболее оптимального варианта – технически целесообразного и экономически эффективного. Доля строительства подземной части достигает 15÷20 % в общей сметной стоимости объекта. Поэтому выбор наиболее экономичного типа свайного фундамента играет преобладающую роль в надежной эксплуатации здания.

**Ключевые слова:** Сметная стоимость, себестоимость, буровая свая, разрядно-импульсная технология, несущая способность, буроинъекционная свая.

**Abstract**

The construction of buildings and structures, as well as the erection of individual phases, such as the zero-cycle part or the frame, etc., is carried out according to a guiding principle. This is about the choice of the most optimal option that is technically feasible and cost-effective. The share of substructure construction reaches 15÷20% of the total estimated cost of a facility. Therefore, the selection of the most cost-efficient type of pile foundation plays a predominant role in the reliable operation of the building.

**Keywords:** estimated cost, prime cost, bored pile, discharge-pulse technology, bearing capacity, bored injection pile.

Современные компьютерные методы расчета системы «основания-фундаменты-сооружение» позволяет моделировать геотехническую задачу любой сложности. В настоящее время в наличии геотехнических организаций имеется высокотехнологическое оборудование с огромными возможностями. Использование специализированной техники открывает широкий простор в решении возникших сложных геотехнических проблем, как в новом строительстве, так и в реконструкции. При этом должны быть учтены вопросы экологии, экономики, а также техники безопасности производства геотехнических работ.

В практике геотехнического строительства наиболее часто используемыми заглубленными конструкциями являются буровые сваи. По классификации свода правил СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты» имеется широкий диапазон от «микросвай» до буровых свай больших диаметров. Для любого типа буровых свай в зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий существует конкретная технология их изготовления. Это буровые сваи в осадных трубах, под защитой глинистой рубашки, с помощью проходных шнеков (SFA), с помощью инвентарных труб с теряемым наконечником и т.д. Поэтому для технико-экономического выбора типа свай следует пользоваться наиболее приемлемыми общедоступными критериями.

Основными показателями, по которым отбирается тип буровых свай для использования на конкретном объекте, являются: 1) несущая способность  $F_d$ ; 2) технологичность – возможность технологии и геотехнической организации производства работ в сложных инженерно-геологических условиях, а также в стесненных и особо стесненных условиях; 3) производительность устройства буровых свай.

Одним из основополагающих критериев для выбора типа буровых свай является их несущая способность  $F_d$ , определение которой производится по формуле (7.11) свода правил СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты».

$$F_d = \gamma_c(\gamma_c R R_A + u \sum(\gamma_c f_{fi} h_i)), \quad (1)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;  $R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимаемое по табл. 7.2 СП 24.13330.2011;  $A$  – площадь опирания сваи на грунт, м;  $u$  – наружный периметр поперечного сечения сваи, м;  $f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимаемое по СП 24.13330.2021;  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;  $\gamma_{cf}$  – коэффициент условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.6 СП 24.13330.2021; коэффициент  $\gamma_{cR}$  – коэффициент условий работы под нижним концом сваи согласно п. 7.26 СП 24.13330.2021.

Для сравнительных расчетов ниже рассмотрены буроинъекционные сваи изготовленные по разрядно-импульсной технологии (ЭРТ) без промежуточных уширений и с промежуточными уширениями, буронабивные сваи погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником, буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков (SFA), а также буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки.

Для каждого типа буровых свай должен быть использован принцип интерактивного проектирования [1] предполагающий следующую схему: «базовый проект – опытная площадка – корректировка базового проекта». Обычно в качестве опытной площадки принимается участок свайного поля включенного в состав базового проекта. В этом случае возможно избежание дополнительных затрат. Результаты натурных испытаний должны являться основой проектирования подземных сооружений с применением типа буровых свай.

Несущая способность свай, изготавливаемых по применяемым в настоящее время технологиям, определяется как сумма величин несущих способностей по пяте и боковой поверхности. Последние зависят от геометрических параметров сваи (площади опирания и боковой поверхности) и инженерно-геологических характеристик грунтов, примыкающих к свае (расчетных сопротивлений грунта под пятой и по боковой поверхности сваи).

Существенное повышение несущей способности достигается в случае, если свая представляет собой конструкцию из нескольких уширений [2÷9] при этом нижнее уширение выполняется на пяте сваи увеличивая ее площадь, а верхние (по боковой поверхности) работают как дополнительные опоры, а несущая способность грунтов при опирании на них этими опорами значительно выше несущей способности этих же грунтов при трении о них боковой поверхности сваи. Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность. Несущая способность свай-ЭРТ с двумя уширениями в 1,5 - 2,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

В качестве примера ниже приведены сравнительные расчеты несущей способности буроинъекционной сваи-ЭРТ с уширенной пятой и двумя уширениями вдоль ствола и буроинъекционной сваи-ЭРТ без уширений. Оба типа сваи имеют диаметр ствола 0,35 м и изготовлены в одних и тех же грунтовых условиях. С поверхности основания залегают суглинки с показателем текучести  $IL = 0,6$ , под ними - суглинки с  $IL = 0,3$ . Сваи заделаны в мелкие пески средней плотности.

Несущая способность буроинъекционной сваи-ЭРТ без уширений, рассчитанная по формуле (1), составила  $F_d = 1\,170$  кН. Для сваи-ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) с множественными уширениями при расчете по той же формуле она получилась равной  $F_d = 2\,100$  кН. Алгоритмы расчетов приведены в рис. 1 и 2. (п. 1\*). Нетрудно посчитать, что несущая способность при создании уширений в данном случае увеличилась в 1,79 раза.

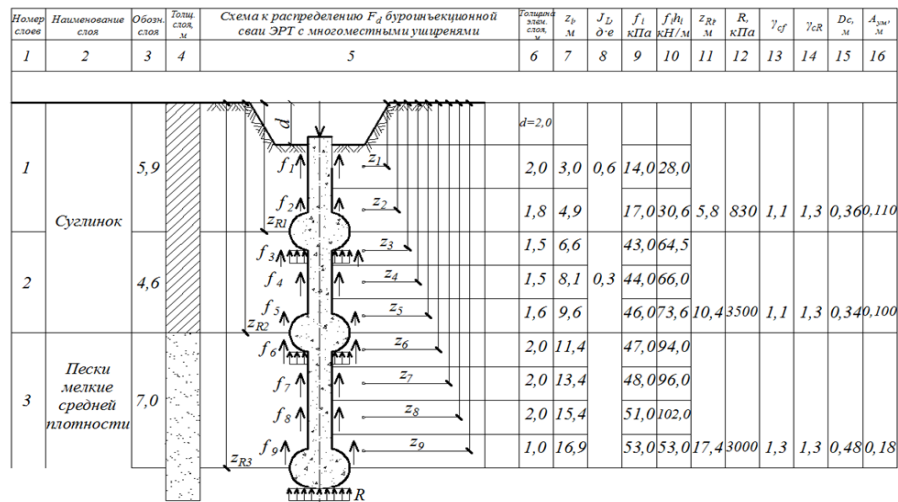


Рисунок 1. Схема к определению несущей способности  $F_d$  буровинъекционной сваи-ЭРТ с многоступенчатыми уширениями.

Ниже на рис. 2 приведены алгоритмы расчетов несущей способности  $F_d$ , в тех же грунтовых условиях, буровых свай  $\varnothing 500$  длиной 17,0 м поз.: 2\* – Для буронабивных свай при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником; 3\* – Для буронабивных свай с использованием обсадных труб или проходных шнеков (SFA); 4\* – Для буронабивных свай, выполняемых под защитой глинистой рубашки (рис. 2).

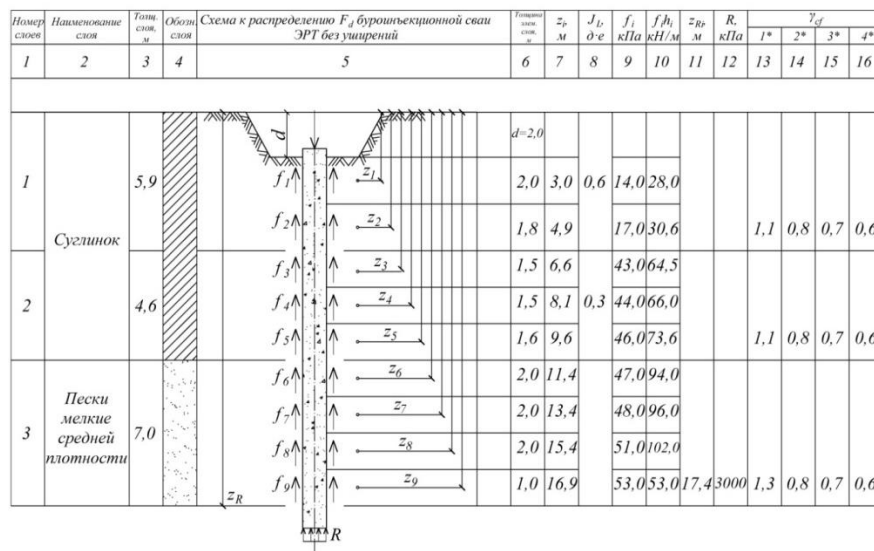


Рисунок 2. Схема к определению несущей способности  $F_d$  буровых свай. Примечания: 1\* – Для буровинъекционных свай-ЭРТ без промежуточных уширений; 2\* – Для буронабивных свай при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником; 3\* – Для буронабивных свай с использованием обсадных труб или проходных шнеков; 4\* – Для буронабивных свай, выполняемых под защитой глинистой рубашки. Коэффициенты  $\gamma_{cf}$  взяты из табл. 7.6 СП 24.13330.2021.

Итак, несущая способность  $F_d$  буровых свай  $\varnothing 500$  по грунту составляет:

– поз. 2\*:

$$F_d = 1,0 [1,0 \cdot 3000 \cdot 0,20 + 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot (28,0 + 30,6 + 64,5 + 66,0 + 73,6 + 94,0 + 96,0 + 102,0 + 53,0)] = 1352 \text{ кН};$$

- поз. 3\*:  $F_d = 1258 \text{ кН};$

- поз. 4\*:  $F_d = 1160 \text{ кН}.$

Ниже в табл. 1 сведены результаты расчетов  $F_d$ .



Таблица 1

Результаты расчетов  $F_d$ .

№ п/п	Типы буровых свай	Диаметр, Ø, мм	Несущая способность, $F_d$ , кН
1	Сваи-ЭРТ с промежуточными уширениями	350	2110
2	1* - Сваи-ЭРТ без промежуточных уширений	350	1170
3	2* - буронабивные сваи погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником	500	1352
4	3* - буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков	500	1258
5	4* - буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки	500	1160

Анализируя результаты расчетов в табл. 1 можно сделать вывод о том, что свая-ЭРТ с двумя промежуточными уширениями вдоль ствола и одним уширением у пяты превосходит все остальные рассмотренные выше сваи в 1,6÷1,8 раза. Таким образом, количество свай в свайном поле из свай-ЭРТ с местными уширениями в 1,6÷1,8 раза меньше других типов свай. Учитывая, что в среднем стоимость 1 м<sup>3</sup> буронабивной сваи колеблется в интервале 25÷40 тыс. руб., то стоимость 17-метровой сваи (см. табл. 2) равна 85,0÷136,0 тыс. руб. Пересчитывая ее на 1 п/м буровой сваи сметная стоимость колеблется в пределах 5000÷8000 руб.

Ниже в табл. 2 приведены ориентировочные сметные стоимости вышеприведенных типов буронабивных и буроналивных свай.

Таблица 2

## Ориентировочные сметные стоимости свай.

№ п/п	Типы буровых свай	Количество свай в свайно-плитном фундаменте, шт.	Длина свай, п/м	Общий погонаж, м	Стоимость п/м свай, руб.	Общая стоимость объекта, млн. руб.
1	2* - буронабивные сваи погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником	125	17,0	2125	5000÷8000	10,6÷17,0
2	3* - буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков	134	17,0	2278	5000÷8000	11,4÷18,2
3	4* - буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки	146	17,0	2482	5000÷8000	12,4÷19,9
4	1* - сваи-ЭРТ без промежуточных уширений	144	17,0	2448	3500÷6000	8,6÷14,7
5	Сваи-ЭРТ с местными уширениями	80	17,0	1360	3500÷6000	4,8÷8,2

Таким образом, из расчетов в табл. 2 можно подытожить, что поз 4 и 5 наиболее конкурентоспособны по сравнению с другими типами буровых свай.

## Вывод:

Анализируя вышеприведенное можно обобщить, что буроналивные сваи с местными уширениями изготавливаемые с использованием разрядно-импульсной технологии, имеют наиболее конкурентное преимущество по сравнению с буронабивными и

буроинъекционными сваями без уширений. За счет устройства уширений вдоль ствола и на пяте создается возможность увеличения несущей способности сваи в несколько раз в зависимости от типа грунтовых условий.

\*\*\*

1. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
1. 2. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроинъекционных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
2. 3. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411.
3. 4. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
4. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с многоместными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34.
5. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с многоместными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
7. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
8. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
9. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
10. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
11. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ».
12. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи: № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

**Соколов Н.С.**

**Технологическая установка для улучшения строительных свойств слабых грунтов**

*ООО НПФ «ФОРСТ»*

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»*

*(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-878*

#### **Аннотация**

Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай открывает новое направление в геотехническом строительстве. Благодаря ее специфическим качествам она является оригинальной. В отличие от других технологий она позволяет изготовить буроинъекционные сваи повышенной несущей способности. Оригинальность этой технологии заключается в использовании генераторов импульсных токов для создания

электрогидравлического эффекта в пробуренной и заполненной мелкозернистым бетоном скважине. Технология устройства буровых свай с помощью генератора импульсных токов способствует повышению надежности и электробезопасности путем уменьшения рабочего напряжения. При формировании высокоэнергетического импульса создаются условия, при которых образуется и развивается ударная волна в виде электрогидравлического эффекта в среде мелкозернистого бетона на грунт стенок буровой скважины.

**Ключевые слова:** батарея конденсаторов, рабочее напряжение, коаксиальный кабель КВИМ, шаговое напряжение, ГИТ, буровая свая, разрядно-импульсная технология (РИТ), многоместные уширения.

### Abstract

Discharge-pulse technology of bored-injection piles arrangement unfolds a new direction in geotechnical construction. Its specific qualities make it an original one. In comparison with other technologies, it allows production of bored-injection piles with increased load-bearing capacity. The originality of this technology lies in the use of surge-current generators to create an electrohydraulic effect in a drilled well, filled with fine-grained concrete. The technology of bored piles arrangement using a surge-current generator contributes to reliability and electrical safety by reducing the operating voltage. When forming a high-energy pulse, conditions are created under which a shock wave is formed and developed in the form of an electrohydraulic effect in the medium of fine-grained concrete on the ground of the bored well walls.

**Keywords:** capacitor bank, operating voltage, high voltage pulse low-inductance coaxial cable, step voltage, SCG, bored pile, discharge-pulse technology (DPT), multiple extensions.

Проблема повышения несущей способности буроинъекционных и буронабивных свай  $F_d$  является в настоящее время весьма актуальной проблемой в области геотехнического строительства. Особенно она злободневна при строительстве в стесненных и особо стесненных условиях, а также для случаев оснований сложенных проблематичными грунтами. Одним из направлений увеличения несущей способности свай по грунту  $F_d$  является создание уширений (подпятников) вдоль ствола свай с конкретным шагом или в зависимости от напластования инженерно-геологических элементов (ИГЭ) основания, а также на уровне пяты буроинъекционной или буронабивной сваи. Для достижения этой цели наиболее приемлемой оказывается разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (свай-ЭРТ) [6-10, 12].

Для осуществления вышеприведенного алгоритма устройства свай-ЭРТ необходимы технологические устройства для создания уширений в теле бетона заполняющего буровую скважину. Этой конструкцией является генератор импульсных токов. Энергия, образованная в нем перемещается через коаксиальный кабель в заполненную бетоном скважину в виде электрогидравлического удара.

Следует отметить, что при использовании генератора импульсных токов часты случаи поражения шаговым напряжением обслуживающего персонала. Это зависит от внешних условий протекания для электрического тока в грунте (например, сопротивления грунта), уровня рабочего электрического напряжения и др. При случайном (аварийном) замыкании высоковольтного кабеля возможно физическое (световое, дуговое, электрическое и электродинамическое) воздействие.

Вышеперечисленное ведет к снижению эксплуатационной надежности работы генератора импульсных токов. При аварийном замыкании возможен выход из строя всей установки в целом.

В технологии ЭРТ выполнение обслуживающим персоналом разрядно-импульсной установки (РИУ) условий техники безопасности является обязательным. При этом дополнительные защитные мероприятия и средства по технике безопасности усложняют и удорожают технологию изготовления свай-ЭРТ. При этом они не достаточно эффективны и не могут обеспечить на все 100 % безопасность обслуживающего персонала при работе. Это

особенно актуально при эксплуатации установки в полевых условиях, как например, во время работы под дождем, снегом, а также при мокром грунте.

Особенно важно, что при изготовлении буроинъекционных свай-ЭРТ должно быть уделено повышенное внимание на надежность технологии и электробезопасности посредством уменьшения рабочего электрического напряжения. При формировании высокоэнергетического электрического импульса необходимо создать такие условия, при которых возникнет электрогидравлический удар.

Изготовление буроинъекционной свай-ЭРТ является многоэтапным процессом (см. рис. 1). Это: 1) бурение скважины; 2) подача в нее мелкозернистого бетона; 3) формирование высоковольтных электрических импульсов для возбуждения в твердеющем материале электрических разрядов с помощью перемещаемого в нем разрядника; 4) возникновение высокоэнергетических импульсов низкого напряжения; 5) с формированием каждого высокоэнергетического импульса низкого напряжения создаются дополнительные маломощные импульсы высокого напряжения для инициирования электрического разряда в перемещаемом разряднике. С целью обеспечения оптимальных условий изготовления буроинъекционной свай с высокими значениями несущей способности создаются электрические импульсы свыше 20 кДж напряжением 500-1000 В, а дополнительные маломощные импульсы - с напряжением 5-15 кВ, и энергией 200-2000 Дж длительностью (5-20)10<sup>-6</sup> сек.

Технология устройства буроинъекционных свай-ЭРТ поясняется алгоритмом, приведенным на рис. 2, здесь  $t_1, t_2, t_3... t_8$  – стадии изготовления заглубленной конструкции; 1 – скважина; 2 – мелкозернистый бетон; 3 – излучатель (разрядник); 4 – пространственный армокаркас; 5 – зарядно-выпрямительное устройство, 6 – емкостной высокоэнергетический накопитель электроэнергии; 7 – коммутатор накопителя электроэнергии; 8 – питающий низковольтный кабель; 9 – зарядно-выпрямительное устройство; 10 – маломощный высоковольтный источник; 11 – коммутатор маломощного высоковольтного источника; 12 – блок синхронизации; 13 – кабель; 14 – источник с дополнительным инициирующим электродом, размещенным в разряднике; 15 – область формирования разряда; 16 – часть выполненной свай-ЭРТ. Блок синхронизации 12 выполнен для одновременного среагирования последовательно соединенных через него позиций 7 и 11.

Далее с помощью буровых станков производится проходка скважины 1 рассматриваемого диаметра (стадия  $t_1$ ). При достижении устья скважины забурник извлекается из скважины 1, часть ее заполняется мелкозернистым бетоном 2 (стадия  $t_2$ ). Погружается в скважину 1 пространственный армокаркас 4. Разрядное устройство 3 с питающим низковольтным кабелем 8 подсоединено к емкостному низковольтному накопителю энергии 6 (стадия  $t_3$ ).

Зарядно-выпрямительное устройства 5 заряжает накопитель электрической энергии 6, например, энергоемкостью (20-50) кДж до низкого напряжения порядка до 1000 В (стадия  $t_4$ ). Параллельно производится зарядка поджигающего устройства 10 энергоемкостью порядка 200-2000 Дж до напряжения 5-15 кВ с его же помощью 9 (стадия  $t_5$ ).

Далее подается серия синхронизированных при помощи блока синхронизации 12 высокоэнергетических низковольтных импульсов от накопителя 6, а также маломощных высоковольтных импульсов от источника 10 через кабели 8 и 13 коммутаторы 7 и 11 на разрядник 3 и дополнительный инициирующий электрод 14. Возникает серия низковольтных разрядов основного емкостного накопителя энергии 6 в результате пробоя при помощи образованного инициирующего разряда в области формирования разряда 15.

Такая технологическая последовательность провоцирует возникновение электрогидравлических ударов. Сформировавшиеся ударная волна воздействуют на мелкозернистый бетон 2 и грунт стенок скважины 1, увеличивая тем самым ее поперечное сечение, а также уплотняя мелкозернистый бетон и формируя часть свай 16.

При подаче импульса низкого напряжения на разрядное устройство 14 не возникает электрического пробоя, вследствие того что величины напряжений не обеспечивают электрического зазора для пробоя даже при наличии квазипроводящей среды между электродами разрядника. Поэтому в зону электрического разряда для обеспечения этого эффекта подают инициирующий импульс высокого напряжения (5-15) кВ от дополнительного поджигающего устройства энергией равной (200-2000) Дж длительностью (5-20)  $10^{-6}$  сек синхронно с высокоэнергетическим, выше 20 кДж, импульсом низкого напряжения. Выбор оптимальных параметров напряжения электрического поджига, величины энергии и длительности поджигающего импульса осуществляется опытным путем из условий необходимости изготовления свай с высокими значениями несущей способности и прочности мелкозернистого бетона ствола, а также безопасности процесса изготовления свай для обслуживающего технического персонала и оптимального использования существующего электрического оборудования.

С точки зрения выделения энергии при электрогидравлическом эффекте зазор между электродами должен быть порядка 10-20 мм по поверхности диэлектрика [1÷4]. Следует обратить внимание на то, что при низком электрическом напряжении величиной до 1000 В в этом промежутке разряда не образуется [5].

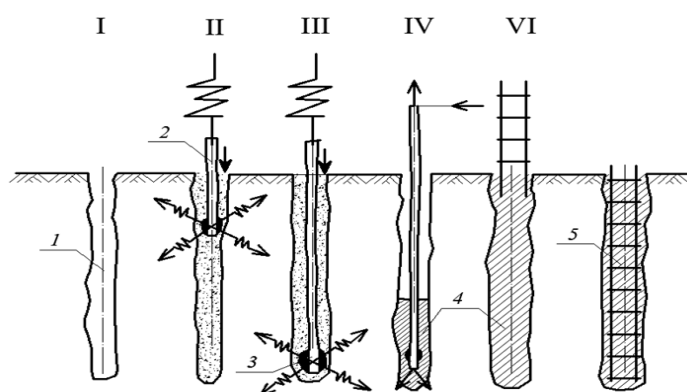


Рисунок 1. Технологическая схема устройства свай ЭРТ (разрядно-импульсная технология): I – устройство лидерной скважины; II, III – расширение скважины ЭРТ обработкой; IV – замещение рабочей жидкости бетонной смесью и активация ее по ЭРТ; V, VI – погружение арматурного каркаса в бетонную смесь; 1 – скважина, заполненная рабочей жидкостью; 2 – заливочная штанга; 3 – электрический излучатель; 4 – бетонная смесь; 5 – арматурный каркас

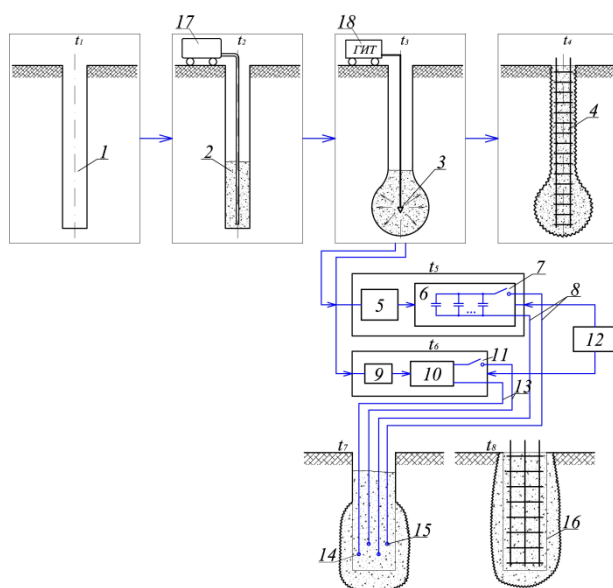


Рисунок 2. План-схема устройства буринъекционных свай-ЭРТ

В то же время высокое напряжение поджигающего импульса также безопасно, так как энергия его, равная 200-2000 Дж, мала, импульс кратковременный и, следовательно, мало и количество электричества [5].

Влияние выбранных параметров выполнения способа на такую характеристику свай, как ее несущая способность  $F_d$  по грунту, приведено в табл. 2. Производились статические испытания свай длиной 12 м, изготовленные из мелкозернистого бетона. Вмещающими грунтами в пределах длины свай служат четвертичные аллювиальные отложения, представленные песками мелкими и пылеватыми с прослоями суглинков и глин. Грунтами активной сжимаемой толщи под острием свай являются пески мелкие и средней крупности. При этом несущая способность полученных свай определялась по существующим методикам в соответствии с [2].

Электроразрядная технология устройства буронабивных свай-ЭРТ дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности при устройстве буронабивных свай, грунтовых анкеров, цементаций оснований и т.д.

Ниже приводится один из примеров использования ГИТ для расчета несущей способности буронабивной свай-ЭРТ по грунту.

Сваи с многоместными уширениями (СМУ) применяются давно. Опыт использования таких свай есть в Индии, ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, России. Конструкция такой свай представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Выше этого уширения в зависимости от типа геолого-технических условий и требуемой несущей способности свай выполняются дополнительные уширения.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность [6–16]. Несущая способность свай-ЭРТ с одним уширением в 2,0 – 2,5 раза, а с двумя – в 3,0 – 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

Сваи-ЭРТ с многоместными уширениями при нагружении работают следующим образом. На начальном этапе нагружения в работу вступает верхнее уширение. По мере увеличения внешней нагрузки постепенно включаются нижележащие уширения, при этом каждое уширение выполняет функцию дополнительной опоры. Несущие свойства грунтов при опирании на них значительно выше свойств этих же грунтов при трении о них боковой поверхности свай. Это подтверждается анализом формул расчета несущей способности указанных свай.

Расчет несущей способности свай без уширения производится по формуле 7.8 свода правил СП 24.13330.2011:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_c R R A + u), \quad (1)$$

В формуле (1) первое слагаемое  $\gamma_c R R A$  представляет собой несущую способность буронабивной свай под ее нижним концом, а второе -  $u$  несущую способность по боковой поверхности.

Несущую способность свай с многоместными уширениями следует определять по формуле 2 (согласно СП 24.13330.2011):

$$(2)$$

Автор настоящей статьи (директор ООО НПФ «ФОРСТ») в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Им было показано, что свай ЭРТ с многоместными уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений.

Опрессовка стенок скважины по технологии ЭРТ производится с помощью камуфлетных уширений СП 24.13330.2021. Это буронабивные свай, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ). У этих свай повышенные значения  $\gamma_c$ , а именно  $\gamma_c = 1,3$ , а  $\gamma_c = 1,1 \div 1,3$  благодаря восстановительной способности структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай-ЭРТ составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности – в  $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2 \div 2,6$  раза.

При определении несущей способности  $F_d$  по формуле 7.11 СП 24.13330.2021 значения расчетных сопротивлений  $R$  и  $f$  определяются по таблицам 7.3 и 7.8 СП 24.13330.2021. В табл. 7.3 СП 24.13330.2021 приведены значения  $f$  для различных значений  $I_L$ , а в табл. 7.8 СП 24.13330.2011 – то же для  $R$ .

Вывод: Разработанный генератор импульсных токов (ГИТ) имеет широкое практическое значение. ГИТ, являясь накопителем высокой до 100 кДж электрической энергии посредством разрядного устройства разгружаясь в заполненную мелкозернистым бетоном скважину, за счет возникшего электрогидравлического удара (ЭГУ), создает предпосылки для создания свай-ЭРТ повышенной несущей способности. При этом многократное использование ЭГУ вдоль ствола сваи создает условия к существенному до 3,5 раз увеличению  $F_d$ .

\*\*\*

1. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989. с. 136-137.
2. ГОСТ 5686-2012. Методы полевых испытаний сваями. М.: Стандартинформ, 2014. 25 с.
3. Куженин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980. с. 135 [с. 52-56].
4. Приказ Минэнерго РФ №6 от 13.01.2003. Правила техники безопасности и технической эксплуатации электрооборудования. Минюст РФ № 4145. - 15 с.
5. Разевича Д.В. Техника безопасности, 2-е изд.: М.: Энергия, 1976. 488 с.
6. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Об ошибочном способе устройства буроинъекционных свай с использованием электроразрядной технологии // Жилищное строительство. № 11. 2016. С. 20-29.
7. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Мелкозернистый бетон, как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай-ЭРТ // Строительные материалы. №5. 2017. Стр. 16-20.
8. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроинъекционная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция // Строительные материалы. №9. 2017.
9. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
10. 10. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27. 15.
11. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. –Л.: Энергия, 1965. 488 с.
12. Патент №2250957 РФ, МПК E02D 5/34. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» № 2003121751/03; заявл. 14.07.2003. Бюл. №12, 7 с.
13. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
14. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».
15. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ».
16. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи: № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

**Сорокин К.С., Гаврилин В.В.**  
**Дегазация в системах поддержания давления**

ФГБОУ ВО «КГЭУ»  
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-879

**Аннотация**

В статье рассмотрена актуальность дегазации в системах водоснабжения и отопления. Приведена конструкция мембранного расширительного бака и рассмотрен процесс дегазации во время компенсации расширения жидкости, за счет перепада давления. Приведен метод повышения интенсивности удаления газов, путем установки дополнительного насоса.

**Ключевые слова:** мембранный расширительный бак, дегазация, коррозия, водоснабжение, отопление.

**Abstract**

The article considers the relevance of degassing in water supply and heating systems. The design of the membrane expansion tank is given and the degassing process during compensation of liquid expansion due to pressure drop is considered. A method for increasing the intensity of gas removal by installing an additional pump is given.

**Keywords:** membrane expansion tank, degassing, corrosion, water supply, heating.

Большой проблемой систем водоснабжения и отопления является коррозия. Коррозийный износ возникает в результате взаимодействия материала трубопровода с кислородом, растворенным в воде. Более наглядно процесс образования оксидов металлов можно наблюдать в момент отключения водоснабжения на период обслуживания оборудования или ремонтных работ. Почти каждый человек при включении водоснабжения после временного отключения замечал коричневый цвет воды. Такой цвет получается взвеси частиц ржавчины. Такая высокая концентрация обусловлена тем, что в период отключения воды, трубопровод полностью заполнен воздухом и концентрация кислорода, которая вступает во взаимодействие в множество раз выше.

В повседневной жизни, при стабильном режиме работы системы водоснабжения слой ржавчины на поверхности металла возникает значительно дольше, но всё-таки с течением времени частицы могут наращиваться из слоев ржавчины и уноситься с потоком жидкости разносясь по системе. Также неровности могут стать причиной возникновения прочих органических и неорганических отложений. Именно поэтому, для снижения скорости образования оксидов на стенках, актуально применение возможности дегазации в системах поддержания давления.

Дегазация – процесс удаления вредоносных, растворенных в жидкости газов или попавших пузырьков газа из системы. Нежелательные примеси в виде газов могут попадать в систему с присосами воздуха, через неплотности или с водой подпитки, которую добавляют для компенсации расхода или потерь.

Рассмотрим один из основных способов поддержания давления в системе – расширительные мембранные баки (МРБ). В данном случае дегазация является лишь полезной дополнительной функцией.





Рисунок 1. Устройство мембранного расширительного бака.

Дегазация осуществляется в объеме, поступающем в бак, в результате температурного расширения жидкости во всей системе. При попадании в бак происходит падение давления до атмосферного, в результате чего из воды выделяются излишки газа. Этот процесс основан на законе Генри Дальтона, суть данного закона заключается в том, что при снижении давления также снижается растворимость газов в жидкости, в результате чего газы переходят в среду с меньшей концентрацией. Выделившийся газ через воздухоотводчик покидает водяную камеру. При этом воздухоотводчик предотвращает обратное попадание газов из атмосферы, так как он устроен по принципу обратного клапана.

Для компенсации перепадов давления на корпусе бака устанавливается воздушный крюк или дыхательное устройство. Соответственно при деформации мембраны излишки воздуха вытесняются или наоборот происходит забор воздуха. Мембрана предотвращает газообмен между двумя камерами бака.

Повысить уровень дегазации можно путем установки насоса на выходе из бака. Периодическое включение насоса обеспечивает дополнительную прокачку и создает область небольшого разрежения.

Хотя баки и обеспечивают удаление газов, но процесс является периодическим и степень дегазации не позволяет применять такое решение в технологических процессах, требующих высокого качества воды.

Вторым вариантом поддержания давления являются автоматические установки поддержания давления (АУПД). В отличие от мембранного бака установка выполняет компенсацию давления, опираясь на показания датчиков, что позволяет добиться высокой точности, значительно выше чем у бака. Также значительным преимуществом является коэффициент заполнения емкостей, так как они заполняются не в результате естественного изменения объема, а в результате нагнетания насосами.

Конструкция АУПД представляет собой гидромодуль, состоящий из нескольких насосов, регулирующих задвижек, перепускных клапанов и датчиков давления. Гидромодуль подключается в разрыве сети водоснабжения или отопления. Дополнительно к нему подключается баки, с датчиком уровня, для сбора излишнего объема воды в результате расширения. Все процессы регулирует блок управления, который собирая данные со всех датчиков и подает сигналы для работы насосов и моторизированных клапанов.

Дегазация в системе осуществляется аналогично бакам, но дополнительно, в результате работы перепускных клапанов процесс дегазации становится более продолжительным. Процесс рециркуляции через баки становится практически непрерывным. Но уровень дегазации все еще остается слишком низким.

Дополнительным решением, которое может помочь значительно снизить содержание газов является вакуумный дегазатор с трубой-эжектором. Он может быть подключен непосредственно к АУПД.

Вакуумный эжектор даёт новые возможности, он удаляет воздух почти полностью - независимо от того, был ли он растворён в подпиточной воде или попал в систему вследствие диффузии или химических реакций. Процесс деаэрации контролируется электроникой в зависимости от выбранной программы постоянной или периодической дегазации и оптимизируется по условиям первого пуска или эксплуатации.

Принцип работы дегазатора аналогичен МРБ и АУПД, но его отличием является большой перепад давления, а именно разряжение над поверхностью воды. В результате чего практически весь кислород во всех его формах удаляется. Это позволяет избежать завоздушивания радиаторов, образования отложений и коррозии, кавитации на насосном оборудовании и местного вскипания на теплообменниках котельного оборудования.

При комплексном подходе к защите системы, можно значительно продлить общий срок службы оборудования и повысить эксплуатационный ресурс.

\*\*\*

1. Кузнецов, П. С. Проблемы в системах водоснабжения и водоотведения и подходы к их решению / П. С. Кузнецов // Аллея науки. – 2022. – Т. 1, № 7(70). – С. 119-121. – EDN OWZOUY.
2. Коновалов, А. В. Безопасность функционирования водогрейной котельной установки / А. В. Коновалов, М. А. Коновалов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1. – С. 50-53. – EDN NZWQCH.
3. Кунеевский, В. В. Расширительный бак мембранного типа / В. В. Кунеевский, Р. И. Вахитова // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли : материалы Международной научно-практической конференции, Альметьевск, 25–28 октября 2017 года / Альметьевский государственный нефтяной институт. Том 3. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2018. – С. 13-15. – EDN YQWWDT.
4. Патент № 2731145 С1 Российская Федерация, МПК F28F 27/00. Автоматическая установка поддержания давления с функцией заполнения : № 2020114228 : заявл. 21.04.2020 : опубл. 31.08.2020 / И. Ю. Юдин, А. А. Халепа ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Фламко РУС". – EDN HMTUXO.
5. Гаврилин, В. В. Преимущества автоматических установок поддержания давления перед мембранными расширительными баками / В. В. Гаврилин, А. С. Гаврилов // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ : материалы докладов, Казань, 05–06 декабря 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 139-141. – EDN HRIHUY.
6. Сорокин, К. С. Анализ и сравнение систем поддержания давления / К. С. Сорокин, А. С. Гаврилов // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ : материалы докладов, Казань, 05–06 декабря 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 188-191. – EDN NZDKOE.

**Сорокин К.С., Гаврилин В.В.**

**Применения датчика наружной температуры для регулировки системы отопления**

*ФГБОУ ВО «КГЭУ»*

*(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-880*

#### **Аннотация**

В данной статье рассмотрена возможность внедрения датчика наружной температуры в систему регулирования отоплением для повышения энергетической эффективности и экономичности. Произведен расчет экономии в потреблении тепловой энергии на основе изменения температуры в течении суток.

**Ключевые слова:** датчик температуры, экономичность, энергосбережение, система отопления, перепад температур.

**Abstract**

This article discusses the possibility of introducing an outdoor temperature sensor into a heating control system to increase energy efficiency and efficiency. The calculation of savings in thermal energy consumption based on temperature changes during the day has been made.

**Keywords:** temperature sensor, efficiency, energy saving, heating system, temperature difference.

**Источники**

В современном мире все больше набирает популярность и массовость такое явление, как энергосбережение. Снижение уровня потребления энергетических ресурсов выходит на значимый уровень.

С развитием техники и технологий, все новые изобретения и новые поколения старых научных открытий повышают планку энергоэффективности, что делает их более востребованными. Автомобили переводят с дизельного топлива и бензина на электродвигатели и использование водородного топлива. Это позволяет как повысить коэффициент полезного действия, так и снизить углеродный след оставляемый в процессе работы.

Если говорить об электронных устройствах и вычислительных машинах, то с течением прогресса снижается их материалоемкость, требуется все меньше компонентов, производимых из нефти и других, загрязняющих природу материалов.

В случае если речь идет о технологиях, срок службы которых составляет от 1-2 лет до 15 лет, можно не беспокоиться о сильном моральном устаревании, так как по мере появления новых технологий, старые устройства успевают отработать свой срок службы и могут быть переработаны или утилизированы без потери эксплуатационного ресурса. В случае рассмотрения более крупных и капитальных объектов, для поддержания приемлемого уровня энергоэффективности и экономичности, соответствия требованиям развивающегося мира, необходимо производить регулярные ремонтные и восстановительные работы, проводить действия по модернизации и внедрению новых решений.

Рассмотрим объекты капитального строительства, а именно жилое строительство. Срок эксплуатации данных объектов может достигать от 50 до 100 лет. По сравнению с самим зданием, внутренние коммуникации и системы имеют в разы меньший эксплуатационный ресурс.

Если в случае с энергетическими машинами и коммуникациями все проще, они могут элементарно заменяться на более совершенные и новые по мере выхода из строя, то для соответствия всего здания все более высоким нормам энергосбережения требуется внедрение дополнительных мероприятий.

Одним из таких мероприятий является установка датчика температуры наружного воздуха. Он представляет из себя контрольный измерительный прибор без показывающего элемента, с выводом сигнала для передачи показаний.

Он в процессе проведения замеров температуры передает данные, на основе которых в дальнейшем происходит регулирование отопительной нагрузки, путем изменения расхода воды на радиаторы. Регулирование осуществляется с помощью перекрытия части потока регулируемыми задвижками с электроприводом.

Преимуществом такого решения является быстрое маневрирование, так как объекты генерации работают в стабильном режиме не реагируя на перепады температур в течении суток.

Произведем расчет экономии тепловой энергии при установке датчика.

Проведем расчет необходимого количества энергии для отопления и горячего водоснабжения:

$$Q = (t_{вн} - t_{н}) \times q_0 \times V$$

$t_{вн}$  - температура внутри помещения

$t_n$  - средняя температура снаружи помещения за самую холодную пятидневку

$q_0$  - удельный расход тепла на отопление здания

$V$  - Объем здания

Для расчета примем условное здание, объемом 1000 метров кубических. Температурный перепад в течении дня примем от -25 до -10 градусов. Температуру воздуха в помещении примем стандартной, равной 20 градусам цельсия. Удельный расход тепла принимаем равным 1,15 Вт/(м<sup>3</sup>\*градус)

Расчет необходимого количества теплоты при самой холодной температуре воздуха -25 градусоув:

$$Q_2 = (20 + 25) \times 1,15 \times 1000 = 51\,750 \text{ Вт}$$

В случае потепления до температуры наружного воздуха до -10 градусов:

$$Q_1 = (20 + 10) \times 1,15 \times 1000 = 34\,500 \text{ Вт}$$

По результатам расчета можем увидеть, что при регулировании системы теплоснабжения при данном перепаде температур мы можем в моменте получить экономию до 33% тепловой энергии. При этом, в случае использования частной котельной мы также получаем экономию основного топлива, так как снижается требуемая мощность котлоагрегата, необходимая для нагрева воды.

Но поскольку в течении суток максимальный перепад температур держится ограниченный промежуток времени, то коэффициент полезного действия будет снижаться тем больше, чем короче длительность максимального перепада температур.



Рисунок 1. График температуры.

Теперь проведем дополнительный расчет с выше принятыми параметрами дома для графика температуры с 9 по 10 января. На начало 9 числа температура наружного воздуха равна нолю градусов и по графику видно, что она стремительно снижается. На конец дня температура опускается до минус 25 градусов.

Количество потребляемой тепловой энергии на отопление на начало дня 9 января:

$$Q_1 = (20 - 0) \times 1,15 \times 1000 = 23\,000 \text{ Вт}$$

На конец дня 9 января:

$$Q_2=(20+25)\times 1,15\times 1000=51\ 750\ \text{Вт}$$

Таким образом максимальная экономия будет равна 55%. Если провести прямую линию из точки начала дня и конца, мы увидим, что весь график лежит ниже этой линии. Из этого можно сделать вывод что общая экономия будет ниже 50%. Тогда с учетом всего суточного изменения графика общая экономия составит примерно 34%. Это значение нашли по графику, путем вычитания площади графика температур из площади прямоугольника с постоянной максимально низкой температурой в течении суток.

Установка датчика температуры наружного воздуха положительно скажется на экономии тепловой энергии и с учетом низкой себестоимости и стоимости монтажных работ будет иметь небольшой срок окупаемости. Также экономия тепловой энергии косвенно приведет к снижению выбросов и уменьшению углеродного следа.

\*\*\*

1. Губанова, А. Д. Альтернативные способы энергосбережения в жилых домах и сельскохозяйственных предприятиях / А. Д. Губанова // Точная наука. 2018. № 20. С. 47-49.
2. Патент № 2215104 С1 Российская Федерация, МПК E04H 9/02. способ определения расчетного срока службы здания или сооружения : № 2002109531/03 : заявл. 12.04.2002 : опубл. 27.10.2003 / В. Г. Воробьев ; заявитель Открытое акционерное общество "Карачайчеркесагропромпроект". – EDN WIQMYK.
3. Кузин, Н. Я. Энергосбережение жилого дома / Н. Я. Кузин, Р. М. Салиев // Аллея науки. 2018. Т. 8, № 5(21). С. 1171-1176.

### Суфиянов Р.Ш.

#### К вопросу о повышении степени локализации производства отечественных легковых автомобилей

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет  
(Россия, Бронницы)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-881

#### Аннотация

Возрождение отечественного автопрома напрямую зависит от развития заводов, производящих все необходимые компоненты на собственных платформах. Минпромторг рассматривает возможность применения некоторой минимальной планки локализации (оцениваемой в баллах) для автомобилей, производимых в рамках специальных инвестиционных контрактов. При этом дороже всего оценивается производство кузовов.

**Ключевые слова:** производство автомобилей, локализация, специальный инвестиционный контракт, кузов автомобиля.

#### Abstract

The revival of the domestic automotive industry directly depends on the development of factories that produce all the necessary components on their own platforms. The Ministry of Industry and Trade is considering the possibility of applying a certain minimum level of localization (estimated in points) for vehicles manufactured under special investment contracts. At the same time, the production of bodies is estimated to be the most expensive.

**Keywords:** car production, localization, special investment contract, car body.

Современный автомобиль представляет собой сложную эмерджентную техническую систему, все элементы которой предназначены для реализации множества функций, задаваемых разработчиками с учетом потребностей рынка. Одной из проблем, стоящих перед отечественным автопромом и которую необходимо решать в ближайшее время, является

необходимость локализации автомобилей с максимальной заменой импортируемых деталей в связи с санкциями, введенными против нашей страны.

Минпромторг рассматривает возможность применения некоторой минимальной планки локализации для автомобилей, производимых в рамках специальных инвестиционных контрактов (СПИК). Начиная с 01 января 2024 года, данная планка применяется уже для льготного автокредитования, в частности для участия в этой программе российским производителям автомобилей, необходимо набрать 1600 баллов [1].

Решению данной проблемы должно способствовать и поручение Президента России В.В. Путина о принятии мер, направленных на приоритетное использование государственными и муниципальными служащими в служебных целях автомобилей российского производства [2].

В целях исполнения данного поручения при формировании заявки, в первую очередь, рассматриваются легковые автомобили с российским идентификационным номером транспортного средства (VIN), в отношении которых предусматриваются обязательства по локализации в рамках заключенных СПИК.

К таким транспортным средствам отнесены автомобили следующих брендов:

- бренд Lada, модели: Vesta, Vesta SW Cross, Granta, Niva Legend, Niva Travel;
- бренд Москвич, модели: 3, 3e, 6;
- бренд УАЗ, модели: Патриот, Пикап, Профи, Хантер, СГР;
- бренд Evolute, модели: I-PRO, I-JOY, I-SKY;
- бренд Naval, модели: Jolion, Dargo, F7/F7x, H9;
- бренд AURUS, модели: SENAT, KOMENDANT.

При этом следует отметить, что в Минпромторге выше всего, с данной точкой зрения, оценивают производство кузовов, так, например, за сборку (сварку) кузова и его окраску присваивается 900 баллов, а это составляет, порядка 30% от уровня локализации Lada Vesta [3].

Основной конструкционной частью автомобиля является именно кузов, служащий для размещения водителя, пассажиров, а также грузов. К нему крепятся многочисленные узлы и детали (двигатель, трансмиссия, механизмы управления и др.), при этом кузов может быть несущим или крепиться к несущей раме автомобиля.

Традиционно для изготовления кузовов легковых автомобилей, применяются различные листовые стали. Несмотря на определенные трудности, возникшие в автопроме после введения санкций, российская промышленность находит пути обеспечения отечественных автопроизводителей качественной сталью.

Наиболее часто для изготовления автомобильных кузовов применяют сплавы железа, алюминиевые сплавы, а также различные синтетические материалы [4]. Сплавы железа относятся к одним из сравнительно недорогих материалов, традиционно используемых для этих целей. Из них формируют элементы кузова, которые сваривают между собой. Эти сплавы могут содержать кремний, марганец и фосфор, улучшающие их механические свойства, такие как сопротивление деформации (прочность, твердость), сопротивление разрушению (пластичность, вязкость).

Добавление ниобия, титана, бора с применением определенных методов обработки позволяют получить сплавы с улучшенными прочностными характеристиками, применяемыми в соответствующих элементах кузова.

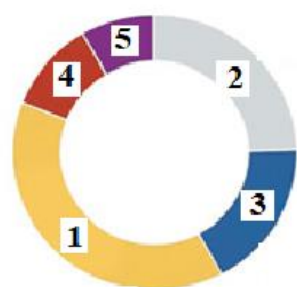
К достоинствам кузова из стали относят: - относительно высокая ремонтпригодность; легкая утилизируемость; низкая себестоимость.

К недостаткам относят: существенный вес конструкций; подверженность коррозии; сравнительно низкий ресурс.

Кузов современного автомобиля состоит из нескольких частей, которые в зависимости от предъявляемых к ним требований, изготавливаются из различных марок сталей. В частности, на кузове легкового автомобиля продукции АвтоВАЗа используется до десяти сортов стали: из тонких и пластичных листов толщиной 0,6-0,8 мм изготавливают лицевые панели, а из листов

толщиной 1 мм и больше элементы каркаса кузова. Рулоны стали разматываются, раскраиваются и воздействием прессов формируются части кузова [5].

Усилители стоек лобового стекла, лонжероны, детали пола, порогов и сменные балки под бамперами выполняются из стали повышенной прочности. Использование оцинкованного листа несколько ограничено: из него производят только силовые элементы кузова. Основная часть наружных деталей кузова (панели дверей, крыши, капота и др.) изготавливают из стали обычного черного проката (рис.1).



- 1 - Сверхвысокопрочная сталь 39,3%
- 2 - Сталь глубокой вытяжки 24,9%
- 3 - Высокопрочная сталь 17,2%
- 4 - Улучшенная сверхгибкая сталь 10,6%
- 5 - Горячеформованная сталь 8,1%

Рисунок 1 Стали применяемые при производстве кузовов автомобилей [6]

Известно, что после введения санкций, остро встала проблема импортозамещения и не только в сфере электроники, но и в обеспечении высокопрочным качественным листовым металлом, используемым для производства кузовов автомобилей.

Замена импортной стали на отечественный листовой прокат первоначально приводила к существенному возрастанию брака уже на этапе раскройки листов из-за деформации и скручивания стали. По оценкам экспертов, данная проблема связана была, прежде всего, в устаревших отечественных технологиях и оборудовании для производства сталей [7].

Но антироссийские санкции «открывают» для нашей страны и пути совершенствования и создания отечественных производств, повышения качества выпускаемой продукции, в том числе сталей повышенной прочности для производства автомобилей.

Так, например, Магнитогорским металлургическим комбинатом освоена новая технология производства высокопрочной стали. По предварительным данным выпускаемая продукция должна превзойти по эксплуатационным характеристикам лучшие импортные аналоги [8].

\*\*\*

1. Минпромторг повышает требования к локализации машин. Электронный ресурс: <https://dzen.ru/a/ZdRx5Ad-Dldr0EU2>

2. Министерство промышленности и торговли российской федерации, Письмо от 20 октября 2023 г. п ка-112797/20. Электронный ресурс: <https://nkprom.ru/upload/files/Письмо%20Минпромторга%20России%20от%2020.10.2023.pdf>
3. Из чего сделаны российские машины. Электронный ресурс: [https://auto.ru/mag/article/avtomobili-s-samoy-vysokoy-stepenyu-lokalizacii-v-rossii/?ysclid=lt9nhgag4a727489745&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fya.ru%2F](https://auto.ru/mag/article/avtomobili-s-samoy-vysokoy-stepenyu-lokalizacii-v-rossii/?ysclid=lt9nhgag4a727489745&utm_referrer=https%3A%2F%2Fya.ru%2F)
4. Основные материалы для кузовов автомобилей. Электронный ресурс: <https://dzen.ru/a/XrU7X6nbJATyvFTd>
5. Автомобиль начинается со стального листа. Электронный ресурс: <https://quto.ru/journal/news/stalo-izvestno-iz-kakogo-metalla-delayut-avtomobili-lada-04-10-2023.htm>
6. Стали, применяемые при производстве кузовов автомобилей. Электронный ресурс: [https://ya.ru/images/search?from=tabbar&img\\_url=https%3A%2F%2Fpkfst.ru%2F800%2F600%2Fhttps%2Fautoreview.ru%2Fimages%2F](https://ya.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fpkfst.ru%2F800%2F600%2Fhttps%2Fautoreview.ru%2Fimages%2F)
7. В России наблюдается дефицит качественного металла. Электронный ресурс: <https://5koleso.ru/avtopark/proizvodstvo/so-shvedskoj-stalyu-takih-problem-ne-bylo-chem-nash-metall-ne-ustraivaet-rossijskih-avtoproizvoditelej/?ysclid=lt9wxcyi41962185904>
8. Превзойдут импортные аналоги: Магнитка осваивает новые марки стали для автопрома. Электронный ресурс: <https://dzen.ru/a/ZDJHQPFQ31fw63>

**Сухопарова Е.В.**

### **Основы анимации в Blender**

*ФГАОУ ВО Северный (Арктический) Федеральный Университет  
имени М.В. Ломоносова  
(Россия, Архангельск)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-882

#### **Аннотация**

В статье рассматриваются основные моменты создания анимации в программе Blender – от настройки ключевых кадров до выполнения визуализации и сохранения видео файла.

**Ключевые слова:** анимация, моделирование, Блендер, ключевые кадры, рендеринг, видеофайл.

#### **Abstract**

The article discusses the main points of creating animations in the Blender program – from setting up keyframes to performing visualization and saving a video file.

**Keywords:** animation, modeling, Blender, keyframes, rendering, video file.

Результатом создания анимации некоторого объекта в программе является видеофайл (анимационный ролик), состоящий из набора изображений. Данные изображения называются кадрами. От количества кадров зависит качество и длительность ролика.

Создадим новую сцену и удалим в ней все объекты, кроме куба.

Окно создания анимации Timeline находится внизу экрана. Для её детального отображения перетащим немного вверх границу окна (рис.1). В окне присутствуют номера кадров (по умолчанию 250).

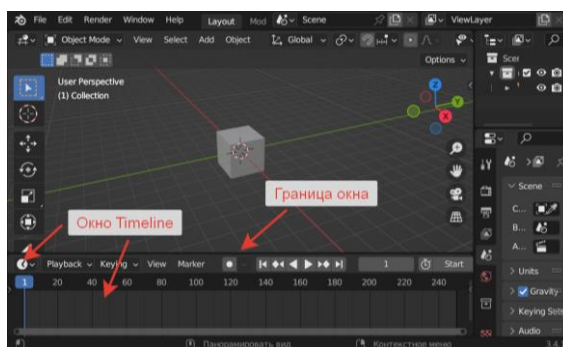


Рисунок 1. Окно Timeline.



Для создания анимации необходимо создавать ключи или ключевые кадры (Keyframes). Под ключом будем понимать сохранение некоторых значений свойств объекта для некоторого кадра. Рассмотрим несколько способов создания ключей.

Переходим в ортогональный режим (на дополнительной клавиатуре цифра 5) и далее на вид справа (цифра 3). Если около какого-то параметра объекта есть точка, значит его можно анимировать. При нажатии на точку она превратится в ромб, а параметр окрасится в оранжевый цвет. Такой же ромб появится и в окне Timeline на первом кадре (рис. 2). Например, если необходимо анимировать положение объекта, то устанавливаются ключи для свойства Location, нажатием на точку справа от параметра. Для отключения повторно нажимаем на ромб.



Рисунок 2. Создание ключа для параметра Location.

Ещё один способ задать ключевой кадр для нужного параметра – подвести указатель мыши на этот параметр (например, на одно из полей Location) и нажать клавишу I – все три параметра будут подсвечены и появятся ключи (рис.3). Для продолжения необходимо переместить ползунок в окне Timeline на другой кадр и выполнить какие-либо действия с объектом. Например, передвинем ползунок на 45-й кадр и изменим положение объекта, переместив его вправо вверх (клавиша G). Увидим, что у полей параметра изменились цвета (рис. 3).



Рисунок 3. Создание ключей и их изменение после перемещения.

Для фиксации значений для данного кадра, наводим указатель мыши на параметр Location и нажимаем клавишу I – на шкале анимации на 45 кадре появится ромб. Далее, переходим на 90-й кадр, опускаем куб вправо вниз и нажимаем I.

В окне анимации есть проигрыватель. Чтобы вернуться на начало шкалы нажимаем стрелку влево (рис. 4). Создана анимация с тремя ключами на 90 кадров.

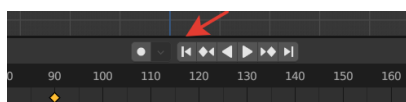


Рисунок 4. Шкала анимации.

Для проигрывания анимации нажимаем кнопку Play. Куб будет двигаться по заданной траектории, но после 90-го кадра ничего происходить не будет, а бегунок продолжит своё движение. Чтобы анимация не продолжалась дальше 90-го кадра, её можно ограничить на шкале кадров или в настройках вывода файлов (рис. 5).

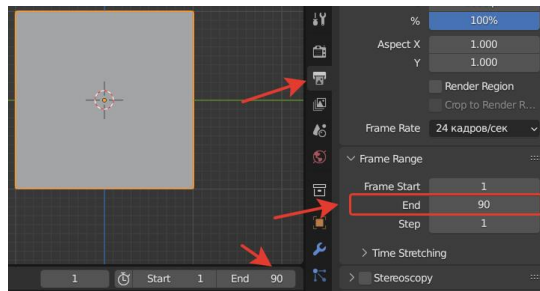


Рисунок 5. Настройка числа кадров в анимации.

Важный параметр анимации - частота кадров. Значение по умолчанию 24 кадра/с (на рисунке 5 параметр Frame Rate). При изменении значения на 60 движение кубика будет более плавное, так как чем больше изображений в секунду мы видим, тем качественнее выполняется анимация. На практике, как правило, значение 60 не используется из-за экономии ресурсов программы и уменьшения трудозатрат при создании анимации. Чаще всего используется значение 30 кадров/с. Анимация не будет подтормаживать и по качеству получится хорошей.

Визуализируем путь, который проходит кубик. В разделе Motion Path в поле End выставляем 90 кадров, нажимаем Calculate.

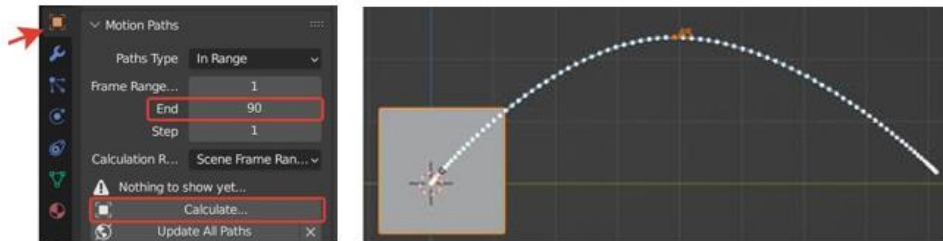


Рисунок 6. Настройка числа кадров и путь анимации.

Дуга из точек показывает движение кубика. Каждая точка соответствует центру объекта на некотором кадре. Перемещая бегунок по шкале анимации можно видеть положение кубика в любой момент времени.

С помощью ключей анимации и клавиши I можно анимировать до 90% параметров, имеющих в Blender. Анимлируем цвет. По умолчанию материал на кубик уже назначен, поэтому выставим красный цвет и для поля Base Color нажмём клавишу I, тем самым установив ключ для цвета на первом кадре (рис.7).

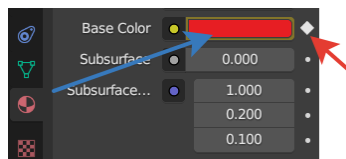


Рисунок 7. Настройка числа кадров и путь анимации

На 45-м кадре изменим цвет на зелёный, снова нажмём I, на 90-м кадре цвет меняем на синий и ещё раз I. Возвращаемся на 1-й кадр и проигрываем анимацию. Цвет плавно будет меняться от красного до зелёного и затем от зелёного до синего.

Помимо стандартных параметров можно анимировать модификаторы. Например, кубик можно назначить модификатор Simple Deform в режиме Bend. На 1-м кадре для параметра Angle нажимаем I, на 45-м кадре меняем угол на 0, нажимаем I, а на 90-м кадре ставим -45 и нажимаем I. Подобные действия можно проделать для любого другого параметра: выбираем кадр и нажимаем I.

Для запуска анимации можно использовать клавиатуру: стрелками вправо и влево перемещаемся по одному кадру, стрелками вверх и вниз переходим к следующему ключевому

кадру, Shift и стрелка переводит в начало и конец, а пробел запускает и останавливает анимацию. Если не видны ключи анимации, значит либо объект не выделен, либо выделен, но редактор прокручен вверх и их просто не видно (зажимаем колесо и перемещаемся вверх).

В контекстном меню анимированного параметра можно заменить ключевой кадр (Replace Single Keyframes) или удалить его (Clear Single Keyframes), а также удалить и все ключи (Clear Keyframes). Ключи (точки) в окне редактора, при необходимости, можно выделять и перемещать с помощью G в другое место.

Выполним рендер в движке Eevee. Выберем HDRI карту StudioLight (рис. 8).

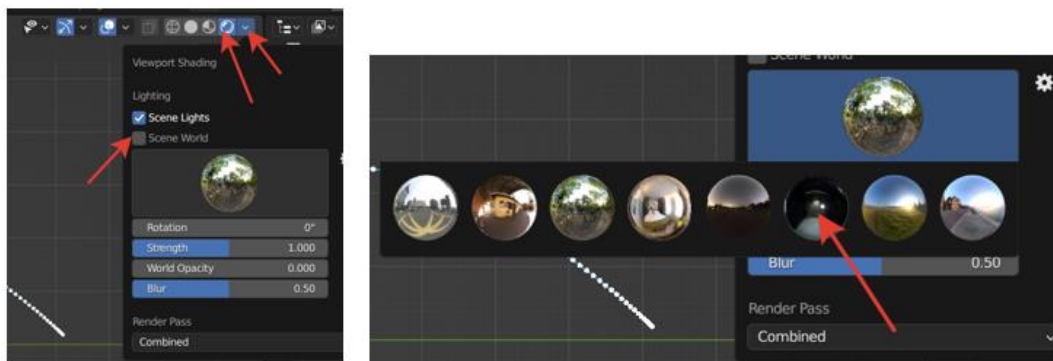


Рисунок 8. Выбор HDRI карты.

Добавим камеру (Shift+A). Камера добавится в месте расположения 3D курсора, чтобы её увидеть нажимаем G и перемещаем. Нажимаем Ctrl+Alt+0 и тем самым перейдём на вид из камеры. Привяжем камеру к виду, чтобы каждый раз, при изменении направления камеры, с помощью которой будем делать рендер она также следовала за этим направлением. Для этого в боковой панели View (если её нет, то нажимаем N) отмечаем флажок Camera to View. Теперь, когда производим навигацию, рамка камеры также будет двигаться. Настраиваем нужный вид.

После настройки ракурса снимаем флажок Camera to View и тем самым выходим из вида камеры. Так как камера уже настроена, то, чтобы не сбить её расположение, запретим возможность её выделять. В окне Outliner отметим соответствующую настройку (рис. 9).

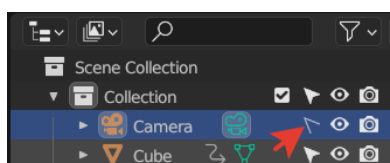


Рисунок 9. Запрет выделения камеры.

В настройках вывода файлов выставляем итоговое разрешение. Переходим ниже, в пункт Output и указываем путь для сохранения анимации (рис 10).

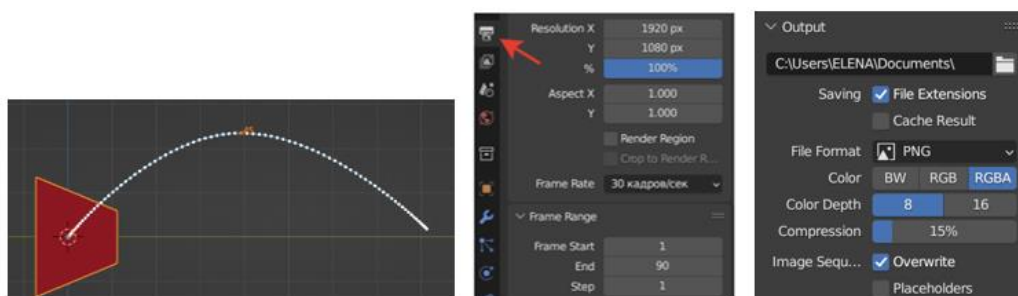


Рисунок 10. Настройки вывода.

По умолчанию стоит формат файла png. Оставляем его, чтобы избежать потери при неожиданном сбое (особенно при рендеринге сложной анимации) и для возможности

доработать данные. В случае сбоя все изображения сохраняются, кроме последнего и можно продолжить рендерить не с первого кадра, а с того, на котором остановились. Запускаем процесс рендера через меню Render – Render animation.

В результате визуализации в указанной папке получили набор изображений формата png. Для создания видео из них можно воспользоваться самим Blender или любым другим видеоредактором. Чтобы создать видео непосредственно в Blender, создадим новый файл и выберем пространство Video Editing (рис. 11).

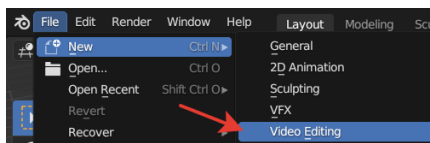


Рисунок 11. Выбор пространства для создания видео.

Откроется браузер файлов и два окна Sequencer и Preview (рис. 12). Эти окна можно также открыть, находясь в обычном пространстве Blender.

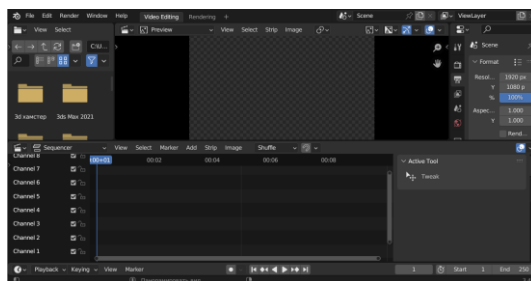


Рисунок 12. Окно пространства Video Editing..

Для добавления готовых изображений в окне Sequencer нажимаем Shift+A - команда Image Sequence. Открываем папку с изображениями, нажимаем A для выделения всего и кнопку Add. Появляются все кадры, которые можно просматривать, перемещаясь по шкале времени. В настройках вывода выставим продолжительность 90 кадров, а частоту 30 кадров/сек. Кроме отрендеренных картинок можно добавить любые другие. Можно менять масштаб, положение и режим смешивания картинок с основным изображением. В видео редакторе можно добавлять звуки, цвет и выполнять другие настройки.

Настраиваем окончательные параметры: разрешение, формат, папку для сохранения. Также меняем качество видео в разделе Video на Perceptually Lossless для оптимального качества и размера выходного файла (рис. 13). Запускаем рендер через меню Render – Render Animation и в указанной папке получаем видеофайл.

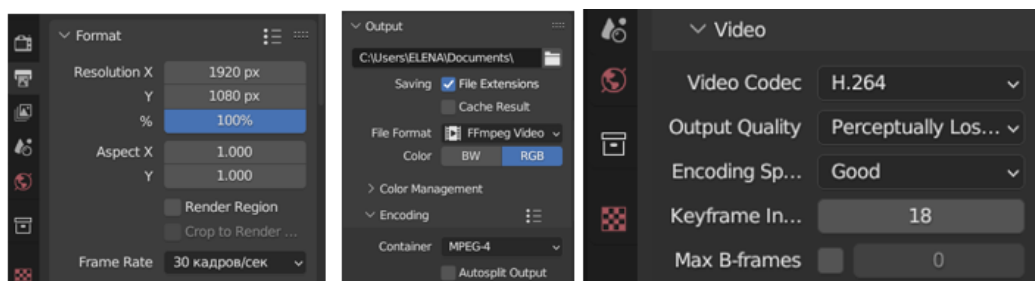


Рисунок 13. Настройки видеофайла.

\*\*\*

1. Официальный сайт программного обеспечения Blender [Электронный ресурс]. URL: <https://www.blender.org> (дата обращения: 15.05.2024).
2. Слакв А. Анимация и риггинг [Электронный ресурс]. URL: <https://blender3d.com.ua/category/animation/> (дата обращения: 20.05.2024).

**Сухопарова Е.В.****Особенности построения гнутых панелей в модуле Базис-Мебельщик***ФГАОУ ВО Северный (Арктический) Федеральный Университет  
имени М.В. Ломоносова  
(Россия, Архангельск)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-883

**Аннотация**

В статье рассматриваются особенности построения гнутых панелей программы Базис – Мебельщик, их возможности и применение при создании панелей необычных форм, а также дизайнерских предметов мебели на примере создания модели журнального столика.

**Ключевые слова:** Базис – Конструктор – Мебельщик, дизайн, моделирование, гнутые панели, журнальный стол.

**Abstract**

The article discusses the features of the construction of bent panels of the Basis – Furniture Maker program, their capabilities and application in creating panels of unusual shapes and designer pieces of furniture using the example of creating a coffee table model.

**Keywords:** Basis – Designer – Furniture maker, design, modeling, curved panels, coffee table.

Основной модуль системы Базис, Базис – Мебельщик, предназначен для создания изделий корпусной мебели любой степени сложности [1], однако, его возможностей и набора инструментов вполне достаточно для создания моделей мебели любых форм, а также произвольных элементов интерьера и декора.

Команда Гнутая панель позволяет построить панель, кромки которой являются криволинейными. Построенные трёхмерные элементы имитируют реальные гнutoклейные панели.

После вызова команды на экране появится фантом прямой линии, представляющей собой верхнюю границу панели. Для удобства построений следует развернуть модель так, чтобы проекция гнутой панели располагалась параллельно плоскости экрана, например, перейти на вид спереди (рис. 1).

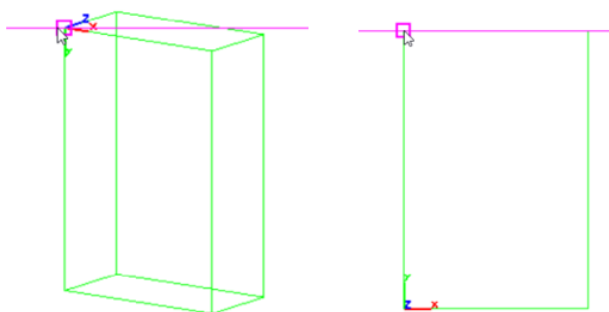


Рисунок 1. Начало построения гнутой панели.

Щелчками указываем верхнюю и нижнюю границы панели. Границами могут быть любые прямолинейные объекты – отрезки, вспомогательные построения, рёбра панелей. Далее модель автоматически будет развернута так, чтобы верхняя кромка располагалась параллельно плоскости экрана. В окне модели станут доступны кнопки команд геометрических построений, с помощью которых необходимо построить форму ребра панели - траекторию. Например, в качестве ребра панели построим дугу по трём точкам (рис. 2).

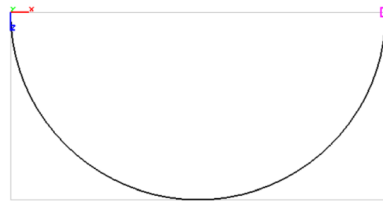


Рисунок 2. Дуга, как ребро панели.

Требования к траектории: контур траектории всегда один, контур должен быть незамкнутым, не должен иметь пересечений, контур должен быть сопряжённым, без углов. Кроме того, дугообразную гнутую панель желательно строить с прямолинейными участками в начале и конце пути.

Для завершения построения используем команду Закончить построение траектории из контекстного меню. На экране появится диалог выбора материалов панели. Материал гнутой может быть однослойный или многослойный. В качестве лицевого слоя следует использовать кашированный материал, средние слои могут быть без облицовки. Например, добавим три материала ДВП и пластик (рис.3). При склеивании панелей прилегание неплотное из-за слоя клея, поэтому добавим зазор 0,5мм в поле припуск между слоями – будет высчитана реальная толщина панели.

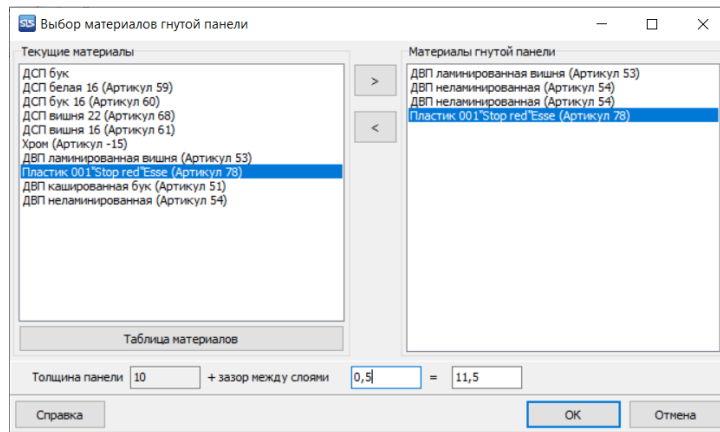


Рисунок 3. Выбор материала.

Нажимаем ОК – на экране появляется изображение гнутой панели (рис. 4). Для завершения, указываем направление выдавливания материала щелчком мыши в любой точке с той стороны траектории, куда будет отложена толщина панели.

Материалы панели можно изменить, через окно свойств (рис. 4), которое вызывается из контекстного меню панели. Кроме того, при необходимости, слои материалов можно поменять местами, путём обычного перетаскивания мышью.

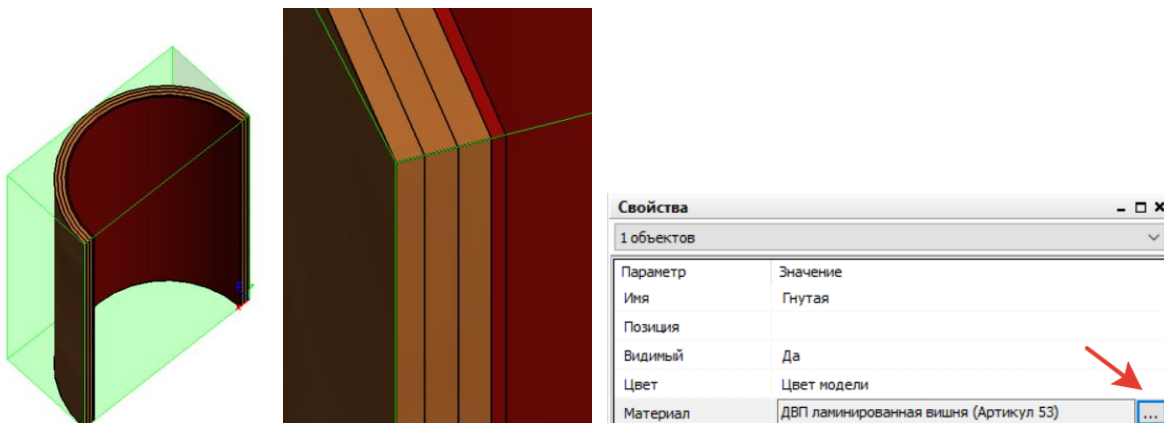


Рисунок 4. Построенная панель и её свойства.

У гнутой панели есть возможность отредактировать траекторию и контур.

Для перехода в данные режимы на панели инструментов имеются соответствующие кнопки. Также, для входа в режим редактирования контура можно выполнить по гнутой панели двойной щелчок. На рисунке 5 представлен процесс редактирования контура (прямоугольник представляет собой развёртку гнутой). Выполнено сопряжение углов, а также построено круглое отверстие. Вместо окружности может быть любая другая фигура, например, прямоугольник. В дальнейшем в данном отверстии можно построить паз и вставить в него стекло.

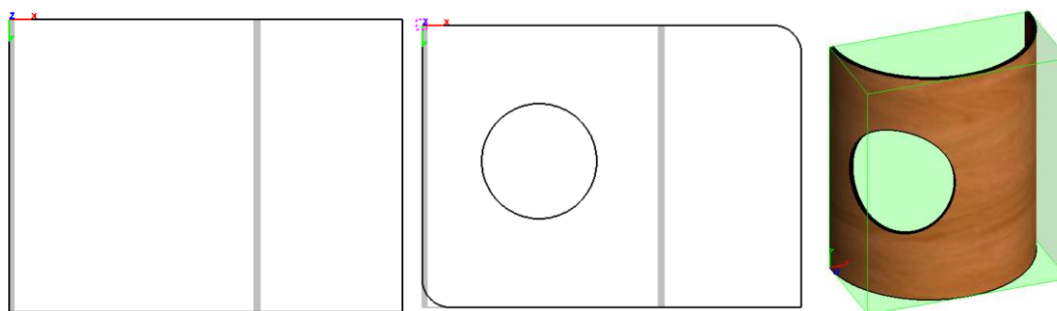


Рисунок 5. Редактирование контура.

Используя гнутые панели, можно построить различные фасады (рис. 6), декоративные элементы, эксклюзивную дизайнерскую мебель.

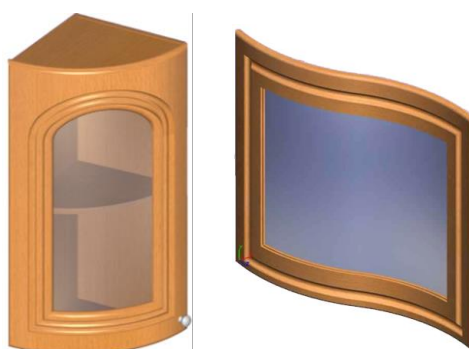


Рисунок 6. Гнутые фасады.

В качестве примера построения дизайнерской мебели с гнутой панелью нестандартной формы, рассмотрим оригинальный проект журнального столика «Roots table» (рис.7) от дизайнера Экты Шах (Ekta Shah).



Рисунок 7. Стол «Roots Table».

Деревянные витиеватые ножки стола, прикреплённые к стеклянной столешнице, смотрятся очень эффектно. Автор говорит, что они напоминают корни деревьев (root – корень)

и создают иллюзию случайности или организованного и упорядоченного хаоса, который присутствует в природе [2]. Материал ножек – гнутая обработанная фанера.

Габаритные размеры изделия - 1000\*500\*600мм (ширина\*высота\*глубина). Столешница – горизонтальная панель с материалом «Стекло 5 мм».

Ножки стола - гнутые панели. Можно построить одну панель, а остальные получить путём копирования и расположения их в хаотичном порядке, либо несколько раз выполнить алгоритм построения и получить гнутые разных форм.

Алгоритм построения журнального столика:

1. Переходим на вид сверху и задаём команду построения гнутой (панель будет располагаться горизонтально). Определим ширину будущей ножки (размер завитка), указав верхнюю и нижнюю границы, учитывая, что диаметр завитка может быть больше ширины столешницы. Затем, строим траекторию – форму ножки – две дуги по трём точкам (рис.8). Главное условие – линии не должны пересекаться, в противном случае программа выдаст ошибку.

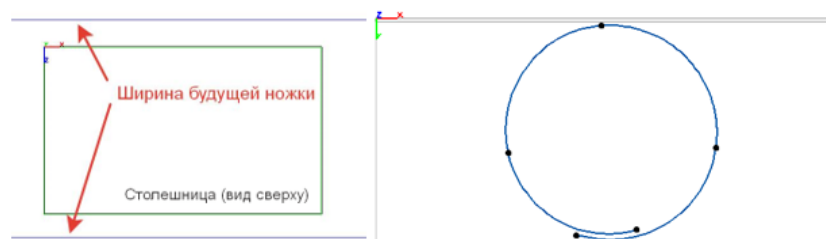


Рисунок 8. Указание ширины ножки и её форма.

2. Заканчиваем команду и выбираем материал (например, ДСП 10мм), определяем направление выдавливания и получаем результат в виде гнутой панели (рис.9).

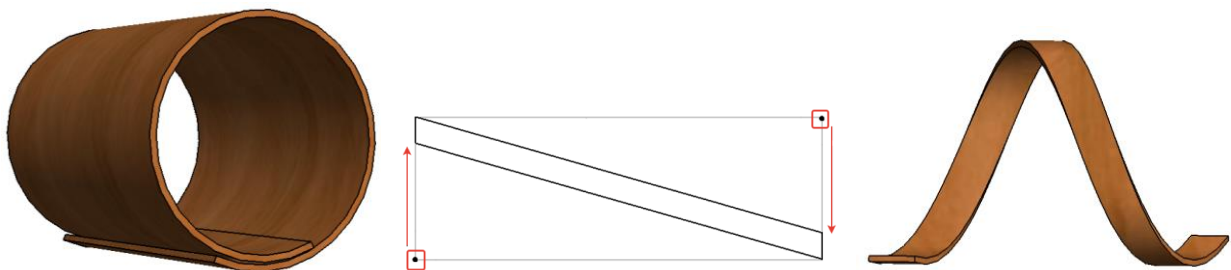


Рисунок 9. Указание ширины ножки и редактирование её формы.

3. Построенную ножку несколько раз копируем и поворачиваем, создавая нужный хаос. Для разнообразия, аналогичным образом, можно построить ещё несколько гнутых панели, но уже другой формы.

\*\*\*

1. Базис - Центр - БАЗИС-Мебельщик [Электронный ресурс]. URL: [https://www.bazisoft.ru/products/bazis\\_meBELschik/](https://www.bazisoft.ru/products/bazis_meBELschik/) (дата обращения: 15.03.2024).
2. Устойчивый хаос на ленте Мебиуса: журнальный столик из фанеры и стекла от Экты Шах [Электронный ресурс]. URL: <https://museum-design.ru/zhurnalnyy-stolik-iz-fanery/> (дата обращения: 25.04.2024).



Сухопарова Е.В.

## Особенности построения профилей в модуле Базис-Мебельщик

ФГАОУ ВО Северный (Арктический) Федеральный Университет  
имени М.В. Ломоносова  
(Россия, Архангельск)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-884

### Аннотация

В статье рассматриваются особенности построения профилей – трёхмерных тел выдавливания по прямолинейной траектории с заданным сечением в программе Базис – Мебельщик. Также отражены возможности профилей в построении мебели на примере создания рамочной двери.

**Ключевые слова:** базис Конструктор Мебельщик, моделирование, профиль, тело выдавливания, сечение, рамочная дверь.

### Abstract

The article discusses the features of constructing profiles – three-dimensional extrusion bodies along a rectilinear trajectory with a given cross section in the Basis - Furniture Maker program. The possibilities of profiles in the construction of furniture are also reflected on the example of creating a frame door.

**Keywords:** basis Designer Furniture maker, modeling, profile, extrusion body, cross section, frame door.

Функциональные возможности модуля Базис-Мебельщик позволяют выполнять построение нескольких типов трёхмерных объектов с заданным сечением: профиль, контур по траектории и тело вращения.

С точки зрения 3D моделирования, профиль — это тело выдавливания с заданным сечением (рис. 1). Выдавливание осуществляется вдоль отрезка прямой перпендикулярно плоскости сечения. За построение отвечает команда Профиль.



Рисунок 1. Примеры тел выдавливания.

Построение профиля имеет ряд особенностей. Сразу после вызова команды на экране может появиться окно с предупреждением о типе материала, из которого будет выполнена модель (рис.2). Сообщение появится в случае, если текущий материал – площадной. Программа предупреждает, что в случае выбора данного материала, построенные объекты не будут учитываться в смете. Для корректного учета стоимости объектов необходимо в качестве материала выбрать погонный.

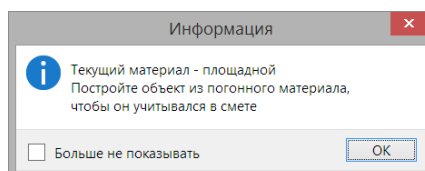


Рисунок 2. Предупреждение о материале объекта.

Для указания материала в окне выбора материалов переходим на вкладку Погонный и, если таблица пустая, нажимаем кнопку Изменить. В открывшемся окне выбираем нужный или если необходимо, создаём новый материал (рис. 3).

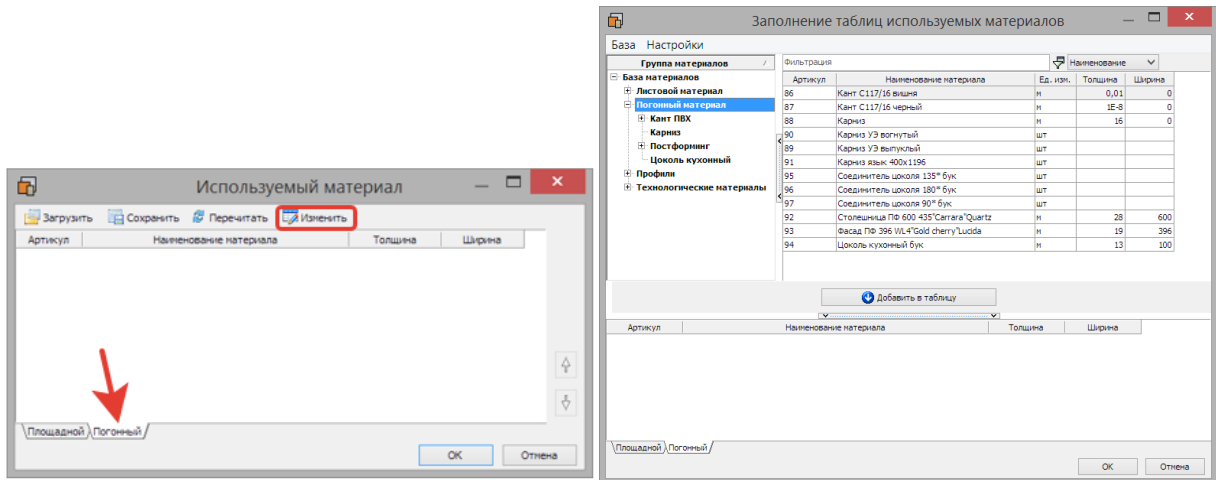


Рисунок 3. Выбор погонного материала.

Для создания нового материала задаём команду меню База – База материалов и в открывшемся окне из контекстного меню выбираем команду Добавить материал. В карточке материала указываем параметры: имя, класс, толщину, ширину, цену, единицу измерения – метры (рис. 4).

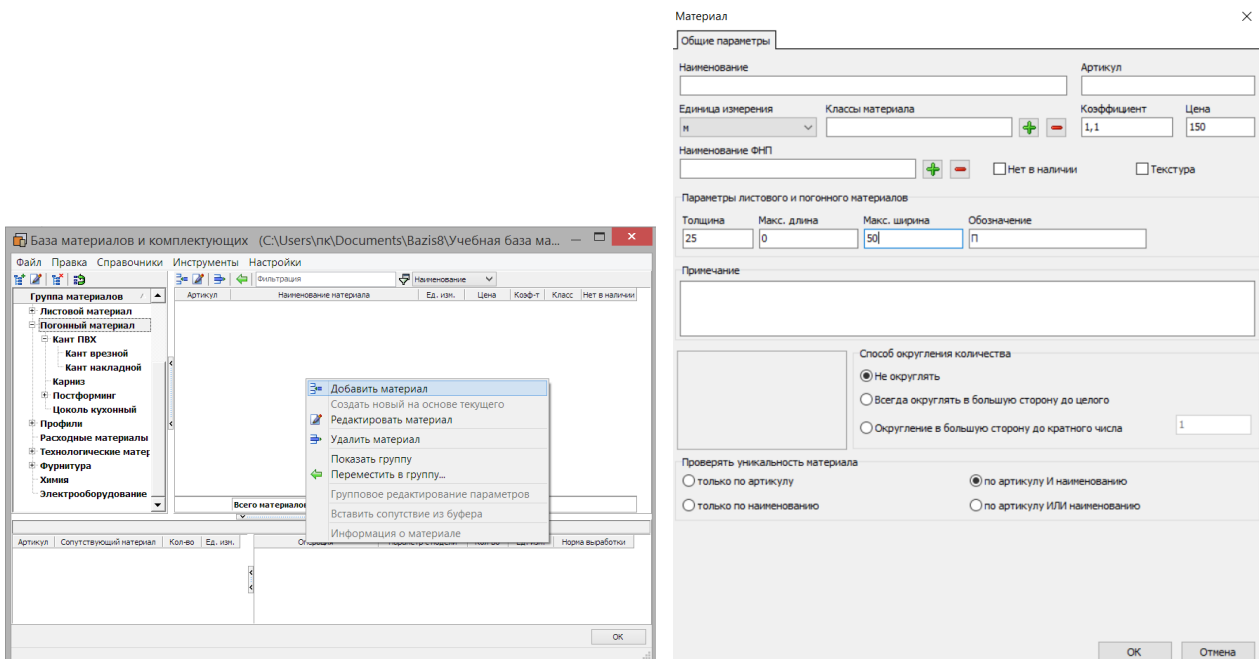


Рисунок 4. Создание пользовательского погонного материала.

После выбора материала указываем плоскость, в которой будет расположено сечение профиля (перпендикулярно ему будет выполняться выдавливание, т.е. строиться длина). Выбранная плоскость автоматически развернётся параллельно плоскости экрана. С помощью геометрических построений создаём необходимую двумерную фигуру, которая будет сечением профиля (рис. 5). Особенности сечения: контур должен быть замкнут и не иметь самопересечений. Если внутри контура будут вложенные контуры, то они будут восприняты как отверстия.

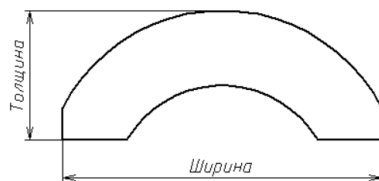


Рисунок 5. Пример сечения профиля.

В контекстном меню выбираем команду Закончить построение сечения. Программа автоматически отобразит изометрический вид, где следует указать длину профиля – либо курсором, либо вводом числа. Профиль построен.

При расчёте стоимости в смете будет учитываться только длина профиля.

Для изменения параметров профиля, выделяем его и на панели инструментов выбираем одну из кнопок: Редактировать контур или Редактировать длину. В режиме редактирования контура можем изменить фигуру профиля, в режиме редактирования длины – изменяем расстояние выдавливания.

В случае, если фигура профиля сложная и будет в дальнейшем использоваться при построении профилей в других проектах, то очень удобно (чтобы всякий раз не рисовать сечение профиля) сохранить её как фрагмент (меню Файл – Сохранить фрагмент), а затем просто вставить при построении нового профиля (меню Файл – Поставить фрагмент) при запросе создать сечение.

Особенности профиля: на профиле нельзя сделать паз, на профиль нельзя накатать кромку, нельзя приклеить пластик, профиль можно разрезать, как обычный двумерный объект.

Для примера рассмотрим процесс построения рамочной двери с пазом.

В новом документе с параметрами: ширина – 600мм, высота – 800мм, глубина – 400мм, задаём команду построения профиля. На вопрос «Укажите плоскость для построения сечения – указываем нижнюю грань габаритного параллелепипеда и переходим в режим построения сечения.

С помощью команд Контур и Дуга (в режиме по двум точкам и радиусу) построим сечение профиля рамки двери и расположим его в точке нижнего левого угла. Это будет место расположения профиля. Сечение профиля необходимо рисовать сразу такое, какое оно есть в реальности. Если в профиле должен быть паз, то его надо прорисовать (рис. 6).

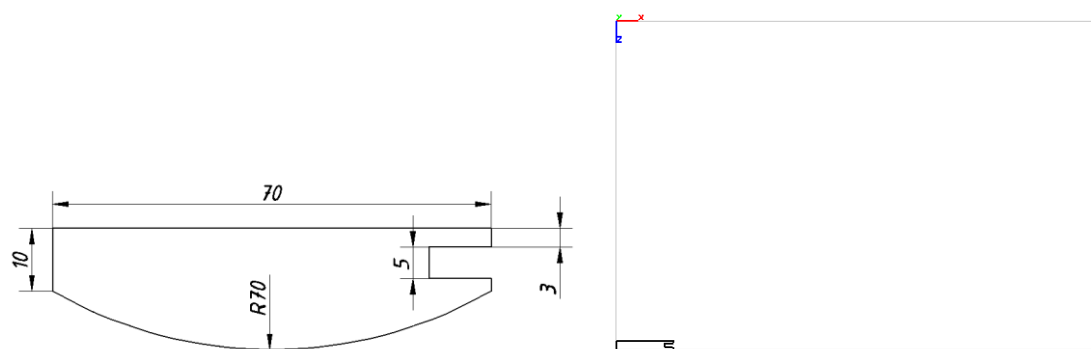


Рисунок 6. Сечение профиля и расположение сечения на виде сверху.

Не выходя из режима построения профиля, сохраним построенную фигуру как фрагмент: выделяем, задаём команду меню Файл – Сохранить фрагмент, указываем базовую точку (левый нижний угол) и сохраняем в папке Фрагменты. Заканчиваем построение сечения и указываем длину профиля, равную высоте изделия. Получим профиль двери (рис. 7).

Подрежем профиль на угол  $45^\circ$ . На виде спереди выполняем вспомогательные построения – строим биссектрисы углов (рис. 7). Обрезаем ненужные части профиля командой Обрезать элементы до границы. Выполняем аналогичные действия для отсечения второй части профиля.

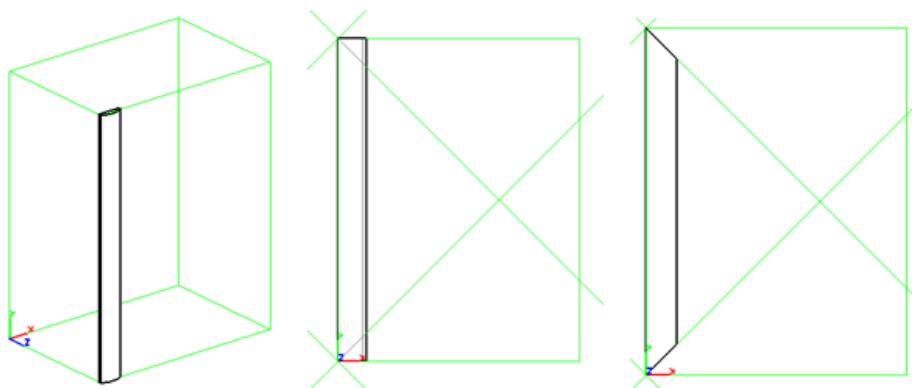


Рисунок 7. Построенный и отредактированный профиль.

Таким же образом строим горизонтальный профиль (например, нижнюю часть рамочной двери). Плоскость для построения сечения – левая грань габаритного параллелепипеда. На указание «Постройте замкнутый контур» задаём команду меню Файл – Поставить фрагмент и открываем файл с сохранённым ранее сечением профиля. Повернём фрагмент на  $90^\circ$  и установим в нужное положение (рис. 8). Указываем длину профиля как ширину габаритного параллелепипеда. Обрезаем лишнее. Удаляем вспомогательные построения.



Рисунок 8. Вставляемый фрагмент, положение фрагмента.

Строим оси симметрии – вертикальную и горизонтальную вспомогательные линии, зеркально отражаем построенные профили. Рамка двери готова (рис.9).

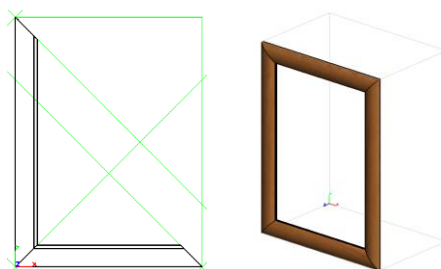


Рисунок 8. Половина рамочной двери и построенная рамка двери.

В паз вставим стекло толщиной 5мм. С помощью кнопки Отступы от габаритов задаём отступ со всех сторон по 1мм. Выбираем фронтальную панель, нажимаем кнопки задания габаритов по высоте и ширине, и на вид спереди (в режиме каркаса), указываем границы стекла. На вид слева устанавливаем стекло в паз. В редакторе материалов настраиваем прозрачность для материала.

\*\*\*

1. Базис - Центр - БАЗИС-Мебельщик [Электронный ресурс]. URL: [https://www.bazisoft.ru/products/bazis\\_meberschik/](https://www.bazisoft.ru/products/bazis_meberschik/) (дата обращения: 12.05.2024).
2. Модуль Базис – Мебельщик. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. URL: <https://cdn.bazisoft.ru/documentation/ru/Bazis.pdf/> (дата обращения: 25.05.2024).

**Сухопарова Е.В.****Разработка и создание устройства автоматической подачи деревянных заготовок в строгальный станок***ФГАОУ ВО Северный (Арктический) Федеральный Университет  
имени М.В. Ломоносова  
(Россия, Архангельск)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-885

**Аннотация**

В статье рассматривается процесс разработки и создания устройства автоматической подачи деревянных заготовок в строгальный четырехсторонний станок. В частности, представлена 3D модель устройства, описаны основные виды работ, выполняемых в процессе создания механизма и принцип его работы.

**Ключевые слова:** устройство автоматической подачи заготовок, четырехсторонний строгальный станок, модернизация оборудования, блок управления, деревянная заготовка, проект, 3D модель, процессы автоматизации.

**Abstract**

The article discusses the process of developing and creating a device for automatically feeding wooden blanks into a four-sided planing machine. In particular, a 3D model of the device is presented, the main types of work performed in the process of creating the mechanism and the principle of its operation are described.

**Keywords:** automatic billet feeding device, four-sided planer, equipment modernization, control unit, wooden billet, project, 3D-model, automation processes.

На современном деревообрабатывающем предприятии имеется строгальный четырехсторонний станок. Для облегчения труда оператора станка и увеличения скорости подачи заготовок разработан механизм автоматической подачи деревянных заготовок из «магазина». Использование данного механизма позволит повысить выход готовой продукции примерно на 30%, и, соответственно, увеличить прибыль предприятия. Основной принцип проекта - модернизация оборудования, путем внедрения процессов автоматизации, повышающих производительность оборудования с сохранением качества продукции.

Для реализации цели проекта требуется выполнить ряд задач: подготовить проектную документацию, выполнить подбор, заказ и покупку комплектующих, подготовить производственные площади для изготовления механизма, осуществить сборку изделия, выполнить его настройку и ввести в эксплуатацию.

Механизм должен соответствовать следующим критериям: обеспечить подачу заготовок длиной от 300 до 600 мм со скоростью 30 штук в минуту. Для исполнения проекта необходим металлопрокат и комплектующие: пневмоцилиндры, пневмораспределители, магнитоконтактные и оптический датчик, индуктивные датчики, датчик положения поршня в цилиндре, программируемое реле, метизы. На рисунке 1 представлена модель устройства.

Работа над проектом начинается со сбора и анализа информации о комплектующих и материалах, возможности обработки материалов в условиях предприятия. Выполняется анализ цен на оборудование и материалы с учётом требуемых скоростей подачи, размеров заготовок, универсальности интеграции в другие станки. Немаловажна оценка возможности персонала, инструментального и станочного парка для изготовления механизма.

В САПР Autodesk AutoCAD выполняется проектирование конструкции, создается набор чертежей, необходимых для ее изготовления. В основе расчёта оптимальных характеристик пневмокомпонентов лежат требования к конструкции (максимальный размер заготовки, скорость подачи). В проекте используется максимальный размер заготовки 600мм,

следовательно, ход пневмоцилиндра должен быть не менее 600мм, но для стабильной работы необходимо иметь запас в 100 мм, следовательно, цилиндр должен быть 700мм.

Основание рамы конструкции представляет собой швеллер, фрезерованный базовой плоскостью (фрезерным 3-х осевым станком). Она будет служить основанием для монтажа элементов «магазина» и устройства подачи.

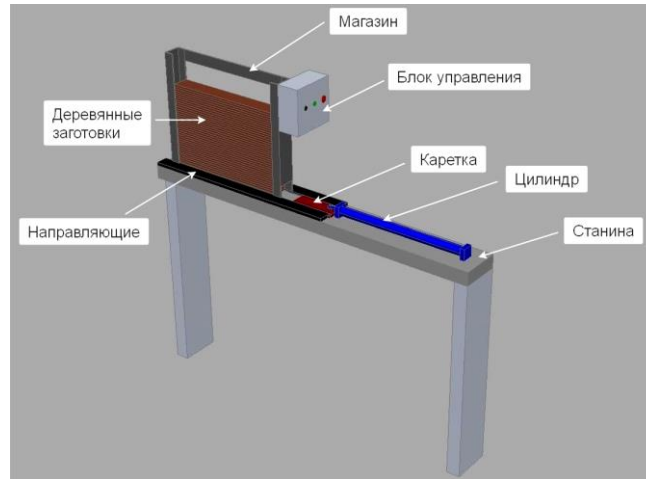


Рисунок 1. 3D модель механизма (общий вид).

На рисунке 2 в большем масштабе представлена часть конструкции.

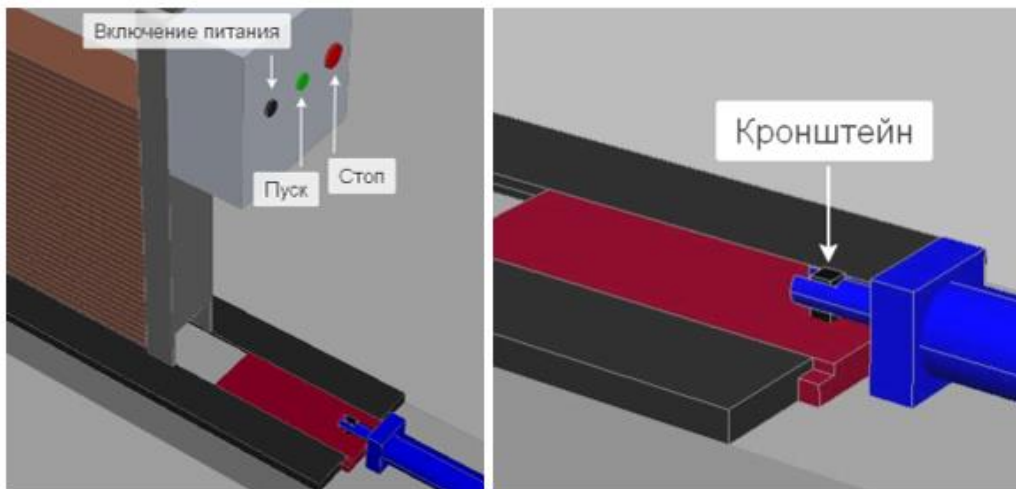


Рисунок 2. Части конструкции

Из стального уголка сечением 35\*35мм изготавливаются элементы магазина в виде вертикальных стоек (3шт), связанных между собой стальными шинами (3шт), размером 50\*5мм. Изготавливаются две направляющие каретки подачи методом фрезерования из стального проката прямоугольного сечения 30\*20мм.

Из стального листа, толщиной 10мм, методом фрезерования, изготавливается основа каретки толкателя, а из стального проката круглого сечения  $d=30$ мм изготавливается кронштейн крепления штока пневмоцилиндра. Далее, этот кронштейн, методом сварки, монтируется на каретку.

Из листа фторопласта толщиной 5мм, на фрезерном станке, изготавливаются антифрикционные накладки на каретку толкателя для улучшения скольжения по направляющим, далее они монтируются на каретку. Из стального листа, толщиной 10мм, изготавливается и устанавливается методом сварки кронштейн крепления пневмоцилиндра,

кронштейны крепления датчиков наличия заготовок в магазине и наличия заготовки в зоне подачи. Кронштейны монтируются на каретку.

Исходя из расчета пневмокомпонентов, для минимального размера заготовки производится регулировка датчика конечного положения поршня цилиндра. Для реализации обратно-поступательного перемещения штока цилиндра применяется электроуправляемый пневмораспределитель. Монтаж производится на заранее изготовленные и установленные крепления, используя предусмотренные заводом изготовителем пневмокомпонентов, узлы монтажа. Пневмораспределитель и пневмоцилиндр соединяются трубопроводами (трубопроводами ПВХ 8\*6мм).

Основным органом управления является программируемое реле, которое принимает информацию с датчиков и выдает сигнал на работу электроуправляемого пневмораспределителя. Блок программируемого реле монтируется в герметичном навесном ящике, на лицевой части которой располагаются органы управления, включения-выключения питания, кнопка Пуск и кнопка аварийной остановки.

Магнитоконтактные датчики монтируются на поверхности гильзы цилиндра с использованием кронштейнов. Оптический датчик, определяющий наличие заготовок в магазине, монтируется в крайней нижней точке накопителя магазина. Датчик наличия заготовок в зоне подачи монтируется на выходе устройства автоматической подачи заготовок.

Работа по настройке заключается в настройке магазина под размер заготовки, настройке оптимального расстояния от рабочей поверхности оптического датчика наличия заготовок в магазине до заготовки в накопителе магазина, правильном расположении магнитоконтактных датчиков на гильзе цилиндра и датчика наличия заготовок в зоне подачи. Ввод механизма в эксплуатацию осуществляется после его испытания в условиях производственного процесса.

Принцип работы устройства заключается в следующем: шток пневмоцилиндра, управляемый электроникой, совершая обратно-поступательные движения, перемещает каретку, расположенную на линейных направляющих; каретка, перемещаясь по направляющим, увлекает за собой одну из загруженных в «магазин» деревянных заготовок и подает ее в деревообрабатывающий станок; процесс повторяется циклично до срабатывания датчика наличия заготовок в магазине.

Весь процесс работы устройства контролируется блоком управления посредством датчиков. Наличие заготовок в магазине определяется оптическим датчиком, для обеспечения обратно-поступательных движений блок управления использует данные с магнитоконтактных датчиков, расположенных на пневмоцилиндре, с помощью которых он определяет положение поршня.

\*\*\*

1. Коных, В. Л. Проектирование автоматизированных систем производства : учебное пособие / В. Л. Коных. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2019. - 312 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1027253>.
2. Рыжова, А. А. Устройство, работа и метрологическое обслуживание датчиков систем автоматизации : учебно-методическое пособие / А. А. Рыжова. — Казань : КНИТУ, 2018. — 220 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138496>

**Тюменцев Д.В.**

**Автоматизация процессов управления инфраструктурой через SaaS-платформы**

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления  
(Россия, Улан-Удэ)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-886

#### **Аннотация**

В статье анализируются подходы к автоматизации процессов управления инфраструктурой через платформы SaaS, выявляя их эффективность и безопасность.

Рассмотрены ключевые технологические решения, проведено сравнение SaaS с традиционными системами. Особое внимание уделено влиянию интеграции искусственного интеллекта в системы SaaS на улучшение функциональности и оперативности бизнес-процессов, а также оценены риски, связанные с безопасностью данных и управлением изменениями.

**Ключевые слова:** SaaS-платформы, автоматизация, масштабируемость, облачные сервисы, безопасность, интеграция, финансовая модель, управление изменениями.

### Abstract

This article explores the approaches to automating infrastructure management processes through SaaS platforms, identifying their efficiency and security. It includes an analysis of key technological solutions and compares SaaS with traditional systems. Special attention is given to the impact of integrating artificial intelligence into SaaS systems on improving functionality and operational efficiency of business processes, as well as assessing risks associated with data security and change management.

**Keywords:** SaaS platforms, automation, scalability, cloud services, security, integration, financial model, change management.

### Введение

В настоящее время растет спрос на гибкие и масштабируемые инфраструктурные решения, которые можно адаптировать под бизнес-потребности. Автоматизация процессов управления при помощи Software as a Service (SaaS)-платформ позволяет существенно повысить операционную эффективность за счет централизованного контроля и модульной структуры предоставляемых услуг. Применение модели SaaS для автоматизации процессов управления помогает организациям распределять вычислительные ресурсы без необходимости поддержания и обновления физической инфраструктуры.

В 2023 году компания Snowflake (США) запустила программу финансирования нескольких стартапов на общую сумму до 100 млн долларов. Программа направлена на поддержку стартапов в области автоматизации управления данными и инфраструктурой на базе платформы Snowflake [1]. Amazon Web Services (AWS) дополнительно предложила финансовую поддержку разработчиков, которые создают приложения используя платформу Snowflake. Поддержка предоставляется в виде кредитов, которые можно использовать для оплаты услуг на платформе AWS. Эти кредиты на сумму до 1 млн долларов помогают разработчикам снизить свои затраты на использование облачных ресурсов AWS в процессе разработки и запуска их приложений, интегрированных с Snowflake.

Целью данного исследования является анализ способов автоматизации управления инфраструктурой с помощью SaaS-платформ, выявлении ключевых технологических решений и оценке их эффективности. В статье рассмотрены SaaS-решения и традиционные on-premise системы, также авторами проводится определение критериев эффективности применяемых методик.

### Основная часть

Исследование компании Vertice (США) показало, что в 2023 году компании потратили в среднем 7900 долларов на одного сотрудника на различные SaaS-продукты, что на 27% больше, чем в 2022 году [2]. Данные расходы включают в себя различные программные средства и платформы, которые компании используют для управления бизнес-процессами, повышения производительности и облегчения удаленной работы, а также для других функций – от систем управления взаимоотношениями с клиентами и инструментов управления проектами до платформ для анализа данных. Аналогичным образом, доля расходов на SaaS в общих затратах компании в 2023 году составляет 14,1% по сравнению с 12,7% в 2022 году. Данные отчета показывают, что 73% поставщиков программного обеспечения (ПО) увеличили стоимость своих услуг в среднем на 12% за последние 12 месяцев, при этом такие компании, как HubSpot и Microsoft, повысили цены на 12% и 15% соответственно.



Немецкая компания Statista в 2024 году опубликовала аналитический отчет, согласно которому с 2015 по 2024 год наблюдался рост рынка SaaS-платформ на 24,9% ежегодно (рис. 1) [3].

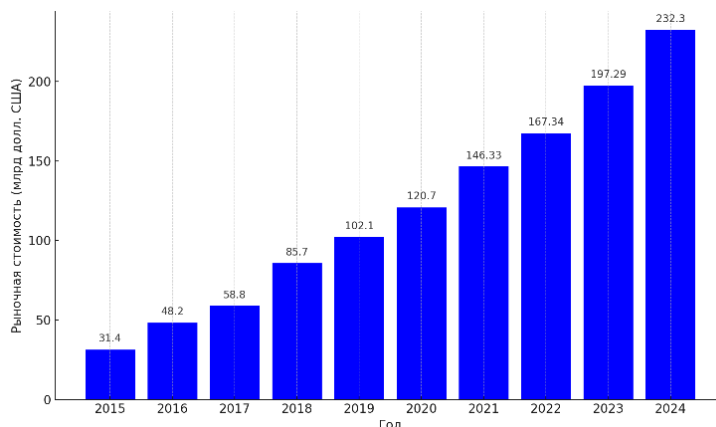


Рисунок 1. Динамика роста рыночной стоимости SaaS-платформ, 2015 – 2024 гг [2]

Консалтинговая компания Gartner (США) прогнозирует, что глобальные расходы пользователей на общедоступные облачные сервисы увеличатся на 20,4% и достигнут приблизительно 678,8 млрд долларов к концу 2024 года [2].

Архитектура SaaS-платформы позволяет разделять процессы обработки данных от пользовательского интерфейса, что обеспечивает системе большую гибкость и масштабируемость. В основе функционирования SaaS лежит принцип многопользовательского доступа, где одна и та же сервисная модель обслуживает множество клиентов. Архитектура SaaS-платформы подробно представлена на рисунке 2 [4]. Данная схема демонстрирует интеграцию различных SaaS-приложений в единую экосистему через сервисно-ориентированную архитектуру (Service-Oriented Architecture, SOA). В качестве основы выступает Core Web App, который является центральным веб-приложением, интегрирующим различные компоненты и службы.

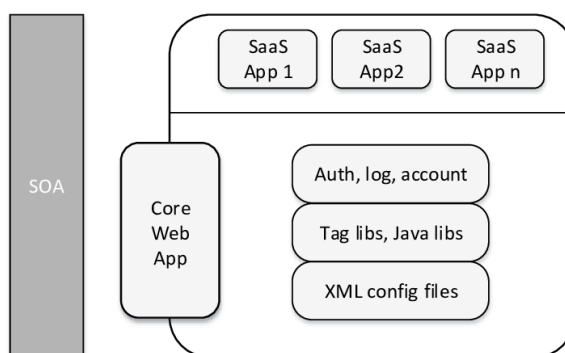


Рисунок 2. Архитектура платформы SaaS [4]

На верхнем уровне архитектуры SaaS-платформы размещаются различные SaaS-приложения (например, SaaS App 1, SaaS App 2, до SaaS App n), каждое из которых функционирует как отдельное приложение или сервис в рамках интегрированной платформы. Они поддерживают широкий спектр бизнес-процессов и функций, предоставляются конечным пользователям как интегрированный продукт или как серия взаимосвязанных сервисов. Центральное веб-приложение (Core Web App) реализует базовые функции, такие как аутентификация, логирование и управление учетными записями, что способствует безопасности и управлению доступом к различным компонентам платформы. В архитектуре применяются библиотеки тегов и Java для стандартизации элементов пользовательского интерфейса и логики бизнес-процессов на разных уровнях приложений. Конфигурационные

файлы XML используются для определения и управления настройками компонентов и приложений внутри платформы.

Подобная организация автоматизации управления процессами в рамках SOA позволяет гибко интегрировать новые сервисы и модифицировать уже существующие. Данное решение обеспечивает высокую масштабируемость системы и адаптируемость к меняющимся бизнес-требованиям. Сервисно-ориентированная архитектура также способствует более легкой интеграции с внешними системами.

Преимущества использования SaaS-платформ. Финансовая модель «по подписки» в SaaS позволяет отказаться от значительных капитальных затрат на ИТ-инфраструктуру и перейти на операционные расходы. Такая модель обеспечивает организациям гибкость в планировании бюджетов, оплачивая только фактически используемые функции и сервисы [5]. Экономическая эффективность такой системы позволяет адаптировать использование программных ресурсов в соответствии с потребностями.

Масштабируемость облачных решений позволяет гибко увеличивать или уменьшать объем используемых ресурсов в ответ на изменения в бизнес-процессах. Это достигается благодаря подписочным моделям, которые позволяют быстро корректировать объем и набор услуг. Регулярные обновления предоставляют пользователям доступ к новейшим технологиям, что снижает временные и финансовые затраты на модернизацию систем. Гибкость и адаптивность к изменениям и непредсказуемым ситуациям являются стратегическими преимуществами SaaS, позволяющими организациям эффективно реагировать на рыночные колебания и внутренние изменения [6].

Безопасность, обеспечиваемая SaaS-моделями, превосходит многие централизованные решения, предлагая корпоративный уровень защиты и стратегии восстановления после сбоев. Однако, согласно отчету о безопасности SaaS компании Adaptive Shield (Израиль), неправильная конфигурация SaaS считается одной из основных проблем безопасности [7].

По данным опроса [7], 63% респондентов заявили, что неправильная конфигурация SaaS привела к неоднократному инциденту информационной безопасности в 2022 году. Основными факторами риска стали отсутствие контроля за изменениями в настройках безопасности и слишком широкий доступ к этим настройкам.

Для решения подобных проблем можно использовать автоматизацию для исправления конфигураций при возникновении ошибок, которая может снизить нагрузку на отделы безопасности. При этом только 26% опрошенных организаций используют такой тип технологии. Остальные по-прежнему полагаются на ручную оценку безопасности и исправление некорректных конфигураций (рис. 3).

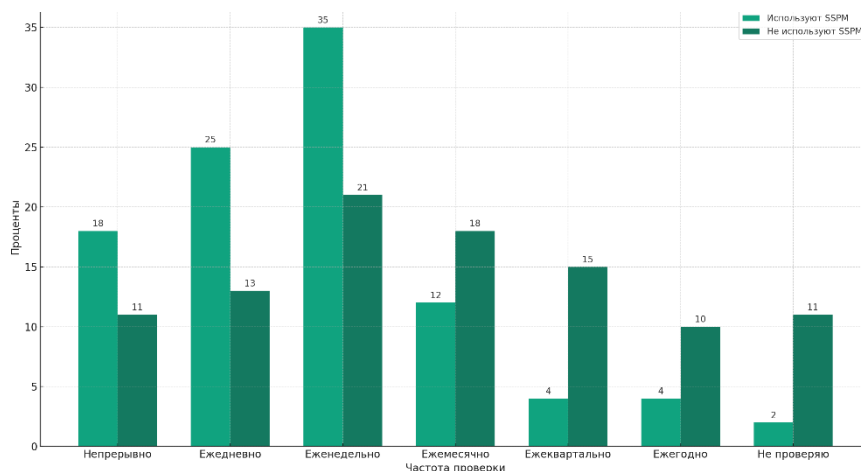


Рисунок 3. Частота использования SSPM организациями, 2022 [7]

В контексте вопросов безопасности, технология управления SaaS Security Posture Management (SSPM) представляет собой эффективное средство, обеспечивающее непрерывный

мониторинг приложений SaaS для минимизации проблем конфигурации и соответствия требованиям безопасности. Внедрение SSPM и подобных технологий может значительно снизить риск утечек информации и других нарушений безопасности, что делает их критически важным элементом в современной стратегии обеспечения информационной безопасности корпораций.

В таблице 1 проводится комплексный анализ функциональных возможностей SaaS-платформ. Рассматриваются операционные преимущества и возможные риски, связанные с интеграцией облачных технологий в корпоративные системы.

Таблица 1

## Функциональность SaaS-платформ [7]

<b>Функция</b>	<b>Описание</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
<i>Масштабируемость</i>	<i>Возможность изменять количество ИТ-ресурсов (вычислительных мощностей, памяти, сетевых возможностей) по требованию.</i>	<i>Гибкое управление мощностями в зависимости от бизнес-потребностей.</i>	<i>Затраты могут возрасти с ростом использования ресурсов.</i>
<i>Обновления</i>	<i>Регулярные автоматические обновления.</i>	<i>Отсутствие простоев и всегда актуальное ПО.</i>	<i>Ограниченный контроль над временем и содержанием обновлений.</i>
<i>Централизованное управление</i>	<i>Единый портал для управления сервисами и приложениями.</i>	<i>Простота управления и мониторинга всех аспектов инфраструктуры.</i>	<i>Уязвимость к сбоям в "единой точке отказа"</i>
<i>Интеграция</i>	<i>Сопряжение с другими сервисами и приложениями.</i>	<i>Бесшовное взаимодействие между бизнес-процессами.</i>	<i>Сложности с интеграцией и зависимость от сторонних API.</i>
<i>Безопасность</i>	<i>Современные методы защиты данных и инфраструктуры.</i>	<i>Улучшенная безопасность и соответствие требованиям.</i>	<i>Риски, связанные с облачными угрозами и контролем данных.</i>
<i>Автоматизация</i>	<i>Автоматизация рутинных задач.</i>	<i>Повышение эффективности и сокращение ошибок.</i>	<i>Сложности в настройке и потенциальная недостаточная гибкость.</i>
<i>Аналитика и отчетность</i>	<i>Инструменты для сбора и анализа данных.</i>	<i>Глубокое понимание операций и поддержка принятия решений.</i>	<i>Необходимость в глубоких аналитических навыках</i>

Поддержка и обслуживание	Техническая поддержка от поставщика.	Снижение нагрузки на IT-отдел и оперативное решение проблем.	Зависимость от качества поддержки поставщика.
--------------------------	--------------------------------------	--	---

Анализ функциональных возможностей SaaS-платформ демонстрирует их весомый вклад в повышение гибкости и оперативности бизнес-процессов. Тем не менее, эти преимущества сопряжены с определенными рисками. Важно, чтобы компании формулировали четкие критерии для адаптивного использования ресурсов SaaS. Это поможет контролировать затраты и повысить эффективность инвестиций.

Для снижения рисков, связанных с автоматическими обновлениями, необходимо внедрять процедуры контроля и управления обновлениями системы. Данная стратегия обеспечит стабильность бизнес-процессов и сохранность критически важной информации. Усиление политики конфиденциальности и регулярные аудиты учетных записей и прав доступа станут надежной защитой от внутренних и внешних угроз безопасности.

#### Вывод

Исследование демонстрирует, что SaaS обеспечивает значительное повышение операционной эффективности, увеличивая гибкость и масштабируемость бизнеса. Однако интеграция SaaS требует комплексного подхода к управлению изменениями и безопасности, учитывая риски, связанные с управлением конфигурациями и сохранностью данных. Необходимо отметить, что недооценка этих аспектов может привести к серьезным последствиям для устойчивости бизнеса. Использование SaaS-платформ предполагает не только снижение операционных затрат, но и увеличение организационной прозрачности и оперативности принятия решений.

\*\*\*

1. Snowflake // Snowflake Launches Powered By Snowflake Funding Program Investing Up to \$100 Million in Innovative Apps in the Data Cloud URL <https://investors.snowflake.com/news/news-details/2023/Snowflake-Launches-Powered-By-Snowflake-Funding-Program-Investing-Up-to-100-Million-in-Innovative-Apps-in-the-Data-Cloud/default.aspx> (дата обращения: 15.04.24)
2. Datapine //The 12 Essential SaaS Trends You Should Watch Out For In 2024 URL <https://www.datapine.com/blog/saas-trends/> (дата обращения: 15.04.24)
3. Schmitz, M. (2023). Design of a SaaS cloud platform for a medium-sized company with focus on multi-instance support (Doctoral dissertation, Technische Hochschule Ingolstadt).
4. Кузнецов И.А. ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: УЛУЧШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И МАСШТАБИРУЕМОСТИ // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2024. № 5-1. С. 52-57.
5. Яковишин А.Д. Применение криптографических технологий для защиты информации в облачных сервисах // International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 1-2 (88), 2024.
6. Иерафилов А., Дроздов И.С., Письменский Д.А. АНАЛИЗ УГРОЗ ПЕРЕХВАТА ТРАФИКА И ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ // Дневник науки. 2024. №4.
7. Adaptive Shield // New 2022 SaaS Security Survey ReportShines a Light on CISOs' Perspectives for Today's Enterprises URL <https://www.adaptive-shield.com/blog/new-2022-saas-security-survey-report-shines-a-light-on-cisos-perspectives-for-todays-enterprises> (дата обращения: 15.04.24)

**Уркумбаева Ж.Р., Худякова С.А., Штерензон В.А.**

**Анализ развития численности пожаров, ущерба, гибели и травматизма в рф в период с 2018 по 2022 гг**

*Уральский институт ГПС МЧС  
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-887

#### Аннотация

Пожары представляют одну из наиболее серьезных угроз безопасности в России. Каждый год они приводят к гибели людей, разрушению имущества и наносят значительный

ущерб экономике страны. Поэтому важно изучать статистику пожаров, чтобы понять причины их возникновения и разработать эффективные меры по их предотвращению.

**Ключевые слова:** пожары, гибель, травматизм, статистика, учёт.

### Abstract

Fires are one of the most serious security threats in Russia. Every year they lead to the death of people, destruction of property and cause significant damage to the country's economy. Therefore, it is important to study the statistics of fires in order to understand the causes of their occurrence and develop effective measures to prevent them.

**Keywords:** fires, deaths, injuries, statistics, accounting.

Пожары – это серьезная проблема, которая ежегодно возникает на территории России [2]. Данная чрезвычайная ситуация не только угрожает здоровью и жизни людей, но и наносят огромный ущерб окружающей природе. Пожарная безопасность – это один из ключевых аспектов обеспечения безопасности как для жизни и здоровья граждан, так и имущества. В России вопросы пожарной безопасности лидирующие позиции среди приоритетов государственной политики. Однако, несмотря на все меры и контрольные механизмы, количество пожаров имеет шестизначные цифры, но всё же, благодаря постоянной профилактике, ежегодно количество возгораний идёт на спад [4].

Разберём статистику пожаров в период с 2018 по 2022 год. Данные для анализа пожаров возьмём из единой государственной системы статистического учёта и государственную статистическую отчётность по пожарам и их последствиям [1]. На территории Российской Федерации (РФ) в 2018 году на было зарегистрировано 131840 пожаров, в 2019 году количество пожаров резко увеличилось до 471426 пожаров, после чего с 2020 года количество пошло на спад, так в 2020 году произошло 439306 пожаров, в 2021 году 390764 случаев возгорания, а в 2022 году 352509 пожаров. Статистика пожаров в 2018-2022 года представлена на диаграмме пожаров рисунок 1.

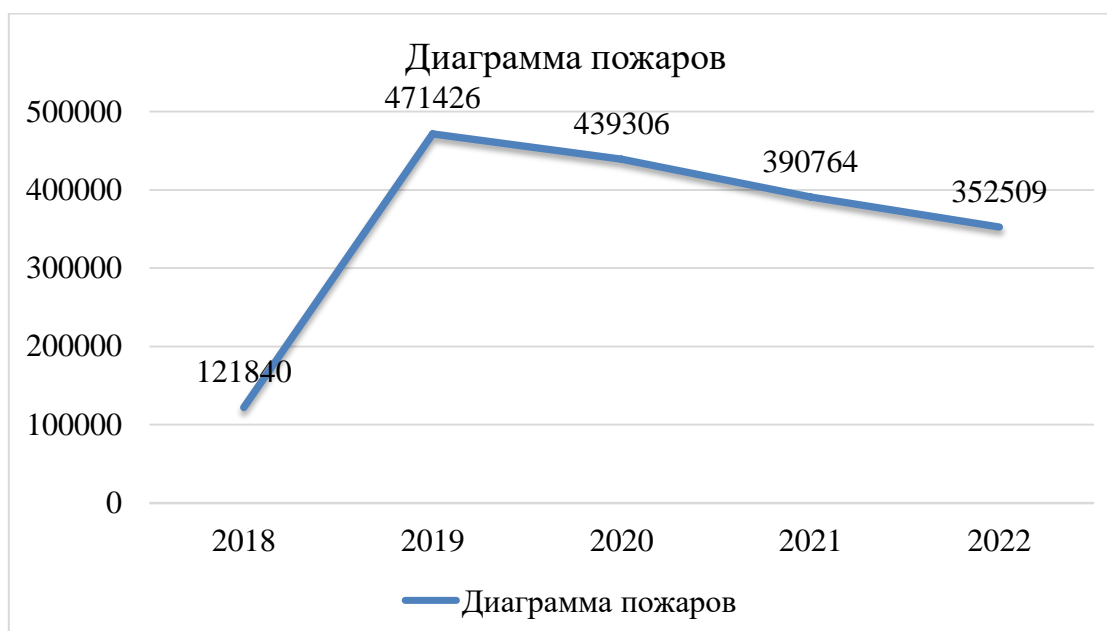


Рисунок 1. Диаграмма пожаров в период с 2018 по 2022гг.

Данные диаграммы отражают статистику пожаров за период с 2018 по 2022 годы. Не все чрезвычайные ситуации заканчиваются просто финансовыми потерями - они часто приводят к гибели и травмам людей. По данным исследования, самый трагический показатель гибели был

зафиксирован в 2018 году, когда количество погибших достигло 9642 человек. Наибольшее количество травмированных было зафиксировано в 2019 году - 8559 человек.

Важной причиной такой высокой смертности и травматизма является недостаточное внимание к состоянию противопожарных систем. Многие здания не соответствуют требованиям безопасности, аварийные выходы не обеспечены, а системы пожаротушения не функционируют должным образом. Это приводит к тому, что люди оказываются в ловушке из-за безответственного отношения других к их безопасности.

Основной же причиной пожаров и критическими последствиями является не пренебрежение требований по пожарной безопасности, за что в Кодексе об административных правонарушениях предусмотрена статья 20.4, которая так и звучит «Нарушение требований пожарной безопасности [3].

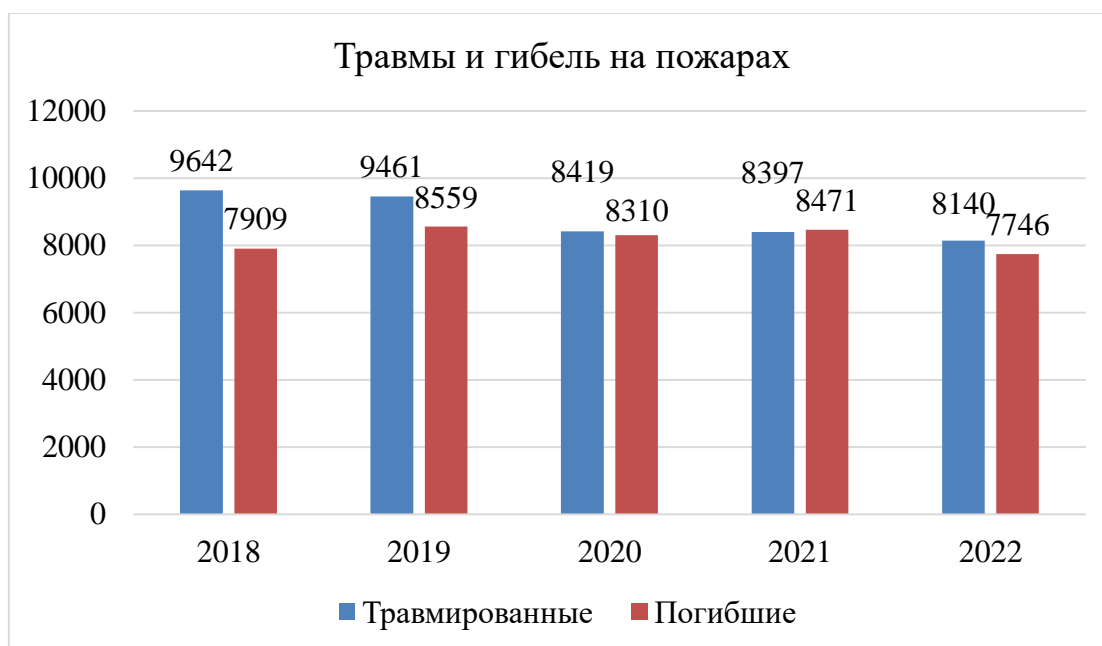


Рисунок 2. Диаграмма травматизма и гибели на пожарах в период 2018-2022 гг.

Среди всех пожаров, которые происходят на территории РФ особое значение придаётся убыткам, в том числе прямому ущербу. На рисунке 3 представлена диаграмма прямого ущерба, который понесло государство в результате прямого ущерба. Данная диаграмма имеет ломанную линию. Таким образом, максимальные прямой ущерб в результате пожара был зарегистрирован в 2020 году, тогда он составил 20876301 тысяч рублей.

Пожары в России нередко возникают из-за человеческого фактора, в том числе небрежного отношения к огню. Сожженные лесные массивы и пустующие здания становятся грустным свидетельством этой неразумности. Не только природа страдает от пламени, но и десятки тысяч людей, чей дом и средства к существованию оказываются под угрозой.

Следует отметить, что огнестойкость строительных объектов и их систем противопожарной защиты играет важную роль в предотвращении серьезных последствий пожаров. Однако, к сожалению, в России еще существует недостаточное внимание к этой проблеме. Старые здания, лишённые современных противопожарных систем, ставят жизни людей под угрозу и увеличивают риск возникновения и распространения пожара.

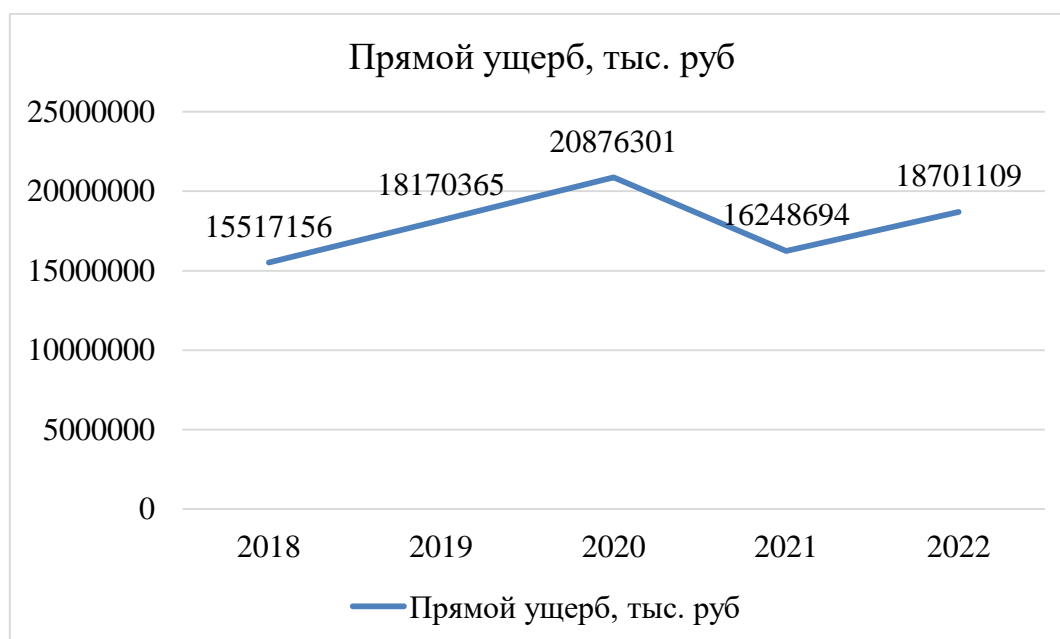


Рисунок 3. Диаграмма прямого ущерба на пожарах в 2018 – 2022 гг.

Для предотвращения пожаров и снижения их воздействия необходимо принимать соответствующие меры. Важно обеспечить наличие и исправность пожарной сигнализации, системы пожаротушения и аварийного освещения во всех зданиях. Регулярная проверка и обслуживание этих систем также является важной составляющей предотвращения пожаров.

Особое внимание следует уделять профилактике пожаров в жилых домах. Необходимо обучать жильцов правилам пожарной безопасности, включая правильное использование электроприборов и аккуратность при курении. Также рекомендуется проводить проверку электрооборудования и газовых систем в домах.

Пожары и их последствия в России имеют серьезные социальные и экономические последствия. Принятие соответствующих мер по предотвращению пожаров и ограничению их воздействия является необходимым шагом для защиты жизней и имущества людей [2]. Координация усилий всех заинтересованных сторон, включая правительство, органы МЧС, общественные организации и граждан, позволит создать безопасную среду и снизить число пожаров и их последствий в России, для этого разрабатывается ряд мероприятий, к примеру Постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении правил противопожарного режима в Российской Федерации» [5].

\*\*\*

1. В.С. Гончаренко, Т.А. Четина, В.И. Сибирко, О.В. Надточий Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.- аналитич. сб. П 46 Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
2. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 N 69-ФЗ (последняя редакция).
3. Федеральный закон от 30.12.2001 N 195 «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях».
4. Указ Президента РФ от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении правил противопожарного режима в Российской Федерации».

**Хабилов Ф.Ф., Вохмин В.С., Идрисов А.В.**

**Исследование возможности применения фотоэлектрического преобразователя совместно с термоэлектрическим генератором для автономного электроснабжения системы освещения птичника**

*Бакирский государственный аграрный университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-888

**Аннотация**

В данной статье рассматривается возможность использования альтернативных источников энергии, таких как фотоэлектрический преобразователь и термоэлектрический генератор для автономного электроснабжения системы освещения птичника. Для этого будут исследоваться характеристики различных термоэлектрических модулей для того, чтобы подобрать наилучший термоэлектрический модуль и провести с ним исследования, в том числе будут рассмотрены технические характеристики солнечного преобразователя.

**Ключевые слова** фотоэлектрический преобразователь, термоэлектрический генератор, перепад температур, освещенность, птичник, освещения, альтернативный источник энергии, автономное электроснабжение.

**Abstract**

This article considers the possibility of using alternative energy sources, such as a photoelectric converter and a thermoelectric generator for autonomous power supply of the barn lighting system. To this end, the characteristics of the various thermoelectric modules will be examined to determine the best thermoelectric module and the specifications of the solar transducer will be considered.

**Keywords:** photoelectric converter, thermoelectric generator, temperature difference, light, poultry house, lighting, alternative energy source, autonomous power supply.

В виду повышения стоимости топливно-энергетических ресурсов, повышается себестоимость продукции, что повышает себестоимость птицеводческой отрасли. В связи с этим было решено разработать автономную систему электроснабжения для системы освещения птичника на базе альтернативных источников энергии, с целью уменьшения себестоимости продукции птицеводства [1, 2, 4].

В летнее время года, когда интенсивность излучения солнца выше, актуально применение фотоэлектрического преобразователя. В зимнее время когда, применяются источники тепловой энергии актуально применить термоэлектрический генератор (ТЭГ) в системе отопления или дымоотведения. ТЭГ, за счет разности температур между сторонами термоэлектрических модулей (ТЭМ), где одна из сторон будет нагреваться за счет уходящих газов или теплоты труб отопления, а другая сторона охлаждаться за счет радиаторов охлаждения, за счет этого будет образовываться термо-ЭДС, которое возможно полезно использовать, для освещения и т.д.

Нами предложена автономная система электроснабжения птичника, представленная на рисунке 1, которая включает в себя комбинацию из альтернативных источников энергии. Работает автономная система электроснабжения следующим образом электроэнергия получаемая от фотоэлектрического преобразователя 1 и термоэлектрического генератора 3 поступает по положительным и отрицательным проводам 2 к контроллеру заряда 4 и потом накапливается в аккумуляторной батарее 5, дальше электроэнергия накопленная в аккумуляторной батарее 5 поступает в инвертор 6, где преобразуется в переменное напряжение и поступает потребителям [1, 2, 4]. Фотоэлектрический преобразователь устанавливается на крыше, или рядом со зданием, в котором требуется искусственное освещение, но в тех местах, где всегда достаточная солнечная инсталляция. Летом основная часть выработки электрической энергии будет у фотоэлектрического преобразователя. В зимний период автономная система электроосвещения будет комбинированной, за счет того, что в зимнее время года, солнца



намного меньше, в системе установлен термоэлектрический генератор (ТЭГ). За счет ТЭГ будет компенсироваться недостаток выработки электроэнергии в зимнее время года. Источником тепловой энергии для ТЭГ будет система отопления, которая включается в зимнее время года, и где требуется утилизировать потери теплоты в ТЭГ с целью получения электроэнергии и повышения эффективности автономной системы электроосвещения птичника. Термоэлектрический модуль 10 фиксируется на трубопроводе 8 за счет пластин 9, 11 и затягивается болтовым соединением 12.

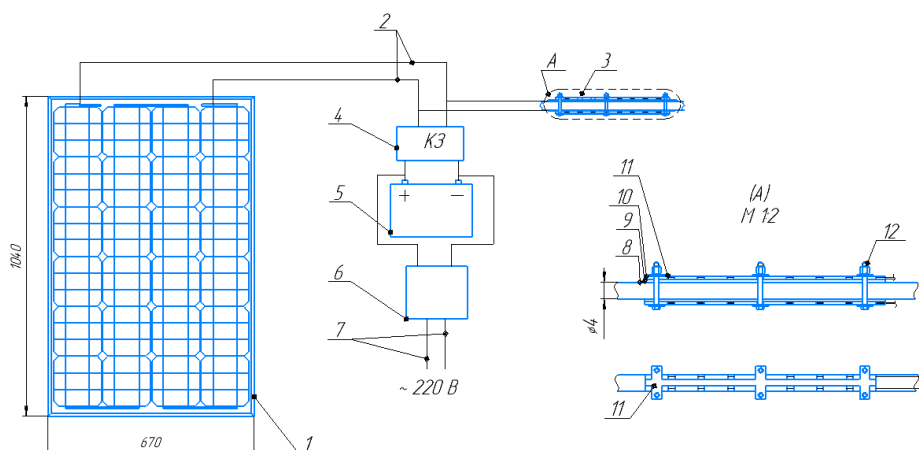


Рисунок 1. Автономная система электроснабжения, состоящая из фотоэлектрического преобразователя и термоэлектрического генератора: 1 – фотоэлектрический преобразователь; 2 – положительные и отрицательные провода; 3 – термоэлектрический генератор; 4 – контроллер заряда; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – инвертор; 7 – провода переменного напряжения 220 В; 8 – трубопровод с теплоносителем; 9 – пластина для установки термоэлектрических модулей на трубопровод; 10 – термоэлектрический модуль; 11 – пластина для фиксации термоэлектрических модулей; 12 – болтовое соединение

Таблица 1

Технические характеристики термоэлектрических модулей

Модель	Электрическая мощность, Вт	Напряжение питания, В	Размеры, мм	Сопротивление, Ом	Холодопроизводительность, Вт	Рабочая температура, °С
TEC1-12703	39	12	30x30x3,5	4,4	27	-50...+80
TEC1-12704	40	12	40x40x4	3,3	36	-55...+83
TEC1-12705	41	12		2,7	30	-55...+83
TEC1-12706	51,4	12		2,5	65	-55...+83
TEC1-12708	68,8	12		1,05	68,8	-50...+80
TEC1-12709	80,1	12		1,71	82	-55...+83
TEC1-12715	137	12	40x40x3,5	1,05	137	-30...+70
SP1848 27145 SA	-	12	40x40x4	-	-	-30...+120
TEP1-142T300	-	12	40x40x3,8	4,3	-	-40...+300

По техническим характеристикам термоэлектрических модулей в таблице 1 наиболее подходящий оказался ТЭМ TEP1-142T300 [1, 4].

Далее определили выходное напряжение при использовании ТЭМ TEP1-142T300 в термоэлектрическом генераторе, который будет установлен в систему отопления или в систему дымоотведения птичника. Технические характеристики от производителя термоэлектрического модуля TEP1-142T300 можно рассмотреть по ссылке [4].

При разнице температур между сторонами модуля TEP1-142T300 от 0...100 °С, было проведено 3 опыта для достоверности данных. Полученные характеристики представим на графике на рисунке 2.

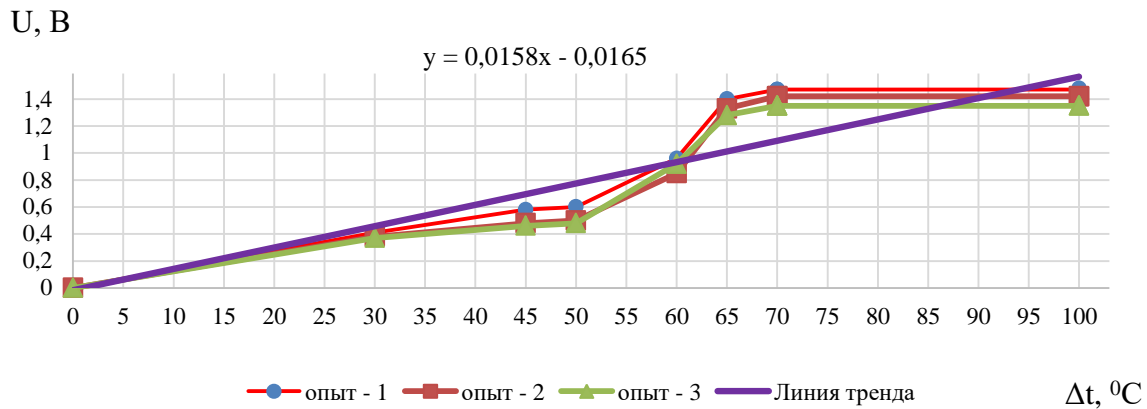


Рисунок 2. График получение термо-ЭДС при исследовании одного модуля ТЕР1-142Т300

По выше представленному графику на рисунке 2 видно, что от одного термоэлектрического модуля при температуре горячей стороны ТЭМ в 100 °С возможно получить напряжение  $U=1,46$  В.

При температуре с горячей стороны 90 °С и холодной стороны 25 °С, получаем разницу температур в 65 °С. По данным таблицы 2 получим, что теоретически, при заданных параметрах получим выходное напряжение 3,6 В и ток 489 мА. По заданным техническим характеристикам можно собрать сборку из термоэлектрических модулей для термоэлектрического генератора для получения требуемого напряжения [1, 2, 3, 4].

Далее рассмотрим фотоэлектрический преобразователь FSM 600M TP M12 характеристики которого представлены по ссылке [3].

Фотоэлектрический преобразователь вырабатывает 24 В электроэнергии, что в сумме термоэлектрическим генератором вполне достаточно для накопления электроэнергии в аккумуляторе и его использовании для освещения.

Вывод: По результатам теоретического исследования и разработки конструкции термоэлектрического генератора на биотопливе получили:

1. При использовании одного термоэлектрического модуля ТЕР1-142Т300, возможно получить при перепаде температур в 100 °С выходное напряжение в 1,46 В.
2. Фотоэлектрический преобразователь вырабатывает 24 В электроэнергии и мощность его равно 600 Вт, что в сумме термоэлектрическим генератором вполне достаточно для накопления электроэнергии в аккумуляторе и обеспечения освещения автономным источником электроснабжения.
3. Применение фотоэлектрического преобразователя и термоэлектрического генератора для системы освещения птицеводческих помещениях целесообразно и актуально, в связи с полезным применением тепловой энергии дымовых газов и солнечной энергии.

\*\*\*

1. Термоэлектрический генератор с принудительной системой охлаждения: пат. 2 755 980 Российская Федерация: МПК H01L 35/30. / Вохмин В.С., Хабиров Ф.Ф., заявитель и патентообладатель Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет; заявл. 01.10.2021; опубл. 23.09.2021, Бюл. № 27. – 8 с.
2. Хабиров, Ф.Ф. Обоснование применения термоэлектрического генератора в системе дымоотведения котельной / Ф.Ф. Хабиров, В.С. Вохмин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3(32). – С. 285–292.
3. Солнечный модуль FSM 600M TP M12. [Электронный ресурс]: Солнечные модули. - Режим доступа: <https://altsolar.ru/product/solnechnyj-modul-fsm-600m-tp-m12/>. - 20.02.2024.

4. Термоэлектрический генераторный модуль ТЕР1-142Т300. [Электронный ресурс]: Низкотемпературные генераторные модули. - Режим доступа: <https://solnechniisvet.ru/shop/peltie-elements/zeebek-element-ter1142t300/>.

**Халлыева А., Назарова И.Т.**

**Разработка организационных мероприятий по реализации интегрированной системы менеджмента качества продукции на предприятии ооо «технологиистройсервис»**

*Пензенский государственный технологический университет  
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-889

**Аннотация**

В статье рассматривается необходимость создания интегрированной системы менеджмента качества на предприятии ООО «Технологиистройсервис»

**Ключевые слова:** система менеджмента качества, процессный подход, среда организации, управление качеством, производство, улучшение, ассортимент.

**Abstract**

The article considers the need to create an integrated quality management system at the Technologiistroyservice LLC enterprise

**Keywords:** the quality management system, process approach, environment, quality management, production improvement, range.

Внедрение интегрированных систем менеджмента становится все более актуальным для российских предприятий, которые сталкиваются с серьезной конкуренцией со стороны западных и отечественных компаний, подтвердивших сертификатами свои достижения в области управления качеством, безопасностью выпускаемой продукции, безопасностью труда и экологического менеджмента.

В настоящее время в отношении практически всех основных функциональных направлений деятельности и сфер управления организацией разработаны международные стандарты соответствующих систем менеджмента. Интерес к интегрированным системам менеджмента во многом вызван распространением соответствующей тенденции как за рубежом, так и в Российской Федерации.

Преимуществами интеграции является: комплексное планирование развития организации с учетом требований заинтересованных сторон: акционеров, инвесторов, потребителей, персонала, общества; улучшенные взаимоотношения с заинтересованными сторонами и рост деловой репутации; уменьшение конфликта между системами, прежде всего в отношении ресурсов, а также более эффективное их распределение на основе анализа эффективности; применение единого подхода к управлению различными направлениями деятельности компании, рассматриваемыми в рамках интегрированной системы менеджмента и связанными с ними рисками; повышение результативности и эффективности в результате комплексных мер по управлению процессами.

Интегрированная система менеджмента качества рассматривается на примере одного из предприятий пищевой промышленности.

Недавно вышедший стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», предназначен для продвижения, применения процессного подхода, для разработки, внедрения и улучшения результативности системы менеджмента качества, роста удовлетворенности потребителя качественным выполнением его требований.

Соблюдение требований ГОСТ Р ИСО 22000-2007, прежде всего, позволит организации разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии систему менеджмента безопасности пищевых продуктов, целью которой является обеспечение безопасности

продукции для здоровья конечного потребителя при условии ее употребления в соответствии с запланированным использованием.

Заинтересованным сторонам стандарт может дать уверенность в том, что внедрившая его организация обладает способностью выявлять риски качества работ и управлять этими рисками.

На рисунке 1 рассмотрим области интеграции стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 22000.

Анализ данных показал, что некоторые требования ИСО 9001 в стандарте ИСО 22000 отсутствуют и, наоборот, в силу разных целей и объектов стандартизации, поэтому на базе данных стандартов необходима и возможна интеграция.

На исследуемом предприятии рассмотрим пример интегрирования в части «Лидерство».

В соответствии со стандартом ISO 9001:2015 лидерство является одним из принципов управления качеством, который оказывает сильное влияние на другие принципы и поэтому считается фактором успеха в программах управления качеством.



Рисунок 1. Области интеграции стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 22000

При управлении СМК поведение лидеров рассматривается как пример с точки зрения отношения и ценностей. Кроме того, в литературе утверждается, что лидерство является одной из пяти наиболее важных компетенций специалистов по управлению качеством. Ван Кеменде также упоминает, что «межкультурные компетенции, адаптивность, гибкость и способность к синергии» имеют большое значение для руководства СМК.

Участие руководства является необходимым условием для достижения уровней эффективности выше среднего, поскольку оно помогает обеспечить прозрачность действий и позитивную атмосферу среди сотрудников. Кроме того, такая приверженность лидера дает работникам большую мотивацию и вызывает желание участвовать в развитии организации. Отсутствие приверженности высшего руководства является основным препятствием для

внедрения СМК, в то время как обратное приводит к положительным результатам. Лидерство приобретает все большее значение в формирующейся парадигме управления качеством из-за его роли в развитии СМК и управлении изменениями. Рассмотрим влияние различных стилей руководства на эффективность управления качеством. В частности, рассмотрим следующие стили руководства:

- транзакционное лидерство: лидер решает задачи с помощью метода «кнуток и пряника», тщательное выявление ошибок подчиненных;
- трансформационное лидерство: лидер – образец для подражания для последователей, его работа направлена на повышение мотивации, морального духа и производительности последователей с помощью различных механизмов;
- трансформационно - транзакционное лидерство: лидер сочетает в своей работе оба вышеперечисленных стиля руководства;
- лидерство невмешательства: лидер фактически не руководит командой, а вместо этого позволяет команде полностью руководить собой.

Трансформационное лидерство имеет несколько преимуществ для управления качеством, поскольку оно поддерживает долгосрочное видение, обеспечивает постоянное совершенствование и способствует командной работе, приверженности делу, личному развитию и обмену опытом и знаниями. Так считают Макфадден К.Л. и другие исследователи. Внедрение СМК связано с организационными изменениями, которые могут восприниматься сотрудниками как препятствия. Существует мнение, что транзакционное лидерство оказывает большее, чем ожидалось, влияние на эффективность управления качеством. В частности, Барбоза Ф.М. и др. утверждают, что «транзакционное лидерство может поддерживать операционную деятельность». Так, несколько авторов объединили оба стиля лидерства, составив «трансформационно - транзакционный» стиль. С одной стороны, вовлеченность, основанная на мотивации и интересах команды, является частью трансформационного лидерства, но, с другой стороны, оно также обеспечивает обмен вознаграждениями за усилия и приверженность проделанной работе, что является частью транзакционного лидерства. Барбоза Ф.М. и др. в 2017 году добавили к обсуждению еще одну переменную. Они утверждали, что не существует единого лучшего стиля руководства для совершенствования СМК, но он зависит от культуры, ценностей и контекста разработки СМК.

Из приведенного выше следует, что лидерство является важнейшим элементом управления качеством. Тем не менее, не существует какой-либо закономерности в отношениях между стилями руководства и управлением качеством. Некоторые исследователи сосредоточились на трансформационном лидерстве, другие — на влиянии транзакционного лидерства, третьи — на необходимости слияния двух стилей в трансформационно-транзакционный микс. Не существует одного лучшего стиля руководства; вместо этого он должен соответствовать контексту управления качеством. Таким образом, уместно углубить взаимосвязь между стилями лидерства и управлением качеством, хотя и более индивидуально для каждой ситуации, избегая обобщений. Для понимания того, существует ли стиль руководства, определяющий достижение более высоких уровней зрелости.

Необходимо определить программу, состоящую из ступеней, чтобы помочь организациям усилить практику лидерства, принимая во внимание внутренний контекст разработки СМК. Для этого используется позитивистская философия исследования, основанная на дедуктивном подходе, основанном на теориях лидерства и моделях зрелости СМК.

\*\*\*

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 28.09.2015. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2022. -24 с.
2. ГОСТ Р ИСО 22000-2007. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи оказания услуг. – М.: Стандартинформ, 2017. – 37 с.

3. Дзедик В.А. Создание и аудит систем менеджмента качества в соответствии с международным стандартом ISO 9001:2015 (Текст)/ В.А. Дзедик, А. Езрахович. – Волгоград: ПринтТерра-Дизайн, 2015. – 300 с.
4. Ван Кеменаде, Э., и Харджоно, Т.В. Тотальное управление качеством двадцать первого века: Эмерджентная парадигма. Журнал TQM, 31(2), 150-166. 2019.
5. Насименто, А. П., Валадарес, М. П., и Занкетто, Х. Зрелость систем управления качеством как конструкции второго порядка. Журнал Управление и технологии, 13(3), 23-50. 2013.

**Холуденева А.О., Шканова К.Д., Шаповалов Д.И.**

**Исследование взаимосвязи всеобщего управления качеством и качества продукции с результативностью процессов путем применения математических методов**

*Пензенский государственный технологический университет  
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-890

**Аннотация**

В статье рассмотрена взаимосвязь всеобщего управления качеством, качества продукции и корпоративной результативности. Качество продукции является ключевым фактором успеха компании на рынке, а общее управление качеством обеспечивает эффективность процессов и постоянное улучшение продукции. Корпоративная результативность, в свою очередь, отражает степень достижения компанией своих стратегических целей и удовлетворения потребностей клиентов. Все три аспекта взаимосвязаны и влияют друг на друга, создавая основу для устойчивого развития и конкурентоспособности компании.

**Ключевые слова:** управление качеством, качество продукции, корпоративное качество, результативность, успех компании, ключевые факторы, рынок, эффективность процессов, постоянное улучшение, стратегические цели, удовлетворение потребностей, конкурентоспособность, устойчивое развитие.

**Abstract**

The relationship between total quality management, product quality and corporate performance. Product quality is a key factor for a company's success in the market, and total quality management ensures process efficiency and continuous product improvement. Corporate performance, in turn, reflects the extent to which a company achieves its strategic goals and meets customer needs. All three aspects are interconnected and influence each other, creating the basis for sustainable development and competitiveness of the company.

**Keywords:** quality management, product quality, corporate performance, company success, key factors, market, process efficiency, continuous improvement, strategic goals, needs satisfaction, competitiveness, sustainable development.

Проблема качества продукции касается не только крупных предприятий, роль системы обеспечения качества важна в компании любого размера. Особенно эта проблема актуальна для малого и среднего бизнеса в перерабатывающей отрасли. В последние десятилетия мировой бизнес активно работает над повышением качества продукции, которое стало ключевым фактором конкурентоспособности компаний. Началом этой эволюции можно считать 1920-е годы, когда была введена концепция контроля качества. На сегодняшний день активно развиваются различные подходы к управлению качеством, включая TQM, где все элементы организации вовлечены в процесс обеспечения качества. Малый и средний бизнес России, являясь значимым звеном экономики страны, также требует повышения внимания к качеству производимой продукции.

Качество улучшает репутацию компании, надежность продукции и позволяет конкурировать на глобальном рынке, является инструментом измерения производительности наряду с показателями производительности и эффективности. Высокое качество продукции стимулирует рынок, повышает производительность и лояльность потребителей. Всеобщее

управление качеством (TQM) направлено на обеспечение ценности продукта на всех этапах производства, от начала до конца. TQM предполагает активное участие всех компонентов организации в процессе обеспечения качества, а также измерение успеха с помощью критериев, таких как лидерство, стратегическое планирование, ориентация на клиентов, информация и аналитика, управление персоналом и другие.

В настоящее время развиваются различные подходы к определению и оценке качества товаров и услуг, начиная с концептуального уровня и заканчивая практической реализацией. Например, в контексте медицинских услуг потребителями ожидаются такие показатели, как безопасность, чистота, стандартизация процедур, дружелюбие персонала, доступные цены и эффективное лечение. В случае производства товаров, например обуви, важны показатели: удобство модели, надежность, износостойкость и долговечность, отсутствие дефектов, эргономичность.

Различные авторы выделяют различные концепции качества, такие как трилогия Джурана, включающая планирование, контроль и совершенствование качества. Концепции Кросби включают соответствие стандартам, предотвращение дефектов и учет соотношения цена-качество. Деминг подчеркивает ответственность всех подразделений организации за качество. В целом, качество важно для удовлетворения потребностей потребителей и постоянно меняется, а качество отношений является ключевым аспектом.

Актуальной задачей является исследование влияния TQM на качество продукции предприятий малого и среднего бизнеса. Для решения данной задачи необходимо получить комплексную информацию о внедрении TQM, восприятии качества продукции и влиянии на эффективность деятельности компании.

Для получения такой информации целесообразно применить описательный качественный метод исследования. С помощью анкеты с использованием интервью и полевых наблюдений собирается информация о связи TQM с качеством продукции и успехами предприятия. Выдвигаются две гипотезы: TQM влияет на качество продукта и качество продукции влияет на успех компании.

Исследование может проходить одновременно в нескольких регионах или районах города, где сосредоточено множество МСП в схожих областях деятельности, например перерабатывающая промышленность. Результаты исследования помогут улучшить управление качеством и повысить эффективность предприятий.

Производительность - ключевой показатель эффективности предприятий. Его предлагается оценивать методом оценки рентабельности активов (ROA): исследуя доходы, не связанные с активами. Самый высокий ROA среди исследуемых предприятий покажет высокую степень эффективности предприятия.

Также связь между TQM и качеством продукции предлагается исследовать посредством коэффициента детерминации. Значение этого коэффициента  $R^2$ , например равное 0,609 будет указывать на то, что TQM вносит 60.9% вклада в качество продукции, а остальные 39.1% определяются другими факторами.

Компании с высоким уровнем TQM могут достичь более высокого качества продукции, что повышает их эффективность и конкурентоспособность. Результаты подобных исследований могут помочь предприятиям улучшить свои процессы управления качеством, что приведет к увеличению прибыли и снижению затрат.

Таким образом, следует отметить, что всеобщее управление качеством подразумевает системный подход к управлению организацией, ориентированный на улучшение качества продукции или услуг за счет непрерывного совершенствования всех процессов в организации. Ключевые принципы TQM включают в себя полное вовлечение персонала, ориентацию на потребителя, непрерывное улучшение процессов, фокус на фактах и данных, партнерство с поставщиками и т. д.

Для предприятий малого и среднего предпринимательства внедрение системы всеобщего управления качеством имеет ряд преимуществ. Во-первых, это помогает снизить затраты на производство за счет устранения дефектов и повышения эффективности процессов.

Во-вторых, TQM способствует улучшению репутации компании и увеличению лояльности клиентов за счет предоставления продукции высокого качества. В-третьих, это способствует повышению конкурентоспособности предприятия на рынке.

Качество продукции на предприятиях малого и среднего бизнеса напрямую зависит от эффективности внедрения системы TQM. Путем применения методов улучшения процессов, контроля качества и анализа данных предприятия могут достичь высоких результатов в производстве продукции. Кроме того, TQM способствует формированию культуры качества в организации, где каждый сотрудник осознает важность своей роли в обеспечении качества продукции.

Таким образом, всеобщее управление качеством играет ключевую роль в повышении конкурентоспособности предприятий малого и среднего бизнеса и обеспечении высокого качества выпускаемой продукции. Системный подход и постоянное стремление к совершенствованию позволяют предприятиям не только выживать на рынке, но и успешно развиваться и расширять свой бизнес.

\*\*\*

1. Гарвин, Д.А., 1998. Управление качеством. Нью-Йорк: Свободный пресс-секретарь Дэн Барри Рендер. 2008. Операционный менеджмент: Эдиси Сембилан. Джакарта. Салемба Эмпат.
2. Исмаил, С., 2009. Важнейшие факторы успеха внедрения TQM и их влияние на эффективность малого и среднего бизнеса. Международный журнал по управлению производительностью и результативностью, 58 (3), 215-237.
3. Джуран, Джозеф М., 1998. Руководство Джурана по качеству, 5 издание. Нью-Йорк: McGraw- Hill.
4. Каплан, Нортон, 1996. Сбалансированная система показателей, Эрлангта Джакарта. ISBN 979-688-071-7.
5. Лакхал Л., Пасин Ф., Лимам М., 2006. Методы управления качеством и их влияние на производительность. Международный журнал управления качеством и надежностью, 23 (6), 625-646.
6. Теджанинграм, А., 2016. Культура качества и возможности управления цепочками поставок на малых и средних предприятиях. Международный журнал организационных инноваций, 9 (2), стр. 214-225.
7. Валмохаммади, С., 2011. Влияние внедрения TQM на
8. Организационная эффективность иранских малых и средних предприятий обрабатывающей промышленности. Журнал TQM, 23 (5), 496-509.
9. Ян Т., Чен М., Су К., 2003. Практика управления качеством в полупроводниковых производствах – эмпирические исследования на Тайване. Международные производственные системы, 10 (1), 153-159.

**Черненко А.А., Лычков И.И.**

### **Сокращение объема вычислений в алгоритме расчета дескриптора характерных участков изображения ORB**

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(Россия, Москва)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-891*

#### **Аннотация**

В работе рассматривается алгоритм детектора и дескриптора характерных участков изображения ORB, который применяется в современных методах визуальной одометрии для автономного управления мобильными роботами в реальном времени. Для сокращения объема вычислений предлагаются три модификации данного алгоритма в части расчета главного направления градиента яркости характерного участка изображения. Проведенные эксперименты подтверждают приемлемую точность алгоритма после выполнения предложенных модификаций.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, характерные участки изображения, дескриптор ORB, детектор FAST, повторяемость дескриптора, тест Миколайчика.

#### **Abstract**

This paper considers an ORB image feature point descriptor which is leveraged by modern visual odometry methods for real-time autonomous mobile robot control. This paper proposes three



modifications for the ORB descriptor algorithm in the way of major gradient direction calculation in order to reduce the total computation amount. Experiments proved the modified algorithm to provide reasonable accuracy.

**Keywords:** digital image, image feature points, ORB descriptor, FAST detector, feature point descriptor repeatability, Mikolajczyk's test.

Благодаря уверенному развитию вычислительной техники и информационных технологий, двадцать первый век ознаменовал эпоху активного внедрения искусственного интеллекта во многие сферы человеческой деятельности. Компьютерное зрение является важным направлением искусственного интеллекта. Методы компьютерного зрения востребованы в таких областях как промышленный контроль, интерфейсы человеко-машинного взаимодействия, робототехника, дистанционное зондирование Земли. Среди применений компьютерного зрения существует широкий класс задач, предполагающих сопоставление цифровых изображений и отыскание соответствий между похожими участками разных цифровых изображений: склеивание панорам, отслеживание движущегося объекта в видеопотоке, обнаружение дефектов и закладок по фотографиям печатных плат, построение карты помещения и определение местоположение объекта на карте по видеопотоку с установленной на нем видеокамеры. Методы решения таких задач можно разделить на две большие группы: холистические методы и методы на основе характерных участков изображения. Холистические методы рассматривают изображение в виде монолитного массива пикселей, а для сопоставления двух изображений строят карту сходства изображений с помощью кросс-корреляции [1] или с помощью специальной обучаемой функции на основе нейронной сети [2]. Методы на основе характерных участков изображения сначала отыскивают на цифровых изображениях некоторые узнаваемые характерные участки, а затем, строят соответствие между характерными участками разных изображений в предположении о сохранении их взаимного расположения или статистического распределения их параметров. В настоящее время наивысшие показатели точности обеспечивают холистические методы на основе нейронных сетей, однако они требуют большого объема вычислений. Методы на основе характерных участков изображения лучше подходят для решения задач в условиях реального времени и ограниченности вычислительных ресурсов, например, в бортовых системах управления недорогих мобильных роботов.

Методы на основе характерных участков изображения используют алгоритмы детекторов и дескрипторов характерных участков, такие как SIFT [3], SURF [4], FAST [5], BRIEF [6], ORB [7]. Большую популярность в задачах реального времени имеет алгоритм детектора и дескриптора характерных участков ORB [7]. В частности, он используется в современном методе визуальной одометрии [8] для определения местоположения мобильного робота в закрытом помещении. Точность метода визуальной одометрии зависит от скорости обработки кадров видеопотока, поэтому одним из направлений повышения точности является сокращение необходимого объема вычислений. Алгоритм детектора и дескриптора ORB включает следующие основные этапы: обнаружение характерных участков изображения с помощью детектора FAST, уточнение их размеров, оценка заметности участков с помощью меры Харриса, вычисление главного направления градиента яркости в окрестности характерных участков, расчет дескриптора ORB для каждого характерного участка в соответствии с его размером и главным направлением градиента яркости. Целью настоящей работы является модификация этапа вычисления главного направления яркости в окрестности характерного участка для сокращения необходимого объема вычислений в алгоритме расчета детектора и дескриптора характерных участков изображения ORB.

Для модификации алгоритма за основу была взята открытая реализация алгоритма ORB в составе библиотеки scikit-image [9]. В оригинальном алгоритме расчет главного направления яркости характерного участка изображения сводится к расчету центра тяжести всех пикселей данного участка и вычислении направления его радиус-вектора, что является вычислительно затратной операцией. Суть предложенных модификаций заключается в использовании для

расчета главного направления градиента яркости характерного участка промежуточных данных, полученных в результате расчета детектора характерных точек FAST [5] на первом этапе алгоритма ORB [7]. Первая модификация была предложена с учетом предположения, что искомое главное направление градиента яркости дескриптора особой точки находится в секторе, определенным границами последовательных пикселей одного класса яркости на круге Брезенхема. Таким образом, первая модификация алгоритма включает в себя следующие этапы: сначала определяются границы дуги, состоящей из последовательных точек одного класса яркости, затем строится биссектриса в найденном секторе, и наконец, вычисляется угол в зависимости от координат конечной точки биссектрисы (Рисунок 1).



Рисунок 1. Нахождение угла поворота дескриптора.

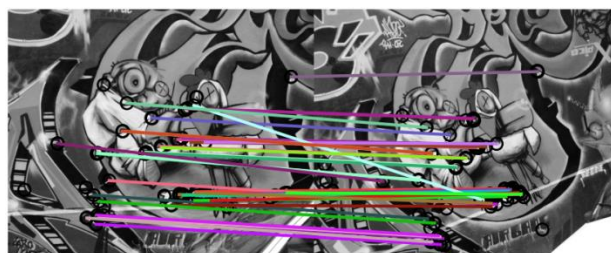
Ввиду трудности измерения времени выполнения модифицированной версии алгоритма по сравнению с оригинальной, было решено провести теоретическую оценку количества операций, необходимых для вычисления угла в программе. Следовательно, для определения направления вектора яркости в исходном алгоритме требуется 3 операции сравнения, 2 операции сдвига, 133 операции умножения и 1935 операций сложения. Общее количество операций в худшем случае для модификации, использующей расчет биссектрисы для вычисления угла, оценивается примерно в 205 операций сравнения, 60 операций логического умножения, 76 операций остатка от деления, 63 операции умножения, 4 операции сдвига, 16 операций логического сложения и 154 операции сложения.

Первая модификация алгоритма предполагает, что главное направление градиента яркости соответствует середине дуги, что может быть неточно из-за различной интенсивности пикселей на дуге. Для улучшения точности предлагается смещать направление к более интенсивным пикселям, представляя их как радиус-векторы на круге Брезенхема и вычисляя координаты результирующего вектора. Для этого можно вычислить координаты центра масс векторов в последовательности. Это должно обеспечить более точное направление вектора направления градиента яркости по сравнению с предыдущей версией модификации с использованием биссектрисы. Таким образом, вторая модификация алгоритма включает в себя следующие этапы: сначала определяются границы дуги, состоящей из последовательных точек, затем вычисляется с помощью взвешенной суммы интенсивности пикселей на круге, координата, то есть индекс пикселя на круге, после чего значение координаты умножается на одну шестнадцатую долю окружности. В худшем случае новая модификация алгоритма потребует примерно 205 операций сравнения, 60 операций логического умножения, 106 операций остатка от деления, 86 операций умножения, 6 операций сдвига, 16 операций логического сложения и 191 операцию сложения.

При использовании модификации со взвешенной суммой интенсивности пикселей могут возникать ситуации, которые требуют отдельной обработки в алгоритме, поэтому в третьей модификации алгоритма для расчета взвешенной суммы вместо значений интенсивности пикселей предлагается использовать их отклик. Под откликом понимается значение модуля

разности интенсивности между центральным пикселем и точкой на круге Брезенхема. Остальные этапы выполнения модифицированного алгоритма останутся прежними. Для худшего случая третья модификация алгоритма будет занимать 220 операций сравнения, 60 операций логического умножения, 106 операций остатка от деления, 86 операций умножения, 6 операций сдвига, 16 операций логического сложения, и 206 операций сложения.

Для тестирования модификаций использовался набор данных из тестов Миколайчика [10], который представляет собой 6 изображений граффити с разными точками обзора на сцену. Для каждой пары изображений в наборе данных имеется заранее вычисленная матрица гомографии. Умножая данную матрицу на массив особых точек исходного изображения, можно вычислить координаты особых точек на другом изображении. Благодаря вышеописанным расчетам, можно сопоставить дескрипторы (Рисунок 2) и вычислить достоверность найденных соответствий дескрипторов на паре изображений.



В целях сопоставления результатов необходимо иметь точные числовые показатели верных и ложных соответствий дескрипторов. В связи с этим был построен соответствующий график для оценки этих данных при использовании исходной версии алгоритма ORB (Рисунок 3). Можно заметить, что с увеличением изменения угла обзора, уменьшается количество верно сопоставленных точек. Наибольшее количество верных соответствий можно наблюдать у пары изображений 1-2. В данном случае изменение точки обзора не настолько большое, как в остальных парах изображений. Это соответствует ситуации, когда рассматриваются первые несколько кадров в видеопотоке.

Для сравнения алгоритмов расчета направления градиента яркости использовались 5 основных параметров: отношение верно найденных точек к сумме верных и ложных соответствий (точность), абсолютное число верных соответствий, количество операций сложения, количество операций умножения, а также количество операций битового сдвига, необходимых для вычисления главного направления яркости. Остальные операции были приведены к эквивалентному количеству операций сложения. Так как самым значимым случаем является пара изображений 1-2, который соответствует рассмотрению соседних кадров в видеопотоке, то в таблице 1 приведены значения точности и числа верно найденных соответствий именно для этой пары изображений.

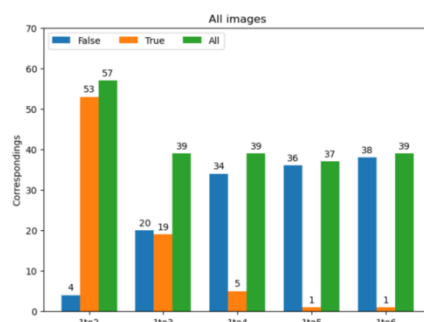


Рисунок 3. График соответствий для оригинального алгоритма ORB.

Таблица 1

## Сравнение алгоритмов.

Алгоритм	Точность	Абсолютное значение	Сложение	Умножение	Сдвиг
Оригинальный алгоритм	0,92	53	1940	133	2
Расчет суммы откликов	0,93	44	714	86	6
Расчет биссектрисы	0,95	39	587	63	4
Расчет суммы интенсивностей	0,82	32	684	86	6

Из данной таблицы видно, что самая высокая точность достигается у первой модификации, основанной на расчете биссектрисы, однако количество верно обнаруженных соответствий преобладает в третьей модификации, использующей расчет взвешенной суммы откликов на дуге круга Брезенхема. Следовательно, в условиях малых вычислительных мощностей целесообразно применять модификацию с расчетом биссектрисы, поскольку она требует для своего выполнения меньшее число операций среди всех остальных модификаций.

Подводя итог, можно сказать, что все протестированные модификации имеют приемлемую точность и количество верно найденных соответствий, имеют существенное преимущество по количеству операций над оригинальным алгоритмом и могут быть использованы на практике. Также существует простор для дальнейших модификаций и улучшения уже описанных в данной статье версий алгоритма, что может привести к еще лучшим результатам по количеству верных соответствий и уменьшению затрачиваемых операций.

\*\*\*

1. Bolme D.S., Beveridge J.R., Draper B.A., Lui Y.M. Visual object tracking using adaptive correlation filters // In Proceedings of 2010 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. 2010. P. 2544-2550.
2. Zhang J., Feng W., Yuan T., Wang J., Sangaiah A.K. SCSTCF: spatial-channel selection and temporal regularized correlation filters for visual tracking // Applied Soft Computing. 2022. Vol. 118. P. 108485.
3. Lowe D.G. Object recognition from local scale-invariant features // In Proceedings of the International Conference on Computer Vision. 1999. Vol. 2. P. 1150-1157.
4. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. Surf: Speeded up robust features // In Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision. 2006. P. 404-417.
5. Rosten E., Drummond T. Machine learning for high-speed corner detection // In Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision. 2006. P. 430-443.
6. Calonder M., Lepetit V., Ozuysal M., Trzcinski T., Strecha C., Fua. BRIEF: Computing a local binary descriptor very fast // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. Vol. 34. № 7. 2011. P. 1281-1298.
7. Ethan R., Vincent R., Kurt K., Gary B. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF // IEEE International Conference on Computer Vision. 2011. P. 2564-2571.
8. Campos C., Elvira R., Rodríguez J.J.G., Montiel J.M., Tardós J.D. Orb-slam3: An accurate open-source library for visual, visual-inertial, and multimap slam // IEEE Transactions on Robotics. Vol. 37. № 6. 2021. P. 1874-1890.
9. Scikit-image [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://scikit-image.org/> (30.05.2024).
10. Mikolajczyk K., Schmid C. A performance evaluation of local descriptors // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2005. P. 1615-1630.

**Чернышев А.М., Сафин М.А.**

**Сравнительный анализ программируемых логических контроллеров для автоматической системы мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-892

#### Аннотация

В статье рассмотрены различные виды контроллеров и их технические характеристики. Актуальность работы заключается в широком распространении автоматизированных систем

управления и острой необходимости в определении качественного отечественного оборудования.

**Ключевые слова:** трубная шаровая мельница, программируемый логический контроллер, сравнительный анализ, технические характеристики, интерфейс, преимущества, протокол.

### Abstract

The article discusses various types of controllers and their technical characteristics. The relevance of the work lies in the widespread use of automated control systems and the urgent need to identify high-quality domestic equipment.

**Keywords:** pipe ball mill, programmable logic controller, comparative analysis, technical characteristics, interface, advantages, protocol.

Использование программируемых логических контроллеров (ПЛК) для автоматической системы мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице значительно повышает эффективность и надежность производственного процесса [1]. Программируемые логические контроллеры позволяют автоматизировать и оптимизировать работу мельницы, обеспечивая точное управление и мониторинг ключевых параметров, таких как скорость вращения барабана, подача материала, уровень заполнения и расход воды.

Основные преимущества использования ПЛК в автоматической системе мокрого помола сырья включают:

1. Точное управление процессом: ПЛК обеспечивают автоматическое регулирование скорости вращения барабана, что позволяет поддерживать оптимальные условия помола и достигать требуемой степени измельчения материала.
2. Мониторинг и контроль параметров: с помощью датчиков и ПЛК можно постоянно отслеживать и контролировать важные параметры процесса, такие как уровень наполнения мельницы, расход энергии, температура и влажность сырья.
3. Повышение эффективности: автоматизация процесса с использованием ПЛК позволяет значительно сократить время на настройку и контроль оборудования, что повышает общую производительность и снижает затраты на эксплуатацию [2].
4. Снижение человеческого фактора: ПЛК снижают вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, обеспечивая более стабильную и надежную работу системы.
5. Интеграция с другими системами: ПЛК могут быть интегрированы с другими системами управления предприятием, что позволяет создать единую систему контроля и управления производственными процессами [3].
6. Диагностика и обслуживание: ПЛК позволяют проводить диагностику оборудования в режиме реального времени, выявлять неисправности и своевременно выполнять профилактическое обслуживание, что снижает риск аварий и простоев.

Внедрение программируемых логических контроллеров в систему мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице обеспечивает не только повышение производительности и качества продукции, но и улучшение экономических показателей предприятия. Однако, не каждый контроллер является хорошим выбором для внедрения в данную систему [4]. Именно для определения лучших вариантов стоит провести сравнительный анализ.

В качестве программируемых логических контроллеров и процессорных модулей предлагаю к рассмотрению следующие модели, каждая из которых является продуктом отечественных производителей:

1. Контроллер «SEGNETICS MATRIX-1021-70-0».

Данный контроллер имеет встроенные аналоговые и дискретные точки подключения, что является одним из преимуществ при выборе контроллера. На своем борту представленный контроллер несет 8 аналоговых входов, 4 аналоговых выхода, 8 дискретных входов и 6 дискретных выходов. Аналоговые входы способны осуществлять преобразование таких сигналов как 4-20 мА, 0-10 В и поддерживают подключение следующих типов датчиков: RTD, NTC, а также датчиков, конфигурируемые пользователем.

Представленный контроллер имеет следующие интерфейсы: 2 порта RS-485; порт расширения для подключения системной шины - MR-Bus2, который необходим для подключения модулей расширения; USB 2.0; GSM 3G модем; HDMI 1080p; слот сетевых карт с дополнительными интерфейсами - Ethernet LAN 100 Мбит/с, USB Host 2.0, RS-485 Modbus, RS-232, CAN Bus, M-Bus.

#### 2. Контроллер «ПЛК210-04-CS».

«ПЛК210-04-CS» имеет на своем борту встроенные точки подключения: 12 дискретных входов, 12 дискретных выходов, 4 аналоговых вход, но при этом отсутствуют аналоговые выходы. Отсутствие аналоговых выходов можно компенсировать с помощью модулей расширения, которые необходимо приобретать отдельно.

В качестве интерфейсов связи представлены: 4 порта Ethernet 100 Base-T; 2 порта RS-485; 1 порта RS-232; USB Device, предоставляющий возможность подключения одно micro USB (RNDIS), а также 1 USB type A.

#### 3. Модуль центрального процессора «R500 CU 00 071».

Данный модуль центрального процессора не имеет встроенных аналоговых и дискретных точек подключения, но при этом имеет большие вычислительные мощности. Также «R500 CU 00 071» имеет возможность полноценного резервирования, что достаточно важно для некоторых автоматизированных систем управления.

В качестве интерфейсов процессорный модуль имеет: RS-232; RS-485; два порта Ethernet (1000BASE-KX/BX); 2 порта USB; DVI-D (Single Link, разъем DVI-I); ГЛОНАСС.

#### 4. Модуль процессорный «OptiLogic L-CPU-2-L»

Процессорный модуль «OptiLogic L-CPU-2-L» не имеет каких-либо встроенных точек подключения и имеет всего лишь 3 интерфейса, среди которых: RS-485; USB; Ethernet (10/100BASE-T).

Сравнительный анализ перечисленных выше контроллеров представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ ПЛК

Название	Количество интерфейсов	Количество подкл. модулей	Потребляемая мощность, Вт	Количество протоколов	Скорость отклика, мс	Цена
SEGNETICS MATRIX-1021-70-0	6	244	5,4	2	50	37 069
ПЛК210-04-CS	4	244	16	8	25	64 620
R500 CU 00 071	6	25	18,3	8	10	154 823
OptiLogic L-CPU-2-L	3	64	28,8	2	50	72 000

Исходя из анализа представленных контроллеров и процессорных модулей напрашивается следующий вывод:

1. «R500 CU 00 071» не имеет встроенных точек подключения, но при этом имеет высокую скорость обработки информации. Также стоит отметить, что он достаточно дорогой по сравнению с остальными контроллерами.
2. «OptiLogic L-CPU-2-L» имеет наибольшую потребляемую мощность, малое количество имеющихся интерфейсов и отсутствие встроенных точек подключения.
3. «SEGNETICS MATRIX-1021-70-0» имеет достаточное количество точек подключения и большое разнообразие имеющихся интерфейсов, что является преимуществом для реализации малых систем автоматизации. При этом для реализации больших систем необходимо приобретать дополнительные модули расширения.
4. Вопреки отсутствию аналоговых выходов контроллер «ПЛК210-04-CS» является лидером, среди представленных контроллеров, так как с помощью него возможно реализовать автоматизированную систему управления для малых систем, но для больших систем потребуются модули расширения.

Таким образом после проведения сравнительного анализа можно выделить 2 основных программируемых логических контроллера, которые имеют возможность применения в различных автоматизированных системах управления: «SEGNETICS MATRIX-1021-70-0» и «ПЛК210-04-CS». При этом не стоит забывать, что к выбору контроллера необходимо подходить ответственно, просчитывая все необходимые вариации при реализации системы [5].

\*\*\*

1. Клименко А. А. Сравнение программируемых логических контроллеров на примере "ОВЕН ПЛК 200/ПЛК 210" и "SIEMENS SIMATIC S7-300" // Наука и производство Урала. 2022. Т. 18. С. 60-61.
2. Доу С. Применение ПЛК в АСУ ТП химических процессов // E-Scio. 2022. № 10(73). С. 167-171.
3. Буланов А. А. Моделирование системы управления технологическим процессом дробления карбида кремния // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 34. С. 1388-1394.
4. Закамалдин А. А. Построение системы автоматического управления шаровой мельницей с применением наблюдателя возмущений и виртуального анализатора // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022. Т. 26, № 3. С. 112-128.
5. Богданов В. С. Труба рецикла // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 12. С. 372-377.

**Чернышев А.М., Сафин М.А.**

**Автоматизированная система мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице**

*Казанский государственный энергетический университет*

*(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-06-2024-893*

#### **Аннотация**

В статье рассмотрена автоматизированная система мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице. Описан основной состав системы, а также преимущества данной системы. Актуальность работы заключается в оптимизации производственных процессов и повышении производительности системы путем ее автоматизации.

**Ключевые слова:** автоматизация, мельница, процесс, управление, контроль, система, мониторинг.

#### **Abstract**

The article discusses an automated system for wet grinding of raw materials in a pipe ball mill. The basic composition of the system is described, as well as the advantages of this system. The relevance of the work lies in optimizing production processes and increasing system performance by automating it.

**Keywords:** automation, mill, process, management, control, system, monitoring.

Автоматизированная система мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице представляет собой комплексное технологическое решение, обеспечивающее высокое качество и эффективность процесса измельчения материала. Эта система используется в промышленных производствах для дробления и измельчения различных материалов, таких как руды, цемент, уголь и другие сырьевые компоненты [1].

Данная система включает в себя несколько ключевых этапов и компонентов, обеспечивающих эффективное и стабильное измельчение сырья. Рассмотрим подробно каждый элемент системы и их взаимодействие [2].

1. Система подачи и дозирования сырья и воды.

Автоматизация процесса начинается с системы подачи и дозирования сырья и воды. Для этого используются следующие компоненты:

- бункеры и питатели: Сырье поступает в бункеры, из которых оно через автоматические питатели дозированно подается в мельницу. Питатели могут быть ленточными, шнековыми или вибрационными, в зависимости от типа сырья;
- датчики уровня: для контроля уровня сырья в бункерах используются ультразвуковые или радарные датчики уровня. Они обеспечивают точное измерение количества материала и передают данные в систему управления;
- водяные насосы и клапаны: для подачи воды в мельницу используются насосы и автоматические клапаны [3]. Дозирование воды осуществляется на основе данных от датчиков влажности и давления, что позволяет поддерживать оптимальный водный баланс в мельнице.

2. Управление скоростью вращения мельницы.

Скорость вращения трубной шаровой мельницы является критическим параметром для процесса измельчения. Для управления скоростью применяются:

- частотные преобразователи: частотные преобразователи регулируют скорость вращения двигателя мельницы. Это позволяет адаптировать скорость к изменяющимся условиям процесса и характеристикам сырья;
- датчики скорости: данные датчики контролируют фактическую скорость вращения барабана мельницы и передают данные в систему управления, что обеспечивает точную настройку частотного преобразователя.

3. Контроль состава и крупности измельченного материала.

Для обеспечения стабильного качества продукта необходим непрерывный контроль крупности и состава измельченного материала:

- лазерные и оптические анализаторы: данные устройства анализируют размер частиц в реальном времени. Лазерные анализаторы работают по принципу рассеяния света, определяя размеры частиц по интенсивности и углу рассеянного света;
- системы обратной связи: данные с анализаторов передаются в систему управления, которая корректирует параметры процесса (например, скорость подачи сырья и воды), чтобы достичь требуемой крупности измельченного материала [4].

4. Управление водным балансом

Поддержание оптимального водного баланса критично для эффективного мокрого помола:

- датчики уровня жидкости: датчики контролируют уровень воды в мельнице и в подающих линиях, предотвращая как избыточное разбавление, так и недостаток воды;



- автоматические клапаны: на основе данных от датчиков, автоматические клапаны регулируют подачу воды, поддерживая оптимальную консистенцию суспензии.

#### 5. Системы мониторинга и диагностики

Современные автоматизированные системы включают комплексные решения для мониторинга состояния оборудования:

- датчики вибрации: эти датчики контролируют вибрационные характеристики мельницы, позволяя выявлять дисбаланс и износ подшипников или иных компонентов;
- температурные датчики: контроль температуры подшипников, редукторов и других критичных узлов позволяет предотвратить перегрев и выход из строя оборудования;
- датчики давления: данные датчики контролируют давление в системе подачи воды, обеспечивая стабильную работу насосов и предотвращая гидравлические удары;
- программное обеспечение для диагностики: программное обеспечение анализирует данные от всех датчиков, предсказывает возможные неисправности и предлагает плановые меры по техническому обслуживанию.

Для контроля и управления автоматизированной системой мокрого помола сырья в трубной шаровой мельнице необходимо использовать программируемый логический контроллер, который будет иметь аналоговые и дискретные входы и выходы, количество которых будет варьироваться в зависимости от полноценного состава системы.

Вся информация от датчиков и анализаторов также передается в централизованную систему управления (SCADA или DCS), которая обрабатывает данные в реальном времени, отображая их операторам и записывая для последующего анализа. На основе анализа данных система автоматически корректирует параметры процесса, например, такие как скорость вращения мельницы, подача сырья и воды. В случае отклонений от нормальных параметров система осуществляет автоматическое регулирование параметров с помощью программируемого логического контроллера, на котором записан алгоритм работы системы [5].

В это же время осуществляется передача информации о превышении значений и в случае необходимости генерирует предупреждающие и аварийные сигналы, уведомляя операторов о необходимости вмешательства. Для слаженной работы системы потребуется правильно спроектированная коммутационная сеть, соединяющая операторский пункт управления и программируемый логический контроллер.

Одним из основных преимуществ автоматизированной системы мокрого помола является улучшение качества финального продукта за счет консистенции и точности процесса помола. Благодаря автоматизированной системе контроля и регулирования технологических параметров, достигается более равномерное и качественное измельчение сырья, что позволяет получать более высокий уровень конечной продукции.

Кроме того, автоматизированная система мокрого помола оптимизирует расход энергии и воды, что способствует экономии ресурсов и снижению эксплуатационных затрат предприятия. Благодаря автоматическому управлению процессом помола, система может оптимизировать расход энергии и воды в зависимости от требований производства, что позволяет сократить издержки и повысить экономическую эффективность работы предприятия.

Данная система представляет собой передовое технологическое решение, которое значительно улучшает процесс производства и обеспечивает высокий уровень качества конечной продукции. Это инновационное оборудование способствует оптимизации производственных процессов, повышает производительность и эффективность работы предприятия, а также способствует сокращению издержек и экономии ресурсов. Все это делает автоматизированную систему мокрого помола необходимым инструментом для предприятий,

занимающихся производством сырья и заинтересованных в улучшении своей конкурентоспособности на рынке.

\*\*\*

1. Марьин М. А. Автоматизация мельниц помола длинного // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. 2020. Т. 1. С. 176-181.
2. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления (ССУЗ). // КолосС. М., 2006. С. 352.
3. Брюханов В.Н. Автоматизация производства. // Высшая школа. М, 2016. С. 367.
4. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля // МГУИЭ. М., 2016. С. 312.
5. Селевцов Л.И. Автоматизация технологических процессов // Инфра-Инженерия. Вологда, 2014. С. 352.

**Чернышев А.М., Сафин М.А.**

### **Трубная шаровая мельница мокрого помола и преимущества её использования**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-894

#### **Аннотация**

В статье рассмотрена трубная шаровая мельница мокрого помола. Описаны конструкция установки, принцип работы и преимущества её использования в отличие от сухого помола. Актуальность работы заключается в контексте технологического развития, экономической эффективности, экологических аспектов, образования, научных исследований и индустриальных трендов.

**Ключевые слова:** трубная шаровая мельница мокрого помола, конструкция, принцип действия, экологичность, качество продукта, преимущества, жидкая среда.

#### **Abstract**

The article discusses a wet grinding tube ball mill. The design of the installation, the principle of operation and the advantages of its use in contrast to dry grinding are described. The relevance of the work lies in the context of technological development, economic efficiency, environmental aspects, education, scientific research and industrial trends.

**Keywords:** wet grinding tube ball mill, design, operating principle, environmental friendliness, product quality, advantages, liquid environment.

Трубная шаровая мельница мокрого помола используется для измельчения материалов в жидкой среде. Этот тип мельницы широко применяется в горнодобывающей, химической, строительной и других отраслях промышленности [1]. В процессе работы мельницы материал измельчается стальными или керамическими шарами, которые вращаются внутри цилиндрического барабана. Мокрый помол позволяет достичь высокой степени измельчения и однородности продукта, а также снижает пылеобразование.

Конструкция:

1. Корпус: вращающийся цилиндр (труба), изготовленный из прочных материалов, устойчивых к коррозии и износу.



Рисунок 1. Корпус трубной шаровой мельницы мокрого помола.

2. Рабочая среда: шарики из стали или керамики, а также жидкость (вода или другой раствор).

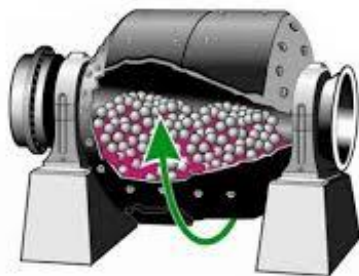


Рисунок 2. Рабочая среда трубной шаровой мельницы мокрого помола.

3. Подшипники и опоры: обеспечивают стабильное вращение барабана.



Рисунок 3. Опора трубной шаровой мельницы мокрого помола.

4. Системы подачи и вывода: включают устройства для подачи материала и жидкости, а также для вывода измельчённого продукта и суспензии.

Принцип работы:

1. Загрузка материала и жидкости:

Исходный материал (руда, минералы, клинкер и т.д.) загружается в мельницу через загрузочное отверстие. В мельницу одновременно подается жидкость (обычно вода), которая служит средой для измельчения и предотвращает агломерацию (слипание) частиц [2].

2. Вращение барабана:

Цилиндрический барабан, частично заполненный шарами и жидкостью, начинает вращаться вокруг своей оси. Вращение может быть обеспечено двигателем через приводной механизм. Скорость вращения барабана регулируется для достижения оптимального режима измельчения. Обычно это несколько оборотов в минуту [3].

3. Подъём и падение шаров:

В процессе вращения шары поднимаются вдоль стенок барабана благодаря трению и центробежной силе. После достижения определенной высоты шары падают вниз под действием силы тяжести. При этом они ударяются о материал и друг о друга, дробя и измельчая его.

4. Измельчение материала:

Падение шаров и их взаимодействие с материалом и жидкостью приводит к интенсивному измельчению частиц. Жидкость помогает равномерно распределить материал и предотвращает его агломерацию. Процесс измельчения продолжается до достижения желаемой степени тонкости.

5. Перемещение измельчённого материала:

В процессе работы мельницы измельчённый материал постепенно перемещается к выпускному отверстию благодаря наклону мельницы и движению жидкости. Измельчённый материал выходит из мельницы в виде суспензии (смеси мелких частиц и жидкости) [4].

6. Вывод суспензии:

Готовая суспензия выводится через выпускное отверстие. В некоторых конструкциях могут быть предусмотрены фильтры или сита для отделения жидкости от твёрдого материала. Суспензия может быть направлена на дальнейшую переработку или использование в производственном процессе.

Мокрый помол имеет ряд преимуществ по сравнению с сухим помолом, особенно в определенных приложениях и условиях. Вот основные преимущества мокрого помола над сухим:

1. Более мелкое и равномерное измельчение:
  - Жидкая среда: Жидкость (вода или другие растворы) помогает достигать более тонкого и равномерного измельчения материала, предотвращая агломерацию (слипание) частиц, что часто происходит при сухом помоле.
  - Эффективность измельчения: Жидкость способствует более интенсивному взаимодействию шаров с материалом, увеличивая эффективность измельчения.
2. Уменьшение пылеобразования:
  - Отсутствие пыли: Влажная среда практически устраняет пылеобразование, что улучшает условия труда и снижает риски для здоровья работников.
  - Экологичность: Меньшее количество пыли означает меньшее загрязнение окружающей среды.
3. Снижение энергозатрат:
  - Меньшее трение: Влажная среда уменьшает трение между частицами материала, что снижает энергозатраты на измельчение.
  - Температурный контроль: Жидкость помогает отводить тепло, образующееся в процессе измельчения, что также способствует снижению энергозатрат [5].
4. Повышение качества продукта:
  - Гомогенность: Мокрый помол обеспечивает более однородное распределение частиц по размеру, что важно для многих производственных процессов, таких как изготовление цемента, красок и пигментов.
  - Чистота продукта: Использование жидкости может уменьшить количество посторонних примесей, особенно если жидкость используется также для промывки материала.
5. Лучшая обработка трудных материалов:
  - Тонкодисперсные материалы: Мокрый помол позволяет эффективно измельчать материалы до ультрадисперсного состояния, что сложно достичь при сухом помоле.
  - Клейкие материалы: Некоторые материалы склонны к слипанию при сухом помоле, что делает мокрый помол более подходящим вариантом.
6. Гибкость в выборе жидкостей:
  - Различные среды: В зависимости от обрабатываемого материала и производственного процесса, можно использовать различные жидкости (вода, органические растворители и т.д.), что позволяет адаптировать процесс под конкретные нужды.
7. Снижение износа оборудования:
  - Защита оборудования: Жидкость снижает износ внутренних частей мельницы, что продлевает срок службы оборудования и снижает затраты на его обслуживание и ремонт.

Мокрый помол обладает значительными преимуществами по сравнению с сухим помолом в ряде областей. Он обеспечивает более тонкое и равномерное измельчение, снижает пылеобразование и энергозатраты, улучшает качество продукта и снижает износ оборудования. Эти преимущества делают мокрый помол предпочтительным выбором для многих производственных процессов, особенно когда требуется высокое качество и однородность конечного продукта.

\*\*\*

1. Южаков К. Н. Автоматизация технологического процесса производства известково-песчаного вяжущего и песчаного шлама в шаровых мельницах // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. Пермь, 2019. Т. 2.
2. Лахтарина С. В., Зайченко Н. М., Егорова Е. В. Модифицированные цементы с применением отходов промышленности Донбасса // Современное промышленное и гражданское строительство. Донбасс, 2023. Т. 19, № 2. С. 51-60.
3. Романов И. В. Исследование методов подготовки органосодержащих сельскохозяйственных отходов для их дальнейшей переработки в сверхкритической водной среде // Технический сервис машин. М., 2021. № 2(143). С. 85-90.
4. Халюшев А. К., Джамбеков Н. А., Джамалдинов С. А. Оптимизация режимов совместного измельчения композиционного цемента в шаровой планетарной мельнице // Вестник евразийской науки. М., 2019. Т. 11, № 3. С. 50.
5. Шошин, Е. А. Механохимическая технология получения эффективного наполнителя на основе опоки для цементных вяжущих // Обогащение руд. М., 2020. № 6. С. 8-14.

**Шевырев Л.Ю.**

**Инженерный расчёт основных параметров и режимов работы дозирующей системы сеялки с централизованным высевом**

*Донской государственный аграрный университет  
(Россия, Черноград)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-895

**Аннотация**

Определены основные параметры и режимы работы дозирующей системы. Обоснованы методика и последовательность определения параметров.

**Ключевые слова:** инженерный расчет, параметры, режимы, дозирующая система, сеялка с централизованным высевом.

**Abstract**

The main parameters and modes of operation of the dosing system are determined. The methodology and sequence of parameter determination are substantiated.

**Keywords:** engineering calculation, parameters, modes, dosing system, seeder with centralized seeding.

На основании анализа результатов исследований зерновых сеялок с СЦВ проведено теоретическое обоснование параметров процесса дозирования семян зерновых культур (пшеницы) этими сеялками. Полноценный анализ всех данных позволил скомпоновать последовательную методику расчёта параметров и режимов работы дозирующей системы [1].

При определении параметров и режимов работы дозирующей системы сеялки с СЦВ необходимо решать задачу в следующей последовательности.

1. В соответствии с агротребованиями задаётся норма высева зерна на гектар  $Q_n$ .
2. Определяются физико-механические свойства зерна ( $\psi, \varphi_{пр}, \varphi, d_y, \eta, \gamma$ ).

При этом влажность зерна должна находиться в диапазоне кондиционной влажности  $W = 14 - 16\%$ . Условный диаметр зерна  $d_y$  определяется по формуле:

$$d_y \approx 0,6 \sqrt[3]{b(2a^2 + ac + 0,75c^2)}, \quad (1)$$

где  $K_\phi = 0,6$  – коэффициент, характеризующий форму зерна пшеницы;

$K_u = \sqrt[3]{b(2a^2 + ac + 0,75c^2)}$  – коэффициент искажения формы зерна пшеницы от шара.

3. Определяется угол линии скольжения зерна к вертикали по формуле:

$$\alpha_u = 90^\circ - \beta - \psi - \varphi_{np}, \quad (2)$$

где  $\psi$  – внутренний угол трения частиц;

$\varphi_{np}$  – приведенный угол трения сыпучего материала;

$\beta$  – угол укладки частиц в объёме ёмкости.

При этом угол укладки зерна в объёме ёмкости  $\beta \approx 30^\circ$ .

4. Для данного вида зерна (в случае  $\alpha_{ст} > \alpha_{и}$  – нормальный вид истечения; если  $\alpha_{ст} \leq \alpha_{и}$  – гидравлический вид истечения; по формуле (3)) определяется наибольший сводообразующий размер выпускного отверстия ёмкости  $D_{н.св.} = 2R_{н.св.}$

$$R_{н.св.} = \frac{d_y [A(2a_1\eta + 3\gamma)tg(\beta + \psi) + 3\gamma \sin 2\beta tg\alpha_u]}{12\gamma \sin \beta (1 + \delta tg\alpha)}, \quad (3)$$

где  $a_1$  – теоретический коэффициент, равный  $1/2\cos\beta$  (для нормального вида истечения [2,3]);

$\eta$  – плотность зерна;

$\gamma$  – насыпная плотность сыпучего тела;

$\beta$  – угол укладки частиц сыпучего тела в объёме ёмкости;

$\psi$  – внутренний угол между частицами сыпучего тела.

5. Для заданной нормы высева  $Q_n$  определяется  $R_w$ . При этом, диаметр рабочей части катушки определяется в соответствии с формулами (4,5).

$$\frac{h_{жс}}{\sqrt{ac}} \leq 2,5 \quad (4)$$

При этом,  $h_{жс. max}$  при 2,5 и  $h_{жс. min}$  при 1,0.

$$h_{жс. max} = 2,5\sqrt{ac}; h_{жс. min} = \sqrt{ac}$$

Диаметр рабочей катушки может быть определён по формуле:

$$l_{жс} = \frac{2\pi}{n_{жс}} r_k; D_k = \frac{2l_{жс} n_{жс}}{2\pi}, \quad (5)$$

где  $r_k$  – радиус катушки;

$n_{жс}$  – количество желобков на катушке.

Длина рабочей катушки  $l_k$  определяется конструктивно и зависит от способа её расположения под дном семенного ящика сеялки с СЦВ. Если в результате подсчёта

получилось, что  $R_v \leq R_{н.св}$  [3,4], то для того, чтобы сохранить при высевах  $Q_n$ , необходимо в семенной камере устанавливать сводоразрушитель.

6. При  $R_v = R_{н.св}$ ,  $Q_{ж} = 0$  (желобки катушки заполняться не будут). В семенной ёмкости над её щелевым выпускным отверстием образуется статически устойчивый свод. С увеличением  $l_{щ}$  (то же самое, что и с увеличением рабочей длины катушки  $l_r$ ) и увеличением  $R_v$   $Q_{ж}$  увеличивается по параболе. С увеличением  $R_{н.св}$ ,  $Q_{ж}$  уменьшается по параболе. С увеличением  $\alpha$   $Q_{ж}$  уменьшается по тангенсоиде. С увеличением  $n$  заполнение желобков катушки также уменьшается по гиперболе, но равномерней происходит высева зерна.

Таким образом, как следует из формулы (6), на процесс высева зерна желобками катушки влияют не только параметры и режим работы катушки, но и параметры выпускного отверстия семенной ёмкости, технологические и физико-механические свойства семян высеваемых культур.

При образовании над выпускным отверстием ёмкости статического устойчивого свода (при малых нормах высева зерна) сводоразрушающее устройство, колеблющееся от воздействия рёбер желобков вращающейся катушки, имеет частоту колебаний, равную

$$v_c = \frac{\pi n m}{30}, \text{ (Гц)} \quad (6)$$

где  $m$  – количество рёбер на высевающей катушке.

7. Неравномерность совместной выдачи доз зерна ёмкостью и катушкой подсчитывается по формуле:

$$v = \frac{\sigma}{Q} = \frac{\sigma V_{np} \times 100\%}{V_{ср.з.} \gamma v_c f} = \frac{\sigma V_{np} \times 100\%}{Q_n v_c f} \quad (7)$$

Таким образом, неравномерность выхода доз зерна из выпускного щелевого отверстия ёмкости обратно пропорциональна средней частоте разрушения статического свода, образующегося в ёмкости. Для различных значений  $\sigma$  при одном и том же диапазоне  $v_{ср}$  существует семейство гипербол, определяющих зависимость  $v$  от  $v_c$ . При этом гипербола не имеет экстремумов, и, следовательно, превалирующее значение  $v_{ср.з}$  должно находиться в некотором интервале частот  $v$ .

Для каждого конкретного случая системы «ёмкость – сыпучее тело (зерно)» этот интервал частот вполне конкретен и определяется в зависимости от того: разработка сводоразрушающего устройства осуществляется для вновь проектируемой ёмкости или уже существующей; для сводоразрушающего устройства с активным приводом или же пассивным. Равномерность выхода доз зерна из щелевого выпускного отверстия ёмкости, или то же самое, одинаковая плотность потока зерна во времени зависит от частоты возникновения статически устойчивого свода. Эта зависимость гиперболическая (формула 8).

8. Рациональная образующая конуса распределительной головки имеет форму гиперболы.

$$\text{– гипербола.} \quad (8)$$

Гиперболическая поверхность обеспечивает ламинарность входа доз зерна в отверстия распределительной головки с одновременным повышением скорости этого входа и снижением стохастического рассеивания доз зерна при их движении по образующей гиперболического конуса [5,6]. Кроме того, гиперболическая образующая конуса снижает травмирование зерна, так как результирующая всех сил, действующих на зерно при его ударе о гиперболический конус, и их абсолютная скорость, направлены по касательной в любой точке его образующей.

\*\*\*

1. Богомягих, В. А. Анализ работы дозирующей системы зерновой сеялки с централизованным высевом : Монография / В. А. Богомягих, Л. Ю. Шевырев. – Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственной аграрный университет" в г. Зернограде, 2005. – 85 с. – EDN UIRQAX. Шевырев, Л. Ю. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и улиц : практикум / Л. Ю. Шевырев, А. Ф. Бельц, О. Н. Моисеев ; Под общей редакцией Шевырева Л.Ю.. – Зерноград : РИО Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2016. – 84 с. – EDN VLNGDF.
2. Шевырев, Л. Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевырев Леонид Юрьевич. – Ростов-на-Дону, 2004. – 159 с. – EDN NMUDAV.
3. Механика влажных сводообразующих зерновых материалов в бункерах / В. А. Богомягих, В. С. Кунаков, Н. С. Вороной, В. П. Трембич ; Ростовский филиал Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса; Под общей редакцией Богомягих В.А.. – Зерноград : Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2000. – 100 с. – EDN UJMOJR.
4. Статическое сводообразование зерновых материалов в бункерах и способы его устранения / А. В. Зацаринный, М. А. Лебедев, А. Ф. Паталах [и др.] ; Федеральное государственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Ростовский институт повышения квалификации кадров агропромышленного комплекса». – Ростов-на-Дону : Терра Принт, 2003. – 116 с. – ISBN 5-87442-287-0. – EDN UVGZON.
5. Шевырев, Л. Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шевырев Леонид Юрьевич. – Ростов-на-Дону, 2004. – 23 с. – EDN NHSOLV.
6. Анализ современных способов посева зерновых культур / А. В. Жигайлов, С. А. Акименко, Р. Р. Сафаров [и др.] // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 68-2. – С. 144-148. – DOI 10.18411/lj-12-2020-92. – EDN NSFRNV.

**Grachev A.V., Popov A.A., Pavlycheva T.N., Kuligina N.O.**

**Development of a system for the management of preparation and oligomerization of dicyclopentadiene**

*Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E.Alekseev  
(Russia, Nizhny Novgorod)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-896

**Abstract**

In the presented work, a set of measures was developed and technical solutions were proposed to create a control system for the process of preparation and oligomerization of dicyclopentadiene, which made it possible to bring the safety level into compliance with regulatory requirements and improve the quality of automatic control of an existing technological facility.

**Keywords:** control object, adjustable parameters, automatic control system.

**Аннотация**

В представленной работе разработан комплекс мероприятий и предложены технические решения по созданию системы управления процессом подготовки и олигомеризации дициклопентадиена, что позволило привести уровень безопасности в соответствие с нормативными требованиями и повысить качество автоматического управления существующим технологическим объектом.

**Ключевые слова:** объект управления, регулируемые параметры, система автоматического регулирования.

The preparation and oligomerization unit of dicyclopentadiene (DCPD) is part of the polymer proppant production. The invention of polymer proppants belongs to the technology of oil and gas extraction using materials from high molecular weight compounds, namely polymeric materials with increased requirements for physico-mechanical properties. With the use of these high-strength



polymeric granules, obtained by the suspension polymerization method of dicyclopentadiene, intended for use as a proppant, significantly increases the oil and gas extraction by the method of hydraulic fracturing. The development of automated control systems for technological processes based on modern microprocessor automation tools allows for a significant increase in responsiveness and fault tolerance, as well as ensuring the safety and accuracy of the ongoing production process.

The main apparatus in this process is the oligomerization reactor item 151/1. In the first stage of the process, the metathesis polymerization reaction of DCPD takes place in the presence of a ruthenium catalyst.

The technological process of obtaining oligomerized DCPD consists of:

- Reception and preparation of raw materials
- Cleaning and preparation of DCPD

DCPD comes in metal barrels. It is fed to the production by a barrel pump item 163 from the barrel, preheated. To purify the commercial DCPD from impurities of catalytic poisons and to obtain monomer, a filter item 164 filled with aluminum oxide is used, depending on the amount of filtered DCPD. A grid is additionally laid on the bottom of the filter, on it a package consisting of two layers of calico fabric, between which are two layers of filtered paper. After filling the surface of the filter with aluminum oxide, it is leveled and compacted with nitrogen. Before feeding DCPD, the entire system (filter item 164, oligomerization reactor item 151/1) is purged with nitrogen. The reactor item 151/1 is heated and the temperature rises from the beginning to the end of the filtration. Upon completion of purging, the filter item 164 is heated and thermostated at this temperature. The temperature is controlled by supplying steam to the jacket of the filter item 164. After thermostating, the filter item 164 is loaded with barrel pump item 163. The temperature of the adsorption layer in the filter is maintained throughout the filtration process to prevent the crystallization of DCPD. During the filtration process, a stirrer is activated in reactor item 151/1. The filtered DCPD is collected in reactor item 151/1, where it is stored under nitrogen. To prevent pipeline blockage between filter item 164 and reactor item 151/1, pipeline heating with a steam tracer is provided. After the DCPD filtration is completed, the remaining DCPD residue in reactor item 151/1 is flushed out with nitrogen. Aluminum oxide is extracted from filter item 164 and sent for disposal, after which the filter is refilled with fresh adsorbent. The control of pumps at positions 163, 165, as well as the stirrer in reactor item 151/1, is reduced to switching on and off.

#### **Preparation of DCPD (partial thermo-activated oligomerization)**

The filtered DCPD collected in reactor item 151/1 undergoes thermal oligomerization. Reactor item 151/1 is equipped with a coil, jacket, and stirrer. Reactor item 151/1 is purged with nitrogen. DCPD is heated in reactor item 151/1 by supplying steam and steam to the reactor jacket. When the set temperature is reached, the nitrogen pressure is maintained at the specified level. The temperature of the steam supplied to the reactor jacket at the beginning of the oligomerization process should constantly increase to a certain value. After the temperature of the reaction mass reaches the specified values, cooling with the coil of reactor item 151/1 is activated, while nitrogen pressure is also maintained throughout the entire cooling process. The oligomerized DCPD is forcibly cooled and aged. Then, the oligomerized DCPD is drained into tank 160/1, where it is naturally cooled and stored under a nitrogen cushion for one week before being transferred to tank item 160/2 using centrifugal pump item 165. Oligomerized DCPD in tanks item 160/1,2 is stored for no more than 2 weeks. After aging, the oligomerized DCPD from storage tank item 160/2 is pumped into measuring tank item 176.

#### **Research objective.**

To effectively operate technological processes, it is necessary to correctly define the tasks of automation. An important step in this process is the analysis of the main components of the control system, such as disturbance and control sources [1]. By analyzing the technological process as a control object, the structure of the control system can be determined, i.e., selecting the optimal ways to influence the object to achieve the necessary changes in the controlled parameters.

#### **Analysis of the technological process as a control object.**

The control object is an object or section of a technological line whose control achieves the required result. The main apparatus, also, the main control object in the process of preparation and

oligomerization of DCPD is the oligomerization reactor item 151/1, where the solution of oligomerized DCPD is prepared.

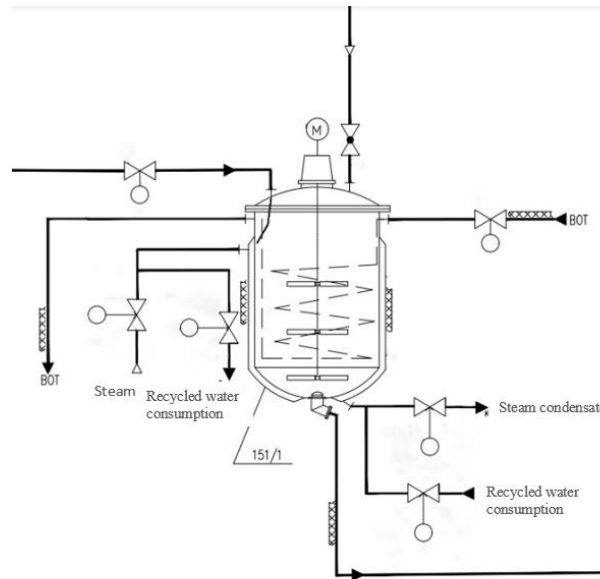


Figure 1. Technological Control Object.

The solution of analysis tasks involves a complete description of the existing influences in the system (Figure 2) for subsequent derivation of transformations - regularities, according to which input influences are transformed into reactions.

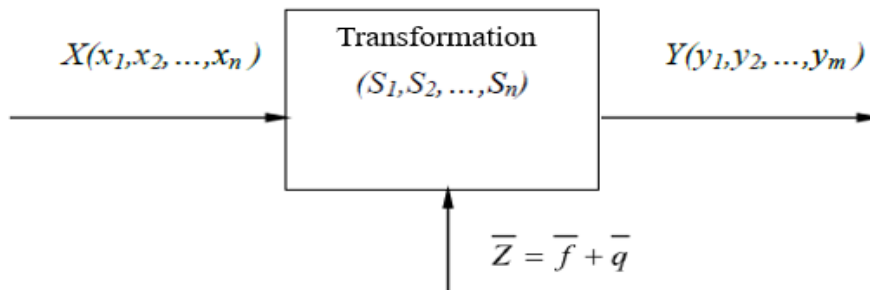


Figure 2. Description of the Coordinate System.

X - control action; Z - disturbance; f - uncontrolled disturbance; q - controlled disturbance; S - transformations; Y - controlled coordinates

The control action X is set by a human or generated by a control device. Control actions include those quantities whose values can be varied during the control process.

Disturbances Z are independent of the control system. They can arise both outside the system - external disturbances, resulting from changes in input parameters, some output parameters, and parameters of the environment, as well as inside it - internal disturbances.

When determining the normal technological mode, key parameters are defined that need to be maintained at a certain level, and ranges of values are specified within which changes in these parameters do not cause serious disruptions in the operation of the technological process. Technological process control involves maintaining parameters at a level corresponding to the normal technological mode [2].

Figure 3 shows the structural diagram of influences affecting the process occurring in reactor oligomerization 151.1.

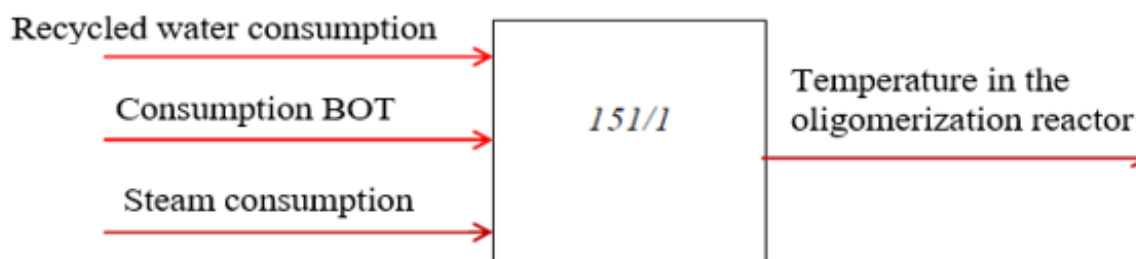


Figure 3. Informational Scheme of the Control Object

In real conditions, when various external factors affect the object, the dynamic mode of operation of the object becomes crucial [3]. Analysis of the technological process as a control object helps to determine how to influence its parameters to achieve optimal control [4]. Thus, the choice of the control system structure is aimed at determining the appropriate method of regulating each state parameter. This reactor is equipped with a cooling jacket, coil, and stirrer. The considered technological process is periodic.

Based on the goal of operation, the main state variables are the temperature of DCPD in the oligomerization reactor, as well as the temperatures of: cooling water, steam, and vapor. Among the input variables affecting the state of the technological process, the flow rate of cooling water, the flow rate of steam, and the flow rate of vapor are distinguished. Figure 3 shows the structural diagram of significant factors affecting the process occurring in the oligomerization reactor of DCPD item 151/1. The priority control action is considered to be the maintenance of the temperature regime in the oligomerization reactor item 151/1 at the specified values, which is achieved through three components: the flow rate of steam through the regulating valve, the flow rate of vapor through the cut-off valve, and the flow rate of cooling water through the cut-off valve.

### Research Results.

Conducting an analysis of the technological process as a control object revealed the need to control and regulate multiple parameters [5]. For the automation of production, it is proposed to apply a three-level automated process control system (APCS), which will ensure the optimal operation of the process without the need for constant presence of personnel in order to achieve maximum efficiency. The APCS will address the following tasks:

1. Process parameter monitoring: automatic control of temperature, pressure, raw material and reagent flow rates, as well as product composition.
2. Parameter regulation using high-precision sensors, valves, and actuators to optimize the process and ensure stable production output.
3. Diagnostics and prevention of emergency situations using automatic diagnostic systems for rapid problem detection and prevention of emergencies.

For the automation of the oligomerization reactor, the system should:

1. Control and manage the process, including monitoring parameters such as temperature, pressure, raw material and product flow rates, as well as the liquid level in the reactor.
2. Monitor the condition of equipment, including the operation of pumps, valves, sensors, and other system elements.
3. Ensure process safety through parameter control and automatic system shutdown in case of emergency situations.

Overall, the APCS should meet requirements for accuracy and reliability of process parameter control, rapid response to changes and emergencies, user-friendliness for personnel, scalability, data protection and confidentiality, availability of backup power and emergency shutdown, as well as safety and environmental standards, ensuring high efficiency and reliability of the production process.

### Conclusion.

The presented work has developed a complex of measures and proposed technical solutions for creating a control system for the oligomerization of dicyclopentadiene, which has allowed to bring the level of safety in line with regulatory requirements and improve the quality of automatic control of the existing technological object.

\*\*\*

1. Kuzmenko N.V. Textbook for correspondence students in the discipline "Automation of technological processes and production". – Angarsk: AGTA, 2005. – 77 p.
2. Pogonin, V. A. Automation of technological processes and productions: a textbook / V. A. Pogodin, V. N. Nazarov, A. A. Tretyakov. – Tambov: TSTU, 2018. – p. 11. –URL: <https://e.lanbook.com/book/319580> (date of application: 15/03/2024).
3. Volkova, G.V. Workshop on the basics of analysis of technological processes as objects of management: textbook. handbook / G.V. Volkova, A.N. Labutin, V.Yu. Nevinityn. – Ivan. State chemical.-technol. un-T. – Ivanovo, 2018. – p. 56.
4. Moldabaeva, M.N. Automation of technological processes and productions: a textbook / M.N. Moldabaeva. – Moscow; Vologda: Infra-Engineering, 2019. – 224 p.

**Lakeeva A.E., Popov A.A., Pavlycheva T.N., Kuligina N.O.**

### **The influence of temperature on the mashing stage and ways of regulating it by means of automation in the brewing industry**

*Nizhny Novgorod State Technical University named after. R.E. Alekseeva  
(Russia, Nizhny Novgorod)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-897

#### **Abstract**

This article examined the influence of temperature changes during the preparation of beer wort, and identified methods for regulating the technological object. The presented automatic system will allow to control and maintain the required temperature in the boiler in real time, which will provide optimal conditions for mashing.

**Keywords:** automation of mash boiler work, temperature control, influence of temperature on the process, analysis, control.

#### **Аннотация**

В данной статье рассматривается влияние изменения температуры в процессе приготовления пивного сусла, определены способы регулирования технологического объекта. Представленная автоматическая система позволяет контролировать и поддерживать необходимую температуру в котле в реальном времени, что обеспечит оптимальные условия для затираания.

**Ключевые слова:** автоматизация работы заторного кола, регулирование температуры, влияние температуры на процесс, анализ, контроль.

**Introduction.** The beer production process includes several significant stages. One of the main stages of preparing beer wort is mashing. Mashing is the process of mixing grain raw materials and heated water, followed by heating the mixture and observing certain temperature pauses.

Heating the mixture and observing temperature breaks are the main conditions for the mashing process, during which a physico-chemical process called starch hydrolysis is carried out. Successful mashing of grain raw materials directly affects the subsequent fermentation process, since for

production it is important to obtain wort with the maximum maltose content, the required amount of dextrans and the highest extract content.

Object of study. Mashing is carried out, as a rule, in a mash apparatus, which is a cylindrical vessel with a double spherical bottom, forming a steam jacket with a hole in the middle, which allows the mash to drain. To mix the mixture, a propeller-type stirrer driven by a bottom drive is installed in the lower part of the apparatus. The removal of released vapors is provided via a condensate trap from the steam jacket [1].

To control temperature changes in the mash apparatus, resistance thermal converters are installed; due to the detected changes, the corresponding valve regulates the flow of heating steam supplied to the apparatus jacket. The steam pressure is excessive and amounts to 2-2.5 bar.

The infusion method of mashing involves heating the mash from 52 to 72°C with a gradual increase in temperature by 1°C/min, and then holding the mash until the final temperature is reached.

The mashing process involves careful control of temperatures designed to produce wort with the minimum possible amount of undissolved starch. In case of inconsistency in the temperature conditions of the process, the extractivity of the wort decreases, the final degree of fermentation decreases, and the values of color and foam stability drop. The kinetics of starch hydrolysis at this stage depends on the concentration of enzymes and hydrogen ions, as well as on temperature.

Purpose of the study. The efficiency of the technological process depends on the selected optimal temperature regime of the main equipment. To determine the regulation of the operation of a technological object, the task was set to analyze the conditions of the process in the event of possible disturbing influences, as well as the inclusion of additional modules for collecting information on indicators, as a means of simplifying the implementation of technological processes.

Effect of mashing temperature. The selected temperature for mash production technology can affect a number of parameters such as: enzyme activity, mash pH value, hydrolysis rate, final degree of fermentation, process duration [2].

Changes in temperature significantly affect the ability of mash molecules to react, as this increases their kinetic energy. It has been established that the activity of the enzymes will remain if, during the first stage of mashing, the temperature of the process does not exceed the optimal one, since otherwise this can lead to a slowdown; the best option would be to set the temperature a few degrees lower.

It is necessary to be guided by the modes of heating the mash: the enzyme  $\alpha$ -amylase for its action has a temperature optimum of about 70°C, the enzyme  $\beta$ -amylase – 60°C. At temperatures below the presented values, for example 40-45°C, bacteria can develop that are detrimental to the quality of the final product [3].

Various methods can be used to automatically control the temperature of the mash apparatus, for example:

1. supply of hot or cold water using automatic control valves;
2. use of electric heating elements with power control;
3. the use of thermostats or programmable controllers for automatic temperature control.

The temperature in the mash apparatus depends on the pressure and the type of raw material used for production. As the pressure in the apparatus increases, the temperature may also increase, which can lead to a change in the quality of the product.

To measure and control the temperature in the mash apparatus, you can use various sensors and thermal converters, for example:

Thermocouples are devices that measure temperature by the difference in voltage across two wires of different metals.

Thermistors are elements that change their resistance depending on temperature [4].

Infrared pyrometers are devices that measure the temperature of an object using the infrared radiation it emits.

The choice of sensors and thermal converters depends on the required measurement accuracy, operating conditions and mash apparatus specifications.

Automating the operation of the mash kettle through temperature control will significantly improve its efficiency. This automatic control system allows you to maintain the optimal temperature of the mash in the boiler, which promotes uniform heating and improves the quality of the output product. In addition, it saves energy and reduces equipment wear by more accurately and economically controlling the heating process.

The installed modules are intended to collect and process information from temperature and pressure sensors; subsequently, control commands will be generated for the actuators of the equipment: shut-off and control valves [5].

Temperature is measured using a platinum resistance thermal transducer, which changes its electrical resistance depending on the temperature. The received signal, proportional to the current temperature, is transmitted to the controller. Next, this temperature is checked for compliance with technological requirements, after which the digital values are displayed on the monitor screen. Using the module, you can stop the supply of hot steam, change its flow, or completely shut off the coolant flow to avoid overheating of the mixture.

Software control consists of comparing the temperature of the mash with the time required to reach it; the information is displayed on the monitor screen. If the required mash temperature is not reached within the time period set by the technological mode, the time countdown begins again, and the valve on the steam line does not close.

When the required temperature is reached in less or the planned time, the controller generates a control action in the form of a current signal to close the steam supply valve. During pauses, if the temperature drops, the valve on the steam line partially opens and then closes, proportional to the control signal sent from the controller.

The actuator is a small-sized control valve; when the final mash temperature is reached, the controller performs a control action to open the shut-off valve located on the mash unloading pipeline.

Thus, the temperature of the water used when mixing with grain raw materials, or the mash during its preparation, is regulated and maintained at a given level.

The excess pressure sensor generates a unified current signal proportional to the measured pressure. This signal is sent to the microprocessor controller through the module, where it is processed. The processing results are displayed on the operator's monitor screen. The controller then provides a control signal to drive the actuator, proportional to the excess pressure.

The control valve changes the pressure of the steam supplied to the heating of technological devices. Thus, the excess pressure of the heating steam is maintained at the required level.

To regulate technological parameters in the mash apparatus, the following system with several levels is provided:

The first level of the system contains sensors installed to measure signals, as well as actuators and control mechanisms;

A control cabinet is installed on the second level;

The third level of the system contains microprocessor controllers that allow you to control the process remotely, make changes to the technological process by adjusting parameters, and they also serve for technological protection.

The fourth level includes:

1. Automated operator workstations with complete autonomy in functionality, thus the functions of the operator station are combined with the functions of the servers;
2. Automated workstation for a system engineer, designed to support an automated process control system;
3. Printer for printing event protocols, regime sheets, shift sheets and other documentation; Research results.

The automatic temperature and steam control system in the mash kettle at the brewery ensures accurate and stable maintenance of the required process parameters, which contributes to the high quality of the beer produced.

1. Automatic regulation allows you to quickly respond to changes in production conditions, which increases production efficiency and reduces the time for setting up and reconfiguring equipment.
2. This system also helps reduce energy costs by optimizing the heating process and temperature maintenance, which saves resources and reduces operating costs.
3. Increased productivity. Thanks to an automated control system, the beer brewing process becomes more efficient and allows for increased brewing productivity.
4. Automatic control increases process safety, as it eliminates the possibility of human errors when controlling process parameters.
5. The system also provides remote monitoring and control capabilities, making process monitoring and troubleshooting more convenient.

Conclusion. In the presented work, an analysis of the mashing stage in brewing production was carried out, a set of measures was determined on methods for regulating technological parameters in order to ensure optimal conditions for the process.

\*\*\*

1. Antipov S.T., G.V. Kalashnikov, A.N. Zrodikov, V.A. Panfilov; Edited by the academician of the Russian Academy of Sciences V.A. Panfilova. Equipment for conducting thermal mass -based processes of food technologies: a textbook for universities. -St. Petersburg: Lan, 2020.-460 p. : Il. - Text: Direct. - 63 p.
2. S.P. Kuzmina, A.N. Makushin, A.V. Volodkov [et al.]. Technique and technology of fermentation industries: a training manual. - Kinel: IBC Samara GAU, 2023. - 38 p.
3. Belkina R.I. Technology for the production of malt, beer and alcohol: a textbook for universities / R.I. Belkin, V.M. Gubanova, M.V. Gubanov. -3rd ed., Erased. -St. Petersburg: Lan, 2024.-104 p. : il. - Text: Direct. - 28 p.
4. Zakhahatnov V.G. Technical tools of automation: a training manual for STA / V.G. Zakhahatnov, V.M. Popov, V.A. Afonkina. -2nd ed., Erased. -St. Petersburg: Lan, 2023.-144 p. : Il. - Text: Direct. -55-58 p.
5. Efimov S.V. Software for automated technological process management systems: Textbook / S.V. Efimov, M.I. Pushkarev, A.S. Fadeev; Tomsk Polytechnic University. -Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2020.-13 p.

**Pedan M.R., Fedko L.A.**

### **Application of light steel thin-walled structures (LSTWS) in seaport constructions**

*Far Eastern Federal University  
(Russia, Vladivostok)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-898

#### **Abstract**

The article discusses the use of light steel thin-walled structures (LSTWS) in port construction, analyzes the advantages and prospects of this technology. High strength, durability, quick installation, environmental friendliness, and versatility of LSTWS make them an ideal material for port structures, ensuring increased efficiency, safety and optimization of the use of port territory.

**Keywords:** LSTWS, light steel thin-walled structures, port construction, manufacturability, durability.

#### **Аннотация**

В статье рассматривается применение ЛСТК в портовом строительстве, анализируются преимущества и перспективы этой технологии. Высокая прочность, долговечность, быстрый монтаж, экологичность и универсальность ЛСТК делают их идеальным материалом для портовых сооружений, обеспечивая повышение эффективности, безопасности и оптимизацию использования территории порта.

**Ключевые слова:** ЛСТК, легкие стальные тонкостенные конструкции, прочность, портовое строительство, технологичность.

In the modern world, port construction is one of the key branches of the economy, ensuring the development of international trade and logistics. In this regard, there is a need to develop and apply innovative technologies that will improve the efficiency and safety of port facilities. One of these technologies is the use of light steel thin-walled structures (LSTWS).

Light steel thin-walled structures are a system of metal profiles from which prefabricated buildings are constructed. Metal profiles are made by cold rolling from stainless galvanized steel and have a thickness of up to 2 mm. Because of cold rolling and galvanization, in the places where the profile is cut, or drilled corrosion does not occur. That is critical in the construction of port facilities which are operated in an aggressive marine climate.

Moreover, external structures are made of thermal profiles, which have slots in a checkerboard pattern to eliminate “cold bridges”. The wall cavities are filled with natural heat-insulating material, fastening is carried out with self-tapping screws. The profile is sheathed with sheet material from the outside and inside.

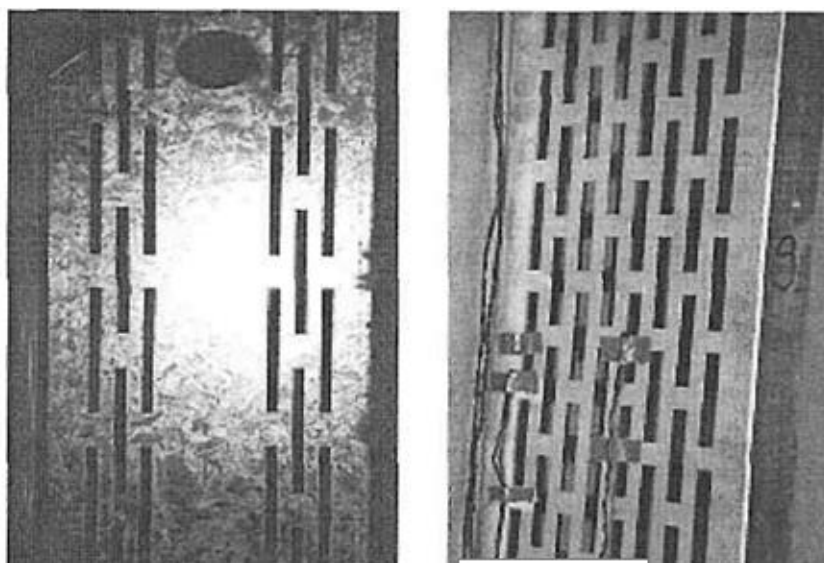


Figure 1. Thermal profiles options.

Mainly, LSTWS are used in the construction of enclosing structures of buildings (external walls, roof, etc.), however, there are examples of their use as internal partitions, frames of small structures (small warehouses, gas stations, etc.). Also, the relatively low weight (about 150 kg per 1 cubic meter) allows the effective use of lightweight steel frames in the reconstruction of buildings and structures, as well as the construction of add-on structures and extensions.

Initially, the main reason for the emergence of this technology was the need for mass construction of low-rise buildings in cold climate (Canada, mid-20th century). But the main factor for the development of LSTWS was the possibility of industrial, mass production of steel profiles and the availability of material.

Light steel thin-walled structures are a modern solution for the construction of port facilities. They have several advantages that make them the ideal material for this industry.

1. High strength and durability. LSTWS are made of high-quality galvanized steel, which provides reliability and corrosion resistance. This guarantees the long life of port facilities, even in an aggressive marine environment. The service life of frame LSTWS buildings constructed in accordance with the requirements of SP 260.1325800.2016 can be up to 100 years.
2. Quick installation. Due to the modular system and light weight of elements, the construction of port facilities using LSTWS is much faster than using traditional materials. This reduces downtime and speeds up the commissioning process. Fencing structures can be assembled directly on the construction site, to save on transport services.



3. Ecology. The production and disposal of LSTWS have less environmental impact than other materials. In addition, the use of LSTWS makes it possible to reduce energy consumption in production and installation. Plasterboard and gypsum-cellular sheets which are usually used as shells in buildings constructed with LSTWS, and insulation materials - rock wool or Eco wool - are environmentally friendly and have 100% recycling.
4. Universality. LSTWS can be used for the construction of various types of port facilities, including berths, warehouses, offices and residential complexes. This allows to optimize the use of the port area and create multifunctional objects.
5. Optimization of the port area use. LSTWS allow to create flexible and adaptive designs that can be easily modified or extended if necessary. This helps to make efficient use of limited port spaces and to improve their functionality. The condition that the assembly will be carried out on the construction site, allows not to use construction equipment (crane).
6. High corrosion resistance. The galvanized steel of which LSTWS are made provides protection against moisture and corrosive environments, which is especially important in the marine climate.
7. Fire safety. Galvanized steel has a low fuel content, which reduces the risk of fire in port facilities. According to the results of tests on fire resistance and combustion in accordance with GOST 30247.0-94 and 30247.1-94 buildings constructed according to LSTWS technology, category II general fire protection has been assigned. Materials used in the constructions are non-combustible.
8. Energy efficiency. LSTWS have good thermal insulation properties, which allow to reduce the cost of heating and air conditioning in port buildings.

At present, there is an active implementation of LSTWS in port constructions in various countries of the world. Here are some examples of successful projects:

- Construction of a container terminal at the port of Rotterdam (Netherlands). The project was implemented in 2016 and it became the first port in the world, fully built of LSTWS. The terminal consists of 1,200 containers spread over an area of 10 hectares.
- Reconstruction of the port of Hamburg (Germany). As part of the project, a new marina for cruise ships from LSTWS was built. The marina is designed for simultaneous parking of 12 vessels and has a capacity of 1.5 million passengers per year.
- Construction of a logistics center in the port of Shanghai (China). The project includes the construction of warehouses with a total area of 100 thousand square meters. Warehouses were built from LSTWS in just 6 months, which allowed to significantly reduce the project implementation time.

Russia also has examples of successful use of LSTWS in port construction, for example, in the reconstruction of the port of Ust-Luga or in modernization of warehouse capacity of Vladivostok port.

The application of LSTWS in port construction has several advantages and prospects. This technology improves the efficiency, security and environmental friendliness of port facilities and optimizes the use of the port area. In this regard, LSTWS are a promising trend for the development of port construction and deserve further study and implementation.

\*\*\*

1. SP 260.1325800.2016 «Steel structures thin-walled from cold-bent galvanized profiles and corrugated sheets. Rules of design». Moscow: 2016. - 117 p.
2. Gravit M.V. Fire resistance of light steel thin-walled structures: monography / M.V. Gravit, I.I. Dmitriev. – St. Petersburg.: POLYTECHPRESS, 2020. – 213 p.
3. Experience in using LSTWS. [Electronic resource]. – URL: <http://expert74.com/nomer.php?art=349>.
4. Types of nodal connections in light steel thin-walled structures. [Electronic resource]. – URL: [http://engstroy.spbstu.ru/index\\_2011\\_03/kurazhova\\_uzly.pdf](http://engstroy.spbstu.ru/index_2011_03/kurazhova_uzly.pdf).
5. Options for filling LSTWS. [Electronic resource]. – URL: <http://lstk-msk.ru/napolnenie-konstrukcii>.

## РАЗДЕЛ XXVI. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Гнатенко Ю.А., Ахметова Г.

Первичная статистическая обработка данных

Уфимский университет науки и технологий

(Россия, Стерлитамак)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-899

### Аннотация

В данной статье представлен обзор основных методов первичной статистической обработки данных, отражена ее роль в практической деятельности. Кроме того, рассмотрены основные программные средства, позволяющие реализовать первичную обработку данных.

Основной вывод заключается в том, что исследователям важно владеть навыками статистической обработки данных независимо от сферы исследований. При этом в практической деятельности представляется рациональным использование программных средств.

**Ключевые слова:** первичная обработка данных, математическое ожидание, дисперсия, среднее значение, размах, мода, медиана.

### Abstract

This article provides an overview of the concepts and properties of variance and the forms of its representation to substantiate the results obtained. A brief overview allows the reader, first of all, to study in detail the topic and finding the dispersion of a numerical set.

The main conclusion is that understanding variance and its application helps in making decisions based on probabilistic models and data analysis.

**Keywords:** variance, dispersion, random variables, mathematical expectation, average value.

### Введение

Современное общество находится на информационном этапе развития, когда информация играет важную роль во всех сферах. В науке, промышленности, бизнесе невозможно планировать деятельность без обратной связи, т.е. информация выступает основой дальнейшего развития.

Простой сбор информации не позволяет сделать верных выводов, так как могут быть получены данные низкого качества, лишняя информация, противоречивые данные, недопустимые значения («мужской пол при наличии беременности»), и т.д. Кроме того, методы сбора данных часто плохо контролируются.

Особое значение в такой ситуации приобретает задача обработки данных, хотя бы первоначальная. В ходе сбора информации получаются большие массивы информации, поэтому для их обработки необходимо использовать статистические методы. Первичная обработка позволяет выявить так называемые ложные данные и исключить их из дальнейшего рассмотрения.

Сущность первичной обработки статистических данных

Для выработки стратегии, построения модели, принятия решений и планировании деятельности во многих случаях необходимо оперировать проверенными данными, для чего полученная информация должна пройти соответствующую обработку, для чего зачастую используются статистические методы.

Под методами статистической обработки информации понимают математические приемы и способы количественных расчетов, которые позволяют произвести обобщения и выявить скрытые закономерности. При этом можно условно выделить первичные и вторичные методы обработки:

- первичные – это методы, которые вычисляют показатели, показывающие результаты производимых в эксперименте измерений;
- вторичные методы – это методы, которые с помощью первичных данных вычисляют показатели статистической закономерности [6, с. 10].

Как сказано в пособии Ю.Ю. Никифорова, первичная обработка состоит в упорядочивании информации об объекте и предмете изучения, т.е. исходные «сырые» данные группируются по тем или иным критериям, а также представляются в удобной для исследователя форме. После такой обработки можно получить общие сведения о характере совокупности данных в целом, ее однородности, компактности, четкости. Наглядные формы представления позволяют легко считать основную информацию, а расчеты определяют показатели, непосредственно связанные с производимыми в исследовании измерениями [4, с. 8].

Другими словами, в результате первичной обработки можно определить, какое значение наиболее характерно для выборки и велик ли разброс выборки относительно этого значения. Вместе с тем, можно сделать вывод о возможном законе распределения, которому подчиняются значения в выборке или во всей совокупности.

Указанные характеристики некоторые авторы относят к элементарным математическим статистикам и в их число включают:

- разброс (размах) значений, показывающий разницу между максимальным и минимальным значением;
- среднее, которое представляет собой среднюю оценку качества, изучаемого исследователем;
- дисперсия, оценивающая разброс значений вокруг среднего;
- мода, представляющая наиболее частое значение;
- медиана показывает, какое значение делит выборку пополам [2, с. 1126].

Проблема любого исследования заключается в том, что значение какой-либо характеристики явления или процесса абсолютно точно определить невозможно, так как генеральная совокупность не всегда находится целиком в распоряжении исследователя, обычно же, она настолько объемна, что ее невозможно оценить полностью.

Основным объектом исследования выступает случайная величина, то есть величина, которая принимает не известные заранее значения. Для оценки генеральной совокупности используют выборку. В результате многократных измерений физической величины получится множество значений, имеющих большее или меньшее рассеяние относительно среднего значения. Это связано с грубыми ошибками измерений, методическими ошибками и случайными ошибками.

Грубые ошибки выявляются достаточно легко и устраняются, методические ошибки выявляются в процессе отладки методики исследования и измерений и либо устраняются, либо учитываются. Случайные ошибки устранить невозможно, но можно их минимизировать в процессе исследовательской деятельности, а также уменьшить их пагубное влияние на общую тенденцию распределения выборочных данных.

Таким образом, в результате первичной обработки данных можно получить суждение о характере выборки или генеральной совокупности. В ходе обработки имеется возможность изменить условия проведения исследования с целью получения более достоверных данных, а также устранить выявленные ошибки на раннем этапе.

Методы первичной статистической обработки данных

Первичные методы статистической обработки позволяют получить числовые характеристики совокупности данных, либо произвести оценку центральных характеристик выработки.

Как было сказано выше, к первичным методам можно отнести определение выборочной средней величины, дисперсии, моды, медианы, и т.д. Важнейшими характеристиками для

генеральной совокупности являются математическое ожидание и дисперсия случайной величины:

- математическое ожидание – это среднее взвешенное значение случайной величины:

$$M[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx,$$

где  $f(x)$  – плотность распределения величины  $X$ ;

- дисперсия – это мера разброса значений  $X$  относительно ее математического ожидания:

$$D[X] = M[X - M[X]]^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - M[X])^2 dx \quad [1, \text{с. 24}].$$

Если исследование проводится на основе выборке, то по ее результатам проводят оценку. Следует отметить, что проблема оценки неизвестного параметра является одной из центральных в теории обработки результатов наблюдений.

К оценкам параметров предъявляется комплекс требований. Важнейшие среди них:

- несмещенность, которая выражается в равенстве математического ожидания всей совокупности и математического ожидания выборки любого объема;
- состоятельность, означающая, что при увеличении объема выборки оценка приближается к оцениваемому значению характеристики;
- эффективность, которая отражает меру рассеяния оценки относительно параметра, т.е. чем выше эффективность, тем меньше дисперсия [3, с. 66].

В математической статистике используются следующие оценки и характеристики:

- в качестве оценки математического ожидания используют среднеарифметическое значение:

$$M^*[X] = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i;$$

- несмещенной оценкой генеральной дисперсии является исправленная выборочная дисперсия

$$D^*[X] = S^2 = \frac{n}{n-1} S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2;$$

- медианой вариационного ряда называется значение признака, приходящегося на середину ранжированного ряда наблюдений, не влияют изменения крайних членов вариационного ряда. Медиана как показатель среднего предпочтительнее средней арифметической для ряда, у которого крайние варианты по сравнению с большими оказались чрезмерно большими или малыми;
- модой вариационного ряда называется варианта, которой соответствует наибольшая частота (модальный интервал). Особенность моды как показателя среднего заключается в том, что она не изменяется при изменении крайних членов ряда, т. е. обладает устойчивостью к вариации признака [8, с. 109].

Таким образом, первичная обработка данных состоит в вычислении характеристик генеральной совокупности или в подготовке выборке и расчете аналогичных характеристик.

При этом средние величины характеризуют значения признака, вокруг которого концентрируются наблюдения. Наиболее распространенной среди средних величин является средняя арифметическая. Дополнительно рассчитываются показатели вариации, в первую очередь – дисперсия.

### **Программные средства для первичной обработки статистических данных**

Первичная обработка не представляет серьезных сложностей при расчетах, но в некоторых случаях излишне объемна, что требует больших затрат времени и увеличивает вероятность возникновения ошибок. В связи с этим можно рекомендовать использовать программные средства.

Как замечает Н.Б. Осипенко, современный уровень развития компьютерных и информационных технологий привел к большому разнообразию прикладных пакетов, реализующих широкий спектр статистических методов. В распоряжении исследователей имеются как специальные программы, так и универсальные пакеты, а также инструментальные наборы. Между тем, пользователю таких программ необходимо иметь специальные навыки и знания, не только в сфере статистики. Применение программного обеспечения является важным этапом прикладных статистических исследований, поэтому успешное статистическое исследование без него не возможно [5, с. 12].

Для первичной обработки данных в исследовательских компаниях используются такие программы как:

1. MS Excel представляется наиболее востребованной и часто используемой программой для первичной обработки данных. Инструменты табличного редактора позволяют преобразовывать числовые данные в наглядные формы (диаграммы, таблицы), а также производить необходимые вычисления и расчеты. Плюсами MS Excel являются: доступный интерфейс для начинающих; обилие возможностей взаимодействия с данными; расширение функционала с помощью языка VBA. Среди недостатков называют трудности в изучении доступного функционала из-за его объема, а также устаревание языка VBA.
2. SPSS Statistics (аббревиатура англ. «Statistical Package for the Social Sciences» – «статистический пакет для общественных наук») представляет собой комплекс программ, разработанных для аналитической обработки данных. Пользователь имеет возможность выбирать тип анализа данных, обрабатывать данные различных форматов, а также работать с файлами. Существенное преимущество статистического пакета – это устранение рутинной вычислительной работы, при этом принятие решения лежит на исследователе. Качество интерпретации полученных результатов зависит от опыта и знаний самого исследователя.
3. SAS Visual Statistics (аббревиатура англ. «Statistical Analysis System» – «система статистического анализа») – многопользовательская система, состоящая из модулей, каждый из которых выполняет определенный круг задач. В системе «SAS» реализован собственный язык программирования, который по своему синтаксису ближе к Basic. При работе с «SAS», можно проводить статистическую обработку данных разного уровня сложности, в соответствии с поставленными задачами. При обработке данных используются модули BASE и STAT.
4. Stata – это полноценное интегрированное программное решение, обеспечивающее все потребности в области науки о данных – манипулирование данными, визуализацию, статистический анализ и автоматизированную отчетность. Ввод данных здесь возможен как путем загрузки из внешних файлов, так и с использованием встроенного табличного редактора, который довольно прост, но позволяет выполнять все необходимые манипуляции с таблицами [7, с. 34].

Анализируя возможности программных средств, можно сделать вывод, что наиболее эффективными и удобными программами для первичной обработки данных являются «MS Excel» и «SPSS». Табличный редактор достаточно популярен среди всех пользователей компьютерных средств и может использоваться в том случае, когда первичная обработка статистических данных требуется лишь в редких случаях. Если исследователь регулярно работает со статистическими данными, то предпочтительнее использовать специализированное приложение (SPSS), которое поддерживает возможность анализа больших данных, что очень важно также и для первичной обработки данных.

### **Заключение**

Первичная статистическая обработка данных – является одной из важнейших составных частей статистики. Она востребована для решения различных задач и применяется в разнообразных исследованиях. Любой исследователь, работающих с числовыми данными, должен быть знаком с технологиями применения методов первичной статистической обработки, а также иметь практические навыки анализа данных.

Методы первичной обработки данных представляют собой в первую очередь расчет таких характеристик, как показатели среднего значения и показатели вариации. Эти расчеты не представляют особых сложностей для исследователей, однако достаточно трудоемки по временным ресурсам. Иногда первичная обработка данных занимает большую часть исследований, поэтому оптимальным вариантом является использование специальных программных средств.

На базе существующих и создаваемых программных средств можно организовать применение различных методов первичной статистической обработки данных. Исследователи имеют богатый выбор программных средств, но для их освоения также требуются знания по существу статистических методов.

\*\*\*

1. Берикашвили, В.Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы: учеб. пособ. / В.Ш. Берикашвили. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2024. – 164 с.
2. Нечухрай, Т.А., Шахмалова, И.Ж. Методы первичной статистической обработки / Т.А. Нечухрай, И.Ж. Шахмалова // Трибуна ученого. – 2020. – №12. – С. 1123-1128.
3. Никитин, В.И. Первичная статистическая обработка экспериментальных данных: учеб.-метод. пособ. / В.И. Никитин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 80 с.
4. Никифорова, Ю.Ю. Статистические методы в экологии и природопользовании: учеб. пособие / Ю.Ю. Никифорова. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 88 с.
5. Осипенко, Н.Б. Программные средства первичной статистической обработки экспериментальных данных / Н. Б. Осипенко. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 43 с.
6. Сафонова, Л.Г. Методы статистической обработки данных: обзор первичных и вторичных методов / Л.Г. Сафонова // Инновации в науке и практике: сб. науч. Ст. – Уфа: Дендра, 2018. – С. 9-12.
7. Спиридонова, К.С. Существующий программный комплекс первичной обработки и анализа данных / К.С. Спиридонова // Символ науки. – 2021. – №6. – С. 34-35.
8. Трофимова, Е.А. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие / Е.А. Трофимова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 160 с.

**Котиц Д.А., Попескул А.Н., Саламахина И.Г.**

## **Цифровая трансформация в агропромышленной сфере: инновационные решения с LabVIEW и SolidWorks**

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко  
(Молдавия, Тирасполь)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-900

### **Аннотация**

Данная работа исследует роль цифровой трансформации в современном агропромышленном секторе и представляет инновационные подходы, основанные на использовании программных продуктов LabVIEW и SolidWorks. В данной статье

анализируются преимущества цифровизации в сельском хозяйстве и демонстрируются, как эти инструменты могут быть эффективно применены для оптимизации производственных процессов, улучшения качества продукции и снижения затрат. Полученные результаты подчеркивают важность цифровой трансформации для современной агропромышленной отрасли и ее потенциал для улучшения производственных процессов и конкурентоспособности на рынке.

**Ключевые слова:** мехатронные системы, программное обеспечение, SolidWorks, LabVIEW, компьютерная модель, мониторинг и управление, виртуальное прототипирование.

### Abstract

This paper explores the role of digital transformation in the modern agro-industrial sector and presents innovative approaches based on the use of LabVIEW and SolidWorks software products. This article analyzes the benefits of digitalization in agriculture and demonstrates how these tools can be effectively applied to optimize production processes, improve product quality, and reduce costs. The findings highlight the importance of digital transformation for the modern agribusiness sector and its potential to improve production processes and market competitiveness.

**Keywords:** mechatronic Systems, Software, SolidWorks, LabVIEW, Computer Model, Monitoring and Control, Virtual Prototyping.

В современном мире технологический прогресс неуклонно внедряется в различные отрасли, внося новые возможности и изменяя привычные способы работы. Одной из областей, которая активно вступает в эпоху цифровой трансформации, является агропромышленный сектор. Стремительное развитие информационных технологий, аналитики данных и автоматизации процессов позволяет сельскохозяйственным предприятиям существенно повысить эффективность производства, улучшить качество продукции и оптимизировать расходы.

В данной статье уделяется внимание на ключевые аспекты цифровой трансформации в агропромышленной сфере, сосредотачиваясь на инновационных решениях, предоставляемых программными продуктами LabVIEW и SolidWorks. Эти инструменты не только обеспечивают возможность создания высокотехнологичного оборудования и систем контроля, но и способствуют интеграции данных, управлению ресурсами и оптимизации процессов производства. Далее рассматривается, как именно эти технологии изменяют агропромышленную отрасль, и какие преимущества они приносят для улучшения ее конкурентоспособности и устойчивости.

Агропромышленная сфера является одной из важнейших отраслей экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность и удовлетворение потребностей населения. В современном мире, где стремительно развиваются технологии, использование программного обеспечения для автоматизации и оптимизации процессов в агропромышленной сфере становится неотъемлемой частью деятельности.

Мехатронные системы в агрономии представляют собой комплексное сочетание механических, электронных, программных и управляющих компонентов, разработанных для автоматизации и оптимизации сельскохозяйственных процессов. Используя принципы робототехники, мехатронные системы могут выполнять различные задачи, такие как посев семян, полив растений, уборка урожая, определение состояния почвы и диагностика заболеваний растений.

В последние годы мехатроника и программное обеспечение для проектирования, такие как Solidworks, находят всё большее применение в агрономии, что открывает новые перспективы для разработки инновационных систем и устройств.

SolidWorks — это трехмерная система компьютерного моделирования и автоматизированного проектирования, которая позволяет создавать сложные 3D-модели и подробные технические чертежи. Это программное обеспечение широко используется в

агропромышленной сфере для разработки и оптимизации механических систем, создания инновационных сельскохозяйственных машин и оборудования.

С помощью SolidWorks можно проектировать и моделировать такие агротехнические решения, как тракторы, комбайны, и другие сельскохозяйственные механизмы (рисунок 1).



Рисунок 1. Компьютерная модель экскаватора EC650 спроектированного в среде SolidWorks

Solidworks, мощное программное обеспечение для трехмерного моделирования и проектирования, что в настоящее время является незаменимым инструментом для разработки мехатронных систем в агрономии. С его помощью можно создавать и оптимизировать детали и механизмы, проводить анализ прочности и динамики, моделировать взаимодействие с окружающей средой и проверять работоспособность системы в виртуальной среде.

В данной статье рассматривается два ключевых инструмента - LabVIEW и SolidWorks - и их применение в данной отрасли (рисунок 2).

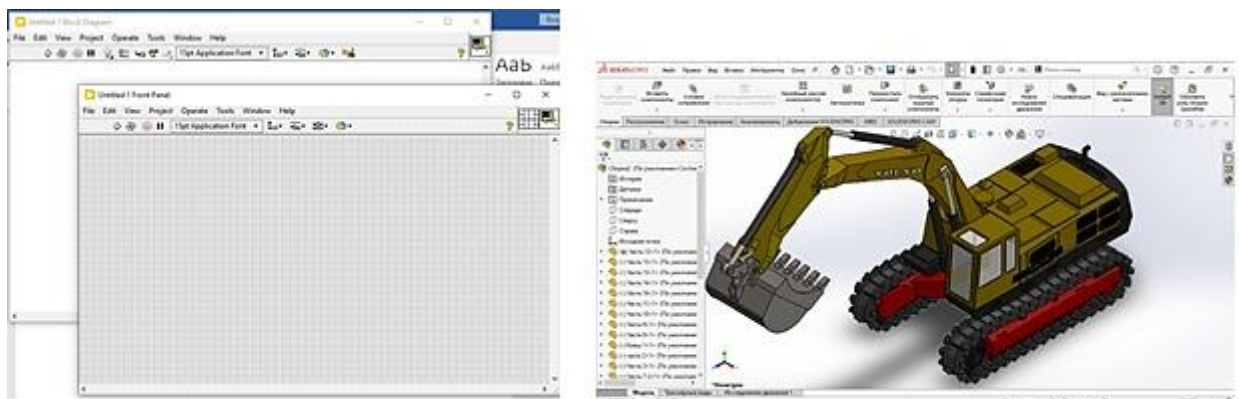


Рисунок 2. Среды проектирования, исследования и управления компьютерными моделями (слева NI LabVIEW, справа SolidWorks)

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) — это графическая среда программирования, разработанная для автоматизации и контроля научных и промышленных процессов. Она широко используется в агропромышленном секторе для контроля качества, управления различными агротехническими системами, а также для мониторинга и анализа данных.

Одним из основных преимуществ LabVIEW является его удобный интерфейс, основанный на графическом представлении программы в виде блок-схемы (рисунок 3).



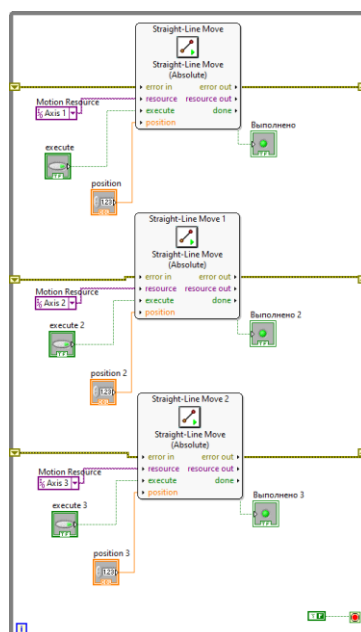


Рисунок 3. Блок-схема управления 3D моделью экскаватора.

Это позволяет разработчику легко создавать и модифицировать программы, что особенно полезно в динамичной агропромышленной среде. Кроме того, наличие большого количества готовых модулей и библиотек делает LabVIEW универсальным инструментом для любых задач в агропромышленности.

Использование совместно LabVIEW и SolidWorks позволяет синхронизировать и взаимодействовать между собой агротехнические системы и механизмы. Например, с помощью LabVIEW можно создать программное обеспечение для мониторинга и управления работой трактора, в то время как SolidWorks позволит разработать оптимальное механическое решение для его исполнения (рисунок 4).

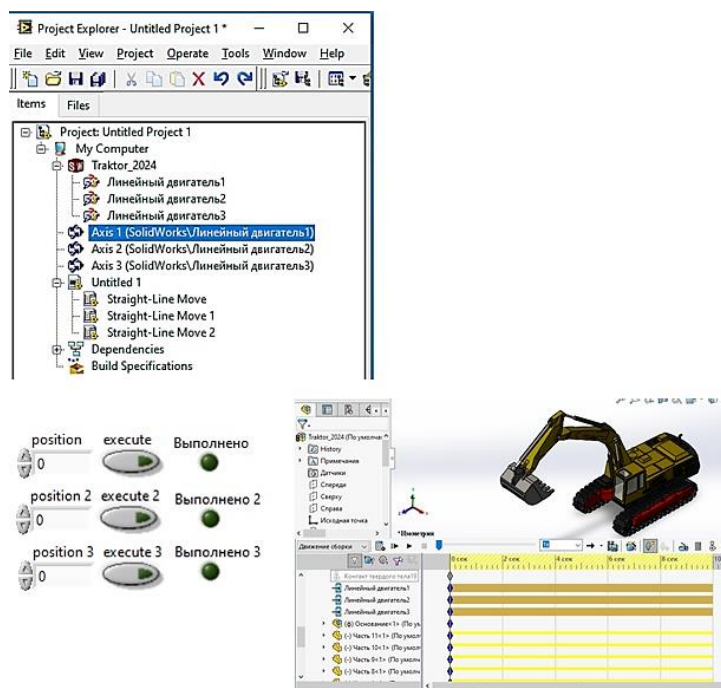


Рисунок 4. Дерево элементов управления и его пульт с управляемой моделью.

Интеграция программных платформ LabVIEW и SolidWorks является существенной составляющей в развитии и механизации сельского хозяйства. Объединение этих двух мощных

инструментов открывает широкие возможности для повышения эффективности и автоматизации процессов, связанных с сельским хозяйством.

С помощью LabVIEW и SolidWorks возможно создание сложных графических интерфейсов, включающих трехмерные модели оборудования и симуляции работы на них. Это значительно упрощает восприятие и взаимодействие с системой для операторов и персонала сельскохозяйственных предприятий.

Благодаря интеграции можно реализовать мониторинг и управление различными параметрами сельскохозяйственных систем в реальном времени. Это позволяет оптимизировать процессы и достигать максимальной производительности при минимальных затратах.

Преимущества виртуального прототипирования LabVIEW и SolidWorks для сельскохозяйственной отрасли очень заметны. Позволяя работать в виртуальной среде, эти программные решения снижают риски и затраты на разработку, ускоряют процессы тестирования и испытаний новых решений. Они обеспечивают возможность детального анализа и оптимизации систем до их физической реализации, что позволяет предотвратить ошибки и улучшить работу разработанных изделий. Кроме того, использование виртуального прототипирования позволяет предусмотреть возможные проблемы и сложности, а также осуществить процессы обучения сельскохозяйственного персонала до внедрения новых технологий.

Результаты исследования показали, что применение программных продуктов LabVIEW и SolidWorks в агропромышленной сфере имеет значительный потенциал для улучшения производственных процессов и повышения эффективности предприятий. В частности, выявлены следующие положительные моменты:

Увеличение производительности оборудования благодаря автоматизации производственных процессов с использованием LabVIEW.

Улучшение качества продукции за счет внедрения виртуальных прототипов и анализа конструкций с помощью SolidWorks.

Сокращение времени на разработку и внедрение инноваций благодаря гибкости и масштабируемости разработки программного обеспечения с помощью LabVIEW

Таким образом, использование LabVIEW и SolidWorks в агропромышленной сфере открывает широкие перспективы для повышения эффективности и развития данной отрасли. Эти инструменты позволяют ускорить процессы, снизить затраты, повысить качество продукции и улучшить условия труда сельскохозяйственных работников. Внедрение современных технологий и программного обеспечения в агропромышленную сферу помогает справиться с современными вызовами и обеспечить устойчивое развитие данной важной отрасли экономики.

\*\*\*

1. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 445 с. — ISBN: 978-5-9775-0763-9
2. Васильев А.С., Лашманов О.Ю. Основы программирования в среде LabVIEW - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 82 с.
3. Джеффри Тревис / LabVIEW для всех: Пер. с англ. Клушин Н. А. - М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. - 544 с.; ил.
4. Зиновьев Дмитрий. Основы проектирования в Solidworks 2016: Студия Vertex, 2017. — 277 с.
5. Лукинских С.В. Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства/ Учебное пособие. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2020. — 168 с. — ISBN 978-5-7996-3152-9.

**Якимов И.А., Шарипов И.И.**  
**Применение 3D-печати и 3D-сканирования в стоматологии**

*Казанский Государственный Энергетический Университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-901

**Аннотация**

Данная научная статья посвящена основным направлениям применения 3D-печати и 3D-сканирования в настоящее время в стоматологии, тенденции развития науки, инженерной графики и программного обеспечения в данной сфере в России и перспективы дальнейшего использования. Трёхмерные сканирование, моделирование и новые технологии печати позволяют сократить время зубного производства и цикл лечения в целом, минимизируют вероятность ошибки техника, повышают качество лечения и удобство для пациента.

**Ключевые слова:** 3D-технологии, 3D-печать, CAD/CAM системы, трёхмерные технологии, 3D-сканирование, аддитивные технологии, 3D-принтер, стоматология.

**Abstract**

This scientific article is devoted to the main areas of application of 3D printing and 3D scanning in dentistry at present, trends in the development of science, engineering graphics and software in this area in Russia and prospects for further use. Three-dimensional scanning, modeling and new printing technologies allow to reduce the time of dental production and the treatment cycle as a whole, minimize the probability of technician error, improve the quality of treatment and convenience for the patient.

**Keywords:** 3D technologies, 3D printing, CAD/CAM systems, three-dimensional technologies, 3D scanning, additive technologies, 3D printer, dentistry.

3D-печать применяется в медицине с начала 2000-х годов, когда эта технология впервые использовалась для изготовления зубных имплантатов. Использование 3D-технологий заметно сокращает время диагностики, планирования, лечения и позволяет добиться запланированного результата с минимальными поправками на этапах самих вмешательств. Введение в практику 3D-технологий даёт возможность максимально снизить инвазивность манипуляций как в качественном, так и в количественном плане. Более того, удобны они и для визуализации и демонстрации для самых пациентов. Кроме того, будучи цифровыми, трёхмерные данные удобны и в хранении. Сегодня врачи, больницы и исследователи по всему миру используют 3D-печать и 3D-сканирование в стоматологической отрасли, поэтому развитие данной темы актуально. Распространение трёхмерные технологии, а в особенности - CAD/CAM системы, получили в разных отраслях стоматологии, где они позволили не только упростить диагностику и многие клинично-лабораторные этапы при реабилитации пациентов, но и отказаться от некоторых из них вообще. Точность новых 3D-систем является одним из актуальных вопросов современной цифровой стоматологии. В статье рассмотрим основные направления применения 3D-печати и 3D-сканирования в настоящее время в стоматологии, тенденции развития науки, инженерной графики и программного обеспечения в данной сфере в России и перспективы дальнейшего использования.

Первые попытки внедрения аддитивных технологий в стоматологию в 1990 г. увенчались относительным успехом. С помощью первых 3D-принтеров ученые смогли напечатать капы для зубов. Ученым понадобилось около 20 лет, чтобы изготовить первый зубной имплантат. В 2012 году была впервые вживлена титановая нижняя челюсть, изготовленная с помощью 3D-принтера для стоматологии. С тех пор использование 3D-технологий в этой сфере значительно выросло: по прогнозу компании SmarTech Publishing, объем 3D-услуг в стоматологии достигнет \$ 9,5 млрд к 2027 году [3].

Основные направления использования 3D-технологий в стоматологии в настоящее время:

- Подготовка к операциям и обучение студентов
- Сканирование полости рта или слепков
- Печать хирургических инструментов
- Протезирование
- Ортодонтия
- Челюстно-лицевая хирургия

Трёхмерные сканирование, моделирование и новые технологии печати позволяют минимизировать время посещения стоматолога. Сегодня визит к стоматологу для имплантации нового зуба занимает всего около часа. Новые, минимально инвазивные внутриротовые 3D-сканеры, способные быстро отсканировать ротовую полость пациента всего за несколько минут, передают полученное изображение в CAD/CAM систему, после обработки в которой цифровая модель импланта печатается на SLM-принтере или фрезеруется [3].

Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing – это компьютерное проектирование и высокотехнологичное производство сложных изделий под управлением ЭВМ. Это инновационная технология, применяемая в стоматологии для производства различных конструкций с помощью моделирования их на компьютере и дальнейшего производства с использованием фрезерных станков или же 3D-принтеров. На сегодняшний день существует более 70 CAD/CAM-систем. Различные дентальные CAD/CAM системы могут существенно отличаться технологическими решениями, применяемыми в них для выполнения поставленных задач. Но вне зависимости от производителя современные CAD/CAM системы состоят из трех основных функциональных компонентов: модулей для сканирования, проектирования и автоматизированного изготовления [6]:

1. Блок для сканирования – получение цифровых оттисков полости рта: зубного ряда и зубов-антагонистов. С этой целью применяют различные типы сканеров.
2. CAD-модуль представляет из себя программный пакет с набором опций трёхмерной визуализации, полученных ранее данных и моделирования виртуальной конструкции (зубной протез, хирургический шаблон, индивидуальный абатмент и т.п.) с учетом анатомо-функциональных особенностей.
3. CAM-модуль для изготовления конструкции (фрезерная установка, 3D-принтер) – технология производства, которая преобразовывает цифровые данные в готовую конструкцию.

В основе современной диагностики, 3D сканирования, лежит компьютерная томография, позволяющая получать послойное исследование объекта [2]. По существу, 3D-сканер проектирует светящийся источник (структурированный луч света или лазерный луч) на поверхностях объекта и захватывает отражение света от этого объекта с помощью нескольких камер. Так сканер получает данные о расстоянии до поверхности сканируемого объекта. Вышеупомянутое отражение используется чтобы просчитать координаты объекта, применяя специальное ПО реконструкции. На основе этих данных строится участок поверхностной модели, который представляет собой облако, состоящее из миллионов точек. Это так называемое полигональное моделирование. После получения достаточного количества таких участков встроенная в сканер программа объединяет их в один трёхмерных объект – 3D-модель.

На сегодняшний день на рынке появляется всё больше новых моделей интраоральных сканеров. В России профессором Г.Г. Левиным (д.т.н., проф., начальник лаборатории ВНИИОФИ) был разработан и запатентован способ оптического измерения формы поверхности трехмерного объекта [9], что привело к появлению отечественной CAD/CAM-системы ОптикДЕНТ [10]. Это кабинетная мини-система, предназначенная для изготовления

вкладок, виниров, коронок, каркасов протезов. ОптикДЕНТ включает в себя: интраоральную видеокамеру для бесконтактного измерения формы поверхности зуба или гипсовой модели; компьютерный моделировочный блок; ПО, которое позволяет произвести виртуальную реставрацию; фрезеровальный станок. Компьютерная программа системы Оптик-ДЕНТ содержит: библиотеку 3D-моделей зубов; средства редактирования 3D-поверхности (перемещение, деформация, просмотр сечений, масштабирование, вращение, локальное редактирование поверхности); цифровое моделирование реставрации.

Современные интраоральные сканеры движутся к полной реализации «виртуального пациента»: все ткани (зубы, десны, костные образования и кожа) должны накладываться друг на друга для комплексного подхода к планированию ортопедического, хирургического и ортодонтического лечения. Для достижения хорошего результата с этой целью должны быть также интегрированы виртуальная лицевая дуга и артикулятор, что мы уже наблюдаем на сегодняшний день. Преимущество трехмерных снимков перед плоскостными очевидно: во время 3D-сканирования специалист может выявить скрытые проблемы и впоследствии назначить пациенту более точное лечение, а также предупредить развитие серьезных заболеваний [5].

Программные пакеты, позволяющие создавать трёхмерную графику, то есть моделировать объекты виртуальной реальности и создавать на основе этих моделей изображения, очень разнообразны. Независимо от бренда или производителя рабочая среда ПО для цифрового моделирования стоматологических конструкций схожа. Изначально все программы для цифрового моделирования конструкций предоставляли возможность изготавливать только несъемные конструкции: виниры, вкладки, коронки и мостовидные протезы с опорой на твердые ткани зуба и имплантаты. На сегодняшний день разработчики ПО расширили список имеющихся инструментов. Так, у специалиста появилась возможность создавать цифровые модели съемных конструкций (полный съемный протез, каркас бюгельного протеза, балки для съемного протеза с опорой на имплантатах), индивидуальные абатменты и индивидуальные оттисковые ложки, планировать дизайн улыбки и положения имплантата, изготавливать провизорные реставрации до этапа препарирования зубов, моделировать форму культи литых культевых штифтовых вкладок. Из наиболее популярных программ для работы со стоматологическими моделями в России - Avantis 3D – российская программа с недорогой лицензией. Готовые цифровые модели передаются непосредственно компании-производителю для печати на собственном фирменном оборудовании. Implant Assistant – программное обеспечение с российской поддержкой, заточенное под работу с имплантатами [7].

По факту технология 3D-печати в области медицины не сильно отличается от той же технологии, применяющейся в других сферах. Существенным отличием является лишь то, что при изготовке имплантата специалисты-медики учитывают индивидуальные особенности конкретного пациента [5]. 3D-печать используется для изготовления зубных протезов, хирургических направляющих, моделей мостов и, в первую очередь, для прозрачных выравнивателей - невидимых устройств, выпрямляющих зубы. По сравнению с металлическими брекетами современные прозрачные выравниватели фактически невидимы и могут быть сняты, когда пользователям нужно почистить зубы или поесть. Метод 3D-печати ускоряет процесс, поскольку индивидуальные формы для прозрачных выравнивателей могут быть изготовлены непосредственно на основе цифровых сканов пациентов [1].

Суть аддитивной технологии в том, что конструкция изготавливается путем наложения материала слой за слоем. Фундамент данного процесса составляет компьютерная обработка 3D-моделей, после которой цифровой объект конвертируется в набор срезов определенной толщины. Каждый слой потом печатается один поверх другого, чтобы создать 3D-изделие. Одним из основных плюсов данного вида производства является способность создавать мелкие детали, пустоты и конструкции со сложной внутренней геометрией. Принтеры позволяют создавать модели из пластика (в том числе аналог РММА и воска) и металла Ti, CoCr [4]. Широкую популярность заслужили фотополимерные принтеры.

С помощью 3D-принтеров производят широкий спектр стоматологических конструкций:

- основы под мосты и коронки, колпачки, вкладки, бюгельные протезы;
- модели для секторального воспроизведения нижней и верхней челюсти в прикусе, разборные, демонстрационные модели челюсти;
- шаблон-кондукторы – ложки позиционирования для установки брекет-систем, благодаря этим приспособлениям все элементы брекетов позиционируются и фиксируются точно на нужных местах;
- индивидуальные капы, хирургические шаблоны для имплантации, направляющие для челюстно-лицевой хирургии и т.д.

В настоящее время активно развивается печать базисов съёмных протезов, временных и постоянных ортопедических конструкций [7].

С помощью 3D-технологий стало возможно создавать компоненты со сложной трехмерной геометрией для челюстно-лицевых операций, например — для восстановления поврежденных участков костей. Использование биосовместимых материалов минимизирует риск отторжения имплантатов [3].

Существует множество видов добавочных технологий и их можно условно классифицировать на следующие группы:

1. Лазерная литография (SLA) и цифровая светодиодная проекция (DLP)
2. Моделирование методом наплавления (FDM, FFF)
3. Технология многоструйного моделирования (MJM)
4. Технологии порошковой печати (EBM, SLS, SLM, DMLS)

Возможности цифровых трёхмерных технологий необычайно широки, приход цифровых технологий в стоматологию позволил:

- Повысить качество лечения (благодаря высокой, идеальной точности посадки) и удобство для пациента;
- Минимизировать вероятность ошибки техника;
- Сократить время зубного производства и цикл лечения в целом;
- Упростить возможности клиник в создании собственной лаборатории благодаря компактности, простоте и бюджетности [4].

Независимо от выбранной технологии изготовления изделий, первоочередная задача успешной реабилитации — получение максимально точного оттиска. В связи с этим были проведены множество исследований для оценки точности при работе с цифровыми трёхмерными системами. Примером таких исследований является одна из работ отечественных специалистов Е.Н. Жулева и Ю.А. Вокуловой «Изучение качества краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий».

В ортодонтии 3d-стоматология способствует тому, что компьютер сам прогнозирует перемещение зубов. Помимо диагностической функции, цифровые технологии позволяют более качественно фиксировать брекететы, создавать и изготавливать высокоэффективные ортодонтические аппараты элайнеры [2].

Перспективы 3D технологий огромны. Стоит учесть тот факт, что они, постоянно совершенствуясь, быстро дешевеют. Стоимость 3D-оборудования и расходных материалов продолжит снижаться, изделия станут более доступными, одновременно с этим будет повышаться производительность 3D-техники и улучшаться качество создаваемых объектов. Градиентные технологии могут быть индивидуально адаптированы к геометрии реставрации и предлагают невообразимую свободу дизайна в трехмерном пространстве, недостижимую с помощью традиционных технологий — и все это в рамках ориентированной на пациента, индивидуальной и персонифицированной стоматологии [8]. Использование 3D-технологий в медицине позволяет сократить вероятность ошибки до минимума.

Можно сделать следующие выводы, что стоматология — одна из важнейших и самых перспективных областей развития 3D-технологий. Три класса материалов — керамика, металлы

и пластики, наиболее часто используемые в стоматологических изделиях, совпадают с теми, которые чаще всего используются в аддитивном производстве. Цифровые трёхмерные томографы, 3D-сканеры, компьютерные системы моделирования и производства не просто изменили процесс стоматологического лечения и реабилитации, они изменили стоматологию в целом. Стремительное развитие 3D-технологий, появление новых материалов, высокая конкуренция, постоянно растущее качество продукции, снижающиеся цены на оборудование и материалы дают огромный толчок развитию новых 3D-методов лечения в стоматологии.

\*\*\*

1. <https://evercare.ru/news/9-luchshikh-primerov-ispolzovaniya-3d-pechati-v-zdravookhraneni>
2. <https://avantis3d-soft.ru/info/for-doctors/3d-tekhnologii-v-stomatologii-primeneniye-3d-v-stomatologii/>
3. <https://top3dshop.ru/blog/3d-printers-scanners-cad-cam-in-medicine.html>
4. <https://3dtoday.ru/blogs/lider-3d/cifrovoe-proizvodstvo-v-stomatologii>
5. <https://www.m24.ru/articles/nauka/02112016/120896>
6. В.В. Костюкова, А.Н. Ряховский, М.М. Уханов // Сравнительный обзор внутриротовых трехмерных цифровых сканеров для ортопедической стоматологии // Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстнолицевой хирургии, Москва – 2014.
7. <https://3dvision.su/blog/primeneniye-3d-pechati-v-stomatologii/>
8. <https://3dradar.ru/post/54379/>
9. Левин Г.Г., Вишняков Г.Н., Лоцилов К.Е. Способ оптического измерения формы поверхности трехмерного объекта (варианты) // Патент RU2232373. 2004. – №19
10. Левин Г.Г., Вишняков Г.Н., Лоцилов К.Е., Ибрагимов Т.И., Лебедеко И.Ю., Цаликова Н.А. Современные стоматологические CAD/CAM системы с интраоральными 3D профилометрами // Измерительная техника. 2010. – №2. – С.52- 54

## РАЗДЕЛ XXVII. ЭЛЕКТРОНИКА

Крюкова А.С., Гибадуллин Р.Р.

## Проектирование микроконтроллерного устройства опроса сигнала на восьмиразрядном gisc-контроллере

ФГБОУ ВО «КГЭУ»  
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-902

**Аннотация**

В статье рассматривается микроконтроллерное устройство, которое опрашивает сигнал на входе и передает информацию о сигнале на семисегментный индикатор и блок звуковой индикации. Проектирование проводилось в системе автоматизированного проектирования Altium Designer.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, проектирование, опрос сигнала, программирование.

**Abstract**

The article discusses a microcontroller device that polls the input signal and transmits information about the signal to a seven-segment indicator and an audio indication unit. The design was carried out in the Altium Designer computer-aided design system.

**Keywords:** microcontroller, design, signal polling, programming.

В настоящее время восьмиразрядные микроконтроллеры являются самым массовым представителем микропроцессорной техники. Общий объем их производства составляет около двух с половиной миллиарда единиц, и они продолжают выпускаться, поскольку являются наиболее простыми в использовании для новичков и могут применяться для проектирования простых устройств. Чаще всего они используются при разработке аудиотехники, телекоммуникаций, бытовых приборов и измерительного оборудования [1].

Микроконтроллеры семейства AVR построены на основе модифицированной гарвардской архитектуры, для которой характерно то, что пространство flash-памяти программы находится на отдельной адресной шине, отличной памяти SRAM [2].

Нами была проведена разработка устройства, которое опрашивает сигнал на входе с интервалом, равным 10 мс после пятикратного обнаружения сигнала «логической единицы», а также выводит результат опроса на семисегментный индикатор с сопутствующим звуковым сигналом.

Проектируя электрическую принципиальную схему любого устройства, следует учитывать тот факт, что схема должна максимально полно выполнять свои функции и поставленные перед ней задачи. Для этого требуется наличие соответствующей компонентной базы, которая занесена в систему автоматизированного проектирования Altium Designer.

Altium Designer – САПР, которая обладает большими возможностями в проектировании не только базовых электронных схем, но и схем, являющимися узлами счета, решения дифференциальных и интегральных уравнений [3]. Словом, Altium Designer – не только среда для проектирования схем и печатных плат, но и среда, в которой возможно исполнение решений, основанных на собственных компонентах, которые можно воссоздать с нуля.

Altium Designer позволяет создавать проекты электронных устройств на уровне схем или кода, обеспечивая передачу данных между различными уровнями проектирования, такими как ПЛИС или печатные платы. Основное преимущество программы заключается в ее проектной структуре, обеспечивающей целостность разработки на разных уровнях. Это означает, что изменения, внесенные на одном уровне (например, на уровне платы), могут мгновенно



отражаться на других уровнях (например, на уровне ПЛИС или схемы) и наоборот. Важным направлением развития Altium Designer является интеграция ECAD и MCAD систем, что позволяет осуществлять разработку печатных плат в трехмерном виде с двунаправленной передачей данных в механические САПР.

Altium Designer включает в себя все необходимые инструменты для разработки, редактирования и отладки проектов на основе электрических схем и ПЛИС. Его редактор схем позволяет создавать многоуровневые и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование.

Редактор печатных плат в Altium Designer обладает мощными средствами для интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников. Эти возможности, в сочетании с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования, значительно упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования современных технологий разработки, такие как трассировка дифференциальных пар или высокочастотных участков плат.

Рассмотрим схему, которая была спроектирована в этой САПР. Микроконтроллер ATmega328, расположенный на поле моделирования, показана на рисунке 1.

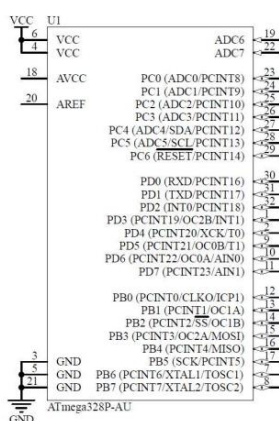


Рисунок 1. Микроконтроллер ATmega328 в САПР Altium Designer.

Чтобы плата заработала, к ней следует подключить питающее напряжение и напряжение земли. Напряжения, питающие схему, подключены к выводам под номерами 4 и 6, и именуются VCC. Эти напряжения питания нужны для того, чтобы функционировали все периферийные устройства микроконтроллера и сам микроконтроллер в принципе. Напряжение земли подведено к выводам 3, 5 и 21, именуемыми GND, без заземления которых ни одно электронное устройство не начнет работать корректно. Вывод PC6 соединен с землей через ключ SW1 для обеспечения работы кнопки RESET, которая предназначена для перезагрузки микроконтроллера в случае зависания, ошибки или переполнения памяти. Словом, тогда, когда схема не функционирует корректно из-за факторов, не зависящих от пользователя.

Цепь, состоящая из динамика QMB-09B-03, транзистора S8050J3Y, резистора с сопротивлением 1 кОм и напряжением питания звукового устройства представлена на рисунке 2.

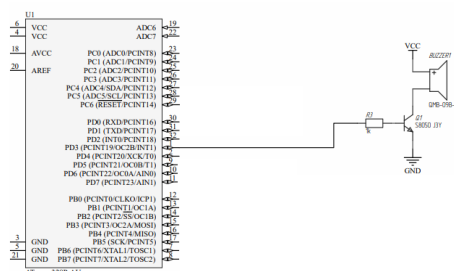


Рисунок 2. Подключение динамика к микроконтроллеру.

Сигнал с микроконтроллера подается на базу транзистора S8050J3Y, работающем в качестве полупроводникового ключа через токоограничивающий резистор с номиналом 1 кОм. Эмиттер транзистора заземлен, коллектор подключен к одному из выводов динамика, второй из которых подключен к питающему напряжению VCC для обеспечения корректной работы «пищалки».

Блок, предназначенный для отображения подсчитанных сигналов, и вывода на индикатор этой информации, представлен на рисунке 3.

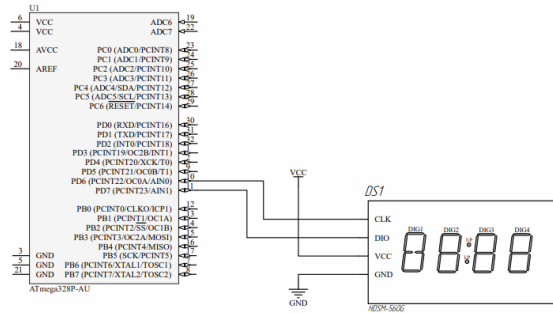


Рисунок 3. Подключение индикатора к микроконтроллеру.

Выходы микроконтроллера PD6 и PD7 подключены к блоку семисегментной индикации, состоящего из платы, состоящей из дешифратора и индикатора, выполненном в одном корпусе.

Выходы CLK и DIO предназначены для подачи тактовых сигналов, в подному каналу передатся тактовый сигнал, по второму – данные, которые следует преобразовать для отображения на индикаторе.

Выходы VDD и GND являются питающими, на них подаются напряжения питания и земли соответственно [4].

Схема устройства опросы сигнала представлена на рисунке 4.

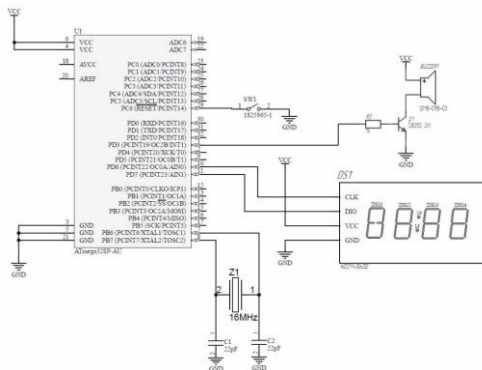


Рисунок 4. Микроконтроллерное устройство опроса сигнала.

\*\*\*

1. Ю.Е.Мишулин, В.А. Немонтов Цифровая схемотехника [Текст] / Ю.Е.Мишулин, В.А. Немонтов — 2-е изд. — Владимир: ВлГУ, 2019 — 144 с.
2. Дж. Блум Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства [Текст] / Дж. Блум — 2-е изд. — Москва: bhv, 2020 — 544 с.
3. А.В. Лопаткин Проектирование печатных плат в системе Altium Designer [Текст] / А.В. Лопаткин — 2-е изд. — Москва: ДМК, 2017 — 554 с.
4. Гусев, В. Г., Гусев, Ю. М. Электроника и микропроцессорная техника [Текст] / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев - 6-е изд.. - Москва: КНОРУС, 2013 – 802 с.

Аделина А.Х., Гибадуллин Р.Р.

## Преобразователи частоты в управлении электроприводом

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-903

**Аннотация**

В статье рассматриваются особенности применения преобразователей частоты в высоковольтных электроприводах. Описывается понятие и различные типы преобразователей частоты, включая прямые и с явно выраженным звеном постоянного тока. Обсуждается специфика выбора преобразователей частоты для высоковольтных электроприводов, а также приводятся особенности многоуровневых преобразователей частоты. Также рассматриваются особенности некоторых современных преобразователей.

**Ключевые слова:** высоковольтный привод, электроэнергетические системы, частотно-регулируемые устройства, инвертор.

**Abstract**

The article discusses the features of the use of frequency converters in high-voltage electric drives. The concept and various types of frequency converters are described, including direct and with a pronounced DC link. The specifics of the choice of frequency converters for high-voltage electric drives are discussed, and the features of multi-level frequency converters are also given. The features of some modern converters are also considered.

**Keywords:** high-voltage drive, electric power systems, frequency-controlled devices, inverter.

Увеличение тарифов на энергоносители и их дефицит привели к возникновению проблемы экономии энергоресурсов и переходу к энергосберегающим технологиям. В разных странах промышленность потребляет до 60% от общего электропотребления, а затраты на электроэнергию составляют от 10% до 80% себестоимости производимой продукции в различных отраслях. В среднем, до 60% всего промышленного электропотребления приходится на электродвигатели. Использование преобразователей частоты, выступающих в качестве средства управления электрическим приводом, в большинстве случаев выступающим асинхронным электродвигателем, позволяет значительно оптимизировать производственный процесс, выступая средством экономии, повышения эффективности потребления электроэнергии приводами, а также средством, повышающим точность и гибкость настройки работы привода для определенного процесса. Все это обуславливает важность исследования особенностей их применения.

Преобразование частоты – это процесс изменения частоты переменного тока. На данный момент преобразователи частоты имеют следующие исполнения: с прямой связью и с явным узлом постоянного тока. Классификация прямых преобразователей основана на числе фаз выходного и входного напряжения, что определяет структуру схемы преобразователя. Многофазные преобразователи частоты с непосредственной связью более распространены из-за своих технико-экономических свойств.

В прямых преобразователях каждая фаза двигателя имеет два комплекта встречно включенных выпрямителей. Управление этими комплектами обеспечивает работу одного комплекта тиристоров в положительный полупериод выходного напряжения на всех фазах двигателя, а другого комплекта в отрицательный полупериод. Для изменения периода и частоты выходного напряжения можно использовать переключение комплектов тиристоров. Прямые преобразователи имеют особенность связи с сетью переменного тока, которая определяет моменты закрытия тиристоров. Однако на практике чаще всего применяются преобразователи с явным узлом постоянного тока, так как такая связь ограничивает возможности регулирования преобразователя.

В данных устройствах электроэнергия претерпевает два изменения (первое – из переменного напряжения в постоянное, второе – из постоянного в переменное), данный процесс обусловлен особенностью постоянного напряжения, заключающейся в отсутствии частоты, что позволяет при помощи инвертора преобразовывать постоянное напряжение в переменное с заданной частотой. Расширение возможностей использования преобразователей частоты в мощных высоковольтных электроприводах различных целей достигается за счет использования тиристорov с высоким рабочим напряжением и током. Один из видов такого полностью управляемого полупроводникового ключа – тиристор IGCT, который имеет интегрированное управление.

На практике важной задачей является выбор подходящего преобразователя частоты для высоковольтного электропривода, который имеет аналогичную мощность. Один из ключевых показателей, определяющих технический уровень высоковольтных преобразователей частоты, – это степень искажения формы выходного напряжения и тока преобразователя в электроприводе. Однако использование полупроводниковых преобразователей имеет свои трудности, связанные с обеспечением необходимой синусоидальности формы тока в электрической сети и потреблением реактивной мощности.

Неуправляемые выпрямители, ограничивающие потребление реактивной мощности до установленных нормативных значений, применяются в преобразователях частоты с автономным инвертором напряжения. В преобразователях с автономным инвертором тока используются управляемые выпрямители или дополнительные фильтрокомпенсирующие устройства, при этом реактивная мощность по первой гармонике невелика.

Также на практике используются многоуровневые преобразователи частоты. Они отличаются от других преобразователей тем, что в их составе присутствует большое количество последовательно включенных вентиляв в плече. Это позволяет формировать выходное напряжение с меньшими шагами по напряжению, что в свою очередь обеспечивает лучшую форму кривой выходного напряжения и снижает броски напряжения. Такой подход благоприятно влияет на работу нагрузки и сокращает уровень электромагнитных помех, излучаемых преобразователем. Существуют два класса многоуровневых преобразователей частоты, которые строятся на основе схемы автономного инвертора напряжения с использованием IGBT-тиристорov. Первый класс включает в себя схемы с плавающими конденсаторами, а второй класс – схемы с привязкой средней точки через разделительные диоды.

Управление и питание двигателей большой мощности переменного тока, являющихся основой высоковольтных электроприводов реализовано посредством использования двухзвенных преобразователей частоты. Они состоят из трёхуровневого автономного инвертора и 12-пульсного выпрямителя. Для увеличения единичной мощности преобразователя можно увеличить пульсность выпрямителя и уровни выходного напряжения инвертора. Пульсность выпрямителя можно повысить, увеличив число параллельно или последовательно включенных диодных мостов. Уровни выходного напряжения автономного инвертора можно увеличить, увеличив число последовательно включенных тиристорov во всех его плечах.

В современных частотно-регулируемых преобразователях основная гармоника выходного напряжения формируется и регулируется с помощью импульсной модуляции. Основным типом преобразователей частоты для регулируемых электроприводов переменного тока являются трехфазные автономные инверторы напряжения, в которых управление ключами осуществляется с использованием широтно-импульсной модуляции на высокой несущей частоте. Эта модуляция может быть синусоидальной или векторной, причем более распространенным является первый вариант.

Рассмотрим современные преобразователи частоты высокого напряжения: ACS5000 и PowerFlex 7000. Работа ACS5000 основана на использовании высоковольтных IGCT-тиристорov. Выходное напряжение этого преобразователя формируется многоуровневым автономным инвертором напряжения, который создает пяти- или девятиуровневое выходное напряжение в зависимости от схемы преобразователя на выходе. Преобразователь PowerFlex

7000 использует автономный инвертор тока для обеспечения режима источника тока. Для достижения этого режима применяется стабилизирующий контур тока и установка большой индуктивности в промежуточном звене. При данном варианте функция SGCT-тиристорных инвертора состоит в создании переменного тока на выходе путем периодического изменения направления тока в выходной цепи.

Внедрение частотных преобразователей в высоковольтные электроприводы имеет следующие преимущества: более эффективное и экономичное использование электроэнергии, уменьшение размеров объектов капитального строительства при оптимизации энергосистемы и внедрении новых мощностей за счет снижения пиковой мощности, меньший износ гидромеханического и электротехнического оборудования, повышение надежности работы электрической сети, минимизация вероятности возникновения гидроударов, благодаря плавному изменению режимов работы насосных агрегатов [1, 2, 3].

Подводя итог можем утверждать, что применение преобразователей частоты в высоковольтных электроприводах позволяет сэкономить электроэнергию путем оптимизации КПД технологического процесса, снизить износ и повысить надежность оборудования. Регулирование скорости высоковольтных электроприводов также сокращает расходы на обслуживание и ремонт оборудования, уменьшает аварийные простои производства. Все это, вместе с экономическим эффектом от оптимальной производительности механизмов для каждого технологического процесса, делает применение преобразователей частоты очень важным.

\*\*\*

1. Зверев, Д. А. Современное состояние преобразовательной техники для высоковольтных электроприводов / Д. А. Зверев, Д. В. Волков, Л. А. Холодова // Современные прикладные исследования: Материалы шестой Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. В 2-х томах, Шахты, 16–18 марта 2022 года. Том 1. – Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2022. – С. 252-256.
2. Система и метод оптимального управления мощными электроприводами переменного тока / И. В. Гуляев, С. А. Погодина, В. В. Михайлов [и др.] // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2021. – № 12(149). – С. 20-25.
3. Крюков, О. В. Анализ характеристик высоковольтных преобразователей частоты электроприводов / О. В. Крюков, В. Н. Мещеряков // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2019. – № 7(120). – С. 30-39.

## РАЗДЕЛ XXVIII. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Зиятдинова А.Р., Гибадуллин Р.Р.

Инновации и перспективы развития в области электроснабжения

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-904

### Аннотация

Современное общество сталкивается с рядом вопросов в области электроснабжения и электромеханики, требующих инновационных решений. Данная статья представляет анализ текущего состояния, включая современные вызовы и перспективы в этих областях, а также выделяет базовые инновационные подходы, направленные на повышение эффективности электроснабжения и электромеханики.

**Ключевые слова:** Тенденции, движущие силы, инновации, технологии, преимущества, вызовы инноваций, электроснабжение.

### Abstract

Modern society faces a number of issues in the field of power supply and electromechanics requiring innovative solutions. This article presents an analysis of the current state, including modern challenges and prospects in these areas, and also allocates basic innovative approaches aimed at improving the efficiency of power supply and electromechanics.

**Keywords:** trends, driving forces, innovation, technology, advantages, information of innovation, power supply.

Сфера электроснабжения стремительно развивается под влиянием ряда взаимосвязанных тенденций и движущих сил. Эти факторы обуславливают появление новых технологий, бизнес-моделей и подходов к организации электроэнергетических систем. Инновации в области электроснабжения играют плечевую роль в современном мире, поскольку они направлены на повышение эффективности, надёжности и доступности энергии для всех. Важность инноваций заключается, например, в энергоэффективности, инновационные технологии помогают снижать потребление энергии и уменьшать экологический след, что крайне важно для устойчивого развития. Разработка новых методов генерации энергии с возобновляемых источников способствует сокращению зависимости от ископаемого топлива. Современные системы хранения энергии повышают надёжность электроснабжения, и позволяет интегрировать больше возобновляемых источников. А также немаловажным является, что инновации стимулирует экономическое развитие, создают новые рабочие места, и повышает качество жизни, обеспечивает доступ к энергии в отдалённых и мало обеспеченных регионах.

Говоря о современном состоянии отрасли, следует отметить что, электроснабжение активно развивается в области внедрения новых технологий и методов, так информационные технологии, революционизируют электроэнергетику, улучшая производство, распределение и управление электричеством. Интеграция возобновляемых источников энергии позволяет повысить эффективность, надёжность электроснабжения. Также, стоит отметить, что существует тенденция к разработке технологий, призванных предотвратить аварии и обеспечивать непрерывность электроснабжения, особенно важных для промышленных предприятий. Ещё одним направлением развития является тяговое электроснабжение, инновации в этой области направлены на повышение эффективности и надёжности электроснабжения для транспортных систем. Эти направления отражают общую тенденцию к

повышению эффективности, надежности и безопасности электроснабжения, а также к интеграции современных технологических решений.

В последнее время, перспективными направлениями и новшествами в электроснабжении, следует называть направления включающие следующие аспекты:

- Интеграция возобновляемых источников, в развитии технологии солнечной, ветровой энергии, а также других возобновляемых источников, таких как геотермальная и морская энергия, позволяет снизить зависимость от ископаемого топлива и уменьшить воздействие на окружающую среду.
- Умные сети, это система которая использует информационные и коммуникационные технологии для оптимизации производства, распределения и потребления электроэнергии. Они способствуют повышению эффективности, надёжности и экономичности электроснабжения.
- Энергохранилища, в развитии технологий хранения энергии, включая литий-ионные батареи и другие формы аккумуляторов, они позволяют более эффективно использовать энергию, особенно в сочетании с возобновляемыми источниками
- Цифровизация и автоматизация, применение искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных и автоматизация процессов управления энергосистемами.
- Микросети и распределённое производство, локальные энергосистемы, которые могут работать автономно или в составе более крупной сети, обеспечивая надежность и гибкость электроснабжения.
- Электрификация транспорта развитие электромобилей и зарядной инфраструктуры, что ведёт к увеличению употребления электроэнергии и изменению её потребительского профиля.

В целом, эти направления отражают общую тенденцию к созданию более устойчивых, эффективных и экологически чистых систем электроснабжения, которые будут играть важную роль в будущем энергетическом ландшафте.

Инновации в сфере электроснабжения оказывают значительное влияние на экономику и общество, стимулируют экономическое развитие, создавая новые отрасли и рынки, тем самым, увеличивая производительность и конкурентоспособность. Также новые технологии в электроснабжении требуют квалифицированных специалистов, что способствует созданию новых рабочих мест и снижению безработицы. Инновации помогают сократить выбросы загрязняющих веществ и уменьшить потребление природных ресурсов, тем самым способствуя экологической устойчивости, а также, улучшение электроснабжения повышает качество жизни, обеспечивает доступ к надёжной и доступной энергии для всех слоёв населения, что играет ключевую роль в социальном благополучии. Таким образом, инновации в электроснабжении играют важную роль в формировании более процветающего и устойчивого общества.

Принципиально важную роль в развитии инноваций в сфере электроснабжения, играет государственная политика. Она определяет стратегические направления и создаёт условия для инновационного роста, такие как, финансирование исследований, государства, может направлять значительные ресурсы на исследования и разработки в области энергетики, что является основой для технологических инноваций. Предоставление налоговых льгот и субсидий для инновационных проектов компаний стимулируют разработку и внедрение новых технологий, государственные стандарты и нормативы способствуют внедрению передовых технологий и повышению энергоэффективности. Также государство может облегчить процесс коммерциализации инноваций, помогая, переводить исследования из лаборатории в реальности сектора экономики специалистов, обеспечивают наличие квалифицированных работников для инновационной индустрии. Государство может способствовать обмену знаниями и технологиями через международные партнёрства и соглашения. Все эти меры помогают

создать благоприятную среду для развития инновационной активности и являются ключевыми для достижения прогресса в области электроснабжения [1, 2].

В заключение, стоит отметить, что, инновации в сфере электроснабжения открывают новые горизонты для устойчивого развития общества и экономики. Развитие технологий возобновляемой энергии, умных сетей и систем хранения энергии способствует повышению эффективности и надежности энергосистем. Государственная политика и международное сотрудничество играет ключевую роль в поддержке инновационных исследований и коммерциализации новых решений. Перед отраслью стоят задачи интеграции новых технологий, в обеспечении безопасности и доступности электроснабжения, а также в сокращении негативного воздействия на окружающую среду предполагается, что в будущем, существует тенденция к развитию распределённого производства энергии, цифровизация энергетических систем и широкого применения искусственного интеллекта для оптимизации работы энергосетей.

Таким образом, инновации в электроснабжении не только обеспечивают ответы на современные вызовы, но и создают основу для динамичного и устойчивого развития долгосрочной перспективе.

\*\*\*

1. Перспективы инновационного развития электроэнергетики // КиберЛенинка-научная электронная библиотека URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-innovatsionnogo-razvitiya-elektroenergetiki> (дата обращения: 15.05.2024).
2. Инновационные направления развития электроэнергетики в российской Федерации // КиберЛенинка-научная электронная библиотека URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-napravleniya-razvitiya-elektroenergetiki-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 15.05.2024).

**Колистратов М.В.<sup>1,2</sup>, Погребинская М.Н.<sup>2</sup>**

**Проблемы безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей**

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

<sup>2</sup>Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-06-2024-905

#### **Аннотация**

В данной статье рассматриваются проблемы, связанные с безопасной эксплуатацией взрывозащищенных электродвигателей. Обсуждаются технические аспекты и особенности, требования к оборудованию. Раскрывается важность проведения электротехнической экспертизы, с целью предотвращения возможных аварийных ситуаций и не допустить повреждений оборудования. Акцент делается на профилактических мерах и наиболее распространенных проблемах, с которыми сталкиваются при эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей.

**Ключевые слова:** взрывозащищенные электродвигатели, стандарты, экспертиза, взрывоопасные среды, сертификация.

#### **Abstract**

This article discusses the problems associated with the safe operation of explosion-proof electric motors. Technical aspects and features, equipment requirements are discussed. The importance of conducting an electrotechnical examination is revealed in order to prevent possible emergencies and prevent damage to equipment. The focus is on preventive measures and the most common problems encountered when operating explosion-proof electric motors.

**Keywords:** explosion-proof electric motors, standards, expertise, explosive atmospheres, certification.



Взрывозащищенные электродвигатели представляют собой ключевой элемент в системах, предназначенных для работы в условиях повышенного риска взрыва: на промышленных объектах и в местах с наличием взрыво- и пожароопасных веществ. Несмотря на свою специализированную конструкцию, характеризующуюся использованием материалов и компонентов, способных выдерживать воздействие взрывных факторов, взрывозащищенные электродвигатели подвержены ряду проблем, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Эти проблемы представляют собой неправильное функционирование электродвигателей из-за износа компонентов, неполадок в системе охлаждения или подаче смазки, а также различные нарушения в работе электрических цепей. В результате таких проблем может возникнуть снижение эффективности работы электродвигателя или прекращение его работы, что может отразиться на производительности всей системы и безопасности окружающей среды.

Взрывозащищенное электротехническое изделие (электротехническое устройство, электрооборудование) – электротехническое изделие (электротехническое устройство, электрооборудование) специального назначения, которое выполнено таким образом, что устранена или затруднена возможность воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого изделия.

Согласно ГОСТу 18311-80 от 30.12.1980, выделяют разные виды взрывозащищенных электротехнических изделий:

- Электротехническое изделие повышенной надежности против взрыва – такое взрывозащищенное электротехническое изделие (электротехническое устройство, электрооборудование), в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме его работы.
- Взрывобезопасное электротехническое изделие – такое взрывозащищенное электротехническое изделие (электротехническое устройство, электрооборудование), в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты.
- Особовзрывобезопасное электротехническое изделие – такое взрывозащищенное электротехническое изделие (электротехническое устройство, электрооборудование), в котором по отношению к взрывобезопасному электротехническому изделию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. [2]

Взрывозащищенный электродвигатель — это электродвигатель, специально сконструированный и изготовленный для работы в условиях, где существует опасность взрыва или воспламенения газов, паров, жидкостей или пыли. Такие двигатели обладают особыми характеристиками и мерами безопасности, чтобы предотвратить возгорание или взрыв в опасной среде.

Характеристики электродвигателей, обеспечивающих защиту от взрывов, включают в себя следующие аспекты:

- Защиту от искрения и горения, например, за счет специальной конструкции обмоток и изоляции;
- Использование специальных материалов и компонентов, устойчивых к химическим воздействиям;
- Герметичность, чтобы предотвратить проникновение вредных веществ внутрь двигателя;
- Особые меры охлаждения, чтобы предотвратить перегрев и возгорание внутри двигателя;

- Соблюдение определенных стандартов и нормативов, утвержденных для безопасности взрывозащищенного оборудования.

Среди способов обеспечения безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей можно выделить те, что обязательны для исполнения, и те, которые носят рекомендательный характер. Рассмотрим их по порядку.

Одним из наиболее очевидных вариантов решения описанной проблемы является экспертиза взрывозащищенных электродвигателей. Поскольку неполадки в работе взрывозащищенных электродвигателей могут иметь серьезные последствия, экспертиза данных устройств является одной из необходимых мер для обеспечения их безопасного и эффективного функционирования. Такие экспертизы обычно предполагают проверку состояния компонентов электродвигателя, анализ электрических параметров и проверку соответствия спецификациям и нормативным требованиям, чтобы предотвратить возможные аварийные ситуации и обеспечить непрерывную работу оборудования.

Экспертиза электродвигателя представляет собой одну из форм электротехнической экспертизы. Ее основная задача заключается в оценке текущего технического состояния устройства, выявлении повреждений, проверке соответствия спецификациям оборудования, а также расследовании других возможных проблемных аспектов.

Экспертиза электродвигателей применяется в ряде ситуаций:

- В случае неполадок или выхода из строя электродвигателя;
- В рамках судебных и внесудебных экспертиз для определения ответственности за повреждения и взыскания компенсации;
- Для предотвращения будущих повреждений оборудования;
- При подозрениях о несоответствии техническим характеристикам;
- Часто используется для предъявления претензий или исков к поставщикам или производителям электродвигателей;
- При возникновении претензий относительно качества поставляемых электродвигателей.

Решением Комиссии Таможенного союза № 825 от 18 октября 2011 года утвержден технический регламент ТР ТС 012/2011 "О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах". Целью данного регламента является обеспечение свободного перемещения соответствующего оборудования по единой таможенной территории Таможенного союза. [1, 3]

Под действие ТР ТС 012/2011 попадают различные группы оборудования, включая взрывозащищенное электрооборудование, рудничное взрывозащищенное электрооборудование, электрооборудование для взрывоопасных газовых сред, оборудование для зон с горючей пылью, неэлектрическое оборудование для потенциально взрывоопасных сред, электрооборудование с оболочками и ограничением температуры поверхности, а также электрооборудование с особым видом взрывозащиты.

Сертификационные процедуры в отношении данной категории устройств реализуются на основе следующих схематических подходов:

- 1с – предназначен для серийного производства;
- 3с – применяется для партийных изделий;
- 4с – предусматривается для индивидуальных установок.

Исследования установок данного типа осуществляются в аккредитованных испытательных лабораториях. Однако, в случае, когда особенности изготовления или монтажа установки не допускают проведение испытаний в стандартных лабораторных условиях, они подвергаются тестированию на месте эксплуатации.

Тестирование проводится с учетом следующих параметров:

- Соответствие конструктивным характеристикам;
- Обеспечение взрывобезопасности в рамках рабочих условий и в случае возникновения аварийных ситуаций;

- Контроль температурных характеристик поверхности установки;
- Гарантирование предотвращения риска воспламенения;
- Устойчивость к воздействию внешних агентов;
- Возможность безопасного ручного отключения оборудования и прочие параметры.

Взрывозащищенные электродвигатели также обладают различными климатическими характеристиками, которые определяются их приспособленностью к различным условиям эксплуатации. Несоответствие этих характеристик условиям использования может стать причиной неисправностей. [4]

Кодификация климатических исполнений включает в себя следующие обозначения:

- S1 указывает на стандартный характер режима эксплуатации, характеризующийся постоянной нагрузкой;
- У обозначает умеренный климат, что предполагает средние температурные условия в окружающей среде;
- ХЛ соответствует холодному климату, подразумевая низкие температуры эксплуатации;
- Т означает тропический климат, где климатические условия характеризуются высокими температурами и высокой влажностью.

Полученные в ходе экспертизы результаты фиксируются в специальном протоколе, на основании которого аккредитованное учреждение выдает соответствующий сертификат.

Возможны также и другие решения описанной проблемы.

Среди прочих технологических решений, предназначенных для обеспечения безопасности и надежности эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей, особое внимание следует уделить внедрению систем умных датчиков для мониторинга ключевых параметров функционирования. Эти датчики способны анализировать различные аспекты работы электродвигателя: температурные режимы, электрические характеристики и вибрационные показатели.

Применение таких датчиков позволяет осуществлять раннее выявление потенциальных отклонений в работе оборудования, которые могут служить предвестниками возможных аварийных ситуаций. Это обеспечивает оперативное реагирование на возникающие проблемы и позволяет предпринять необходимые корректирующие меры до того, как неполадки приведут к серьезным нарушениям работы электродвигателя. Внедрение системы умных датчиков не только повышает уровень безопасности эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей, но и способствует оптимизации процесса обслуживания и управления техническим состоянием оборудования. [5]

Необходимо также анализировать реальную эксплуатационную надежность электродвигателя. В случае выявления снижения надежности ниже нормального уровня, пропорционального обычному ресурсу электродвигателя, следует стремиться к повышению надежности взрывозащищенного электродвигателя. Один из методов для достижения этой цели заключается в использовании теплопроводных полимерных компаундов в качестве упрочняющей среды для обмоток. Применение специальных компаундов в изготовлении взрывозащищенных электродвигателей представляет собой решение сразу нескольких проблем: защиту электрической изоляции обмоток статора от воздействия внешней среды, усиление механической прочности обмоток, особенно их фронтальной части и зоны вывода проводников из статорного пакета, а также значительное снижение воздействия вибромеханического износа на долговечность электрической изоляции. Это также способствует снижению температуры нагрева электродвигателей за счет увеличения интенсивности отвода тепла высокотеплопроводным компаундом и уменьшения воздействия теплового износа электрической изоляции на их долговечность. Кроме того, это позволяет уменьшить свободный объем в оболочке и повысить безопасность взрывозащищенного электродвигателя.

Использование компаундов в качестве конструктивного элемента во взрывозащищенных электродвигателях может способствовать разработке и реализации концепции нового вида взрывозащиты, основанной на диссипативных свойствах взрывчатых смесей, что приводит к значительному увеличению надежности взрывозащищенных электродвигателей (в 1,7 - 2,5 раза). [6]

Принимая во внимание перечисленные аспекты, представляется возможным заключить, что для решения проблем безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей необходим комплексный подход. Важным аспектом в нем является разработка и внедрение новых методов и технологий, направленных на повышение надежности и безопасности взрывозащищенных электродвигателей. Для решения описанных проблем также необходимо проведение экспертизы взрывозащищенных электродвигателей перед началом их эксплуатации и в дальнейшем с целью выявления потенциальных проблем и недостатков в их работе.

\*\*\*

1. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 825 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»».
2. ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий (с Изменениями N 1, 2), Электротехника. Термины и определения. Часть 1: Сб. стандартов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005 год.
3. ТР ТС 012/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», Официальный сайт Комиссии таможенного союза [www.tsouz.ru](http://www.tsouz.ru), 21.10.2011.
4. СТО Газпром 2-2.3-057-2006 «Методика по продлению срока безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей».
5. Аниканов А. Н. Экспертиза промышленной безопасности взрывозащищенных электродвигателей на примере электродвигателя ВАСО 16–14–24 аппарата воздушного охлаждения газа / А. Н. Аниканов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 19 (99). — С. 109-112. — URL: <https://moluch.ru/archive/99/22341/> (дата обращения: 28.04.2024).
6. Разгильдеев Г. И., Ефременко В. М., Баранов С. Д. Взрывозащищенные электродвигатели высокой эксплуатационной надежности // Вестник КузГТУ. 2004. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzryvozaschisnnye-elektrodvigateli-vysokoy-ekspluatatsionnoy-nadezhnosti> (дата обращения: 28.04.2024).

**Патунин В.А., Вассунова Ю.Ю.**

**Применение микроконтроллеров в энергетических объектах**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-06-2024-906

#### **Аннотация**

В данной статье рассматривается применение микроконтроллеров в энергетических объектах. Микроконтроллеры играют ключевую роль в автоматизации и мониторинге энергетических систем, обеспечивая эффективное управление и контроль за процессами производства, распределения и потребления энергии.

**Ключевые слова:** микроконтроллеры, энергетические объекты, автоматизация, мониторинг, управление энергией, преимущества, интеграция, развитие технологий.

#### **Abstract**

This article discusses the use of microcontrollers in energy facilities. Microcontrollers play a key role in the automation and monitoring of energy systems, providing efficient management and control of energy production, distribution and consumption processes.

**Keywords:** microcontrollers, energy facilities, automation, monitoring, energy management, benefits, integration, technology development.

В современном мире энергетические объекты играют важную роль в обеспечении электроэнергией различных отраслей экономики. С ростом потребности в устойчивом и эффективном энергопотреблении, применение микроконтроллеров в энергетических системах становится все более актуальным. В данной статье мы рассмотрим перспективы использования микроконтроллеров в энергетических объектах и оценим их влияние на эффективность и надежность систем.

Микроконтроллеры представляют собой компактные интегральные микросхемы, которые включают в себя основные элементы цифровой электроники, необходимые для работы различных устройств и систем. Они обладают встроенным процессором (обычно архитектуры RISC или CISC), оперативной и постоянной памятью, а также разнообразными периферийными устройствами, такими как аналогово-цифровые преобразователи, таймеры, интерфейсы ввода-вывода и другие.

Они обеспечивают обработку данных и управление исполнительными устройствами в электронных системах, позволяя осуществлять различные функции, такие как управление, мониторинг, обработка сигналов, управление энергопотреблением и многое другое.

Их компактный размер, низкое энергопотребление, высокая производительность и возможность автономной работы делают микроконтроллеры идеальным выбором для широкого спектра приложений в различных областях, включая автомобильную промышленность, медицинское оборудование, бытовую технику, промышленные устройства, робототехнику, умные дома, IoT-устройства и многие другие.

Микроконтроллеры обладают небольшим размером, низким энергопотреблением и невысокой стоимостью, что делает их идеальным решением для встраиваемых систем и устройств. Они широко применяются в автомобильной промышленности, бытовых приборах, медицинском оборудовании, телекоммуникационных устройствах, промышленных автоматизированных системах и других областях.

Встроенная программная логика позволяет микроконтроллерам выполнять различные задачи, такие как обработка данных, управление внешними устройствами, работа с сенсорами, коммуникация с другими устройствами и многое другое. Программирование микроконтроллеров может осуществляться на различных языках программирования, таких как C, C++, Assembly и других.

Интерфейсы такие как UART, SPI, I2C, аналоговые и цифровые входы/выходы позволяют микроконтроллерам взаимодействовать с внешними устройствами и средами. Также существуют специализированные микроконтроллеры с различными функциями и возможностями, такими как управление шаговыми двигателями, радиочастотная и инфракрасная связь и другие.

Преимущества применения микроконтроллеров в энергетических объектах:

1. Улучшение энергоэффективности: Микроконтроллеры позволяют оптимизировать и контролировать энергопотребление в реальном времени. Они могут анализировать данные о потребляемой энергии и предлагать оптимальные решения по снижению энергозатрат.
2. Увеличение надежности системы: Микроконтроллеры способны мониторить и контролировать работу различных компонентов энергетической системы. Они могут обнаруживать неисправности и автоматически переключаться на резервные режимы работы, что повышает надежность системы и снижает время простоя.
3. Удобство управления и мониторинга: Микроконтроллеры позволяют удаленно управлять энергетическими системами и мониторить их работу через различные интерфейсы, включая сеть Интернет. Это облегчает процесс управления и позволяет оперативно реагировать на любые изменения.

Примеры применения микроконтроллеров в энергетических объектах:

1. Автоматизация и управление электроэнергетическими сетями: Микроконтроллеры могут контролировать и оптимизировать передачу и

- распределение электроэнергии в энергосистеме, обеспечивая более эффективное использование ресурсов и снижение потерь.
2. Управление и мониторинг энергопотребления в зданиях: Микроконтроллеры могут управлять и мониторить электросети зданий, регулировать освещение, отопление и охлаждение, а также предотвращать перегрузки и повышение энергопотребления.
  3. Контроль и оптимизация работы альтернативных источников энергии: Микроконтроллеры позволяют контролировать и управлять генерацией электроэнергии из солнечных батарей, ветряных установок и других альтернативных источников, обеспечивая максимальную эффективность и стабильность работы.

Будущее применения микроконтроллеров в энергетических объектах обещает быть захватывающим и инновационным. С развитием технологий и появлением новых концепций, микроконтроллеры будут играть все более важную роль в обеспечении более эффективного, устойчивого и интеллектуального управления энергетическими системами.

Одним из ключевых трендов, который будет определять будущее применения микроконтроллеров, является интеграция с другими передовыми технологиями, такими как искусственный интеллект, интернет вещей (IoT), блокчейн и др. Эти технологии позволят создавать более интеллектуальные и автоматизированные энергетические системы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям и потребностям.

Интернет вещей (IoT) будет играть значительную роль в будущем применения микроконтроллеров в энергетических объектах. С помощью IoT, микроконтроллеры смогут связываться между собой и с другими устройствами, обмениваться данными и принимать решения на основе анализа больших объемов информации. Это позволит создавать умные сети электроснабжения, способные оптимизировать расход энергии и предотвращать аварийные ситуации.

Искусственный интеллект (ИИ) также будет играть важную роль в будущем энергетических систем, особенно в сочетании с микроконтроллерами. С помощью ИИ, микроконтроллеры смогут проводить анализ больших объемов данных, принимать решения на основе прогнозов и оптимизировать энергопотребление для повышения эффективности и снижения затрат.

Благодаря развитию энергии ветра, солнца и других возобновляемых источников энергии, микроконтроллеры также будут играть ключевую роль в контроле и управлении производством электроэнергии. Они смогут оптимизировать работу альтернативных источников, обеспечивая стабильность и надежность энергетических систем.

Таким образом, будущее применения микроконтроллеров в энергетических объектах обещает быть наполненным новыми технологиями, инновациями и возможностями для создания более устойчивых и эффективных энергетических систем. Это позволит совершить огромный шаг вперед в развитии современной энергетики и создании умного и экологически чистого энергетического будущего.

\*\*\*

1. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Том 1. / Пер. с англ. под ред.И.И. Шагурина и С.Б. Лужанского. М.: Постмаркет. 2001. 416 с.
2. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Том 2. / Пер. с англ. под ред.И.И. Шагурина и С.Б. Лужанского М.: Постмаркет, 2001. 488 с.
3. Белов А.Б. Конструирование устройств на микроконтроллерах / Наука и Техника, 2005. 255.





**LJournal**

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
№110, Июнь 2024**

Часть 6

Подписано в печать 25.06.2024. Тираж 400 экз.  
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.12,43  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович