

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

№102, Октябрь 2023  
(Часть 5)



Самара, 2023

T33

**Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №102, Октябрь 2023 (Часть 5) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 212 с.**

**doi:** 10.18411/trnio-10-2023-p5

**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

**Аширапов Баходурджон Пулотович**

Кандидат филологических 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 XVII. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА</b> .....	9
<b>Анненко А.Д., Хатхоху Е.И.</b> Методологии оценки рисков динамических сред на примере «умного дома» .....	9
<b>Быков Е.Ю.</b> Ключевые преимущества микропроцессорных устройств.....	11
<b>Винтайкина Д.А.</b> Оценка эффективности использования React для создания современных веб-приложений .....	14
<b>Грибков В.А.</b> Основные протоколы безопасности, используемые в VPN, и их роль в защите информации .....	17
<b>Казьмин Д.А.</b> Проблемы внедрения SIEM-систем.....	19
<b>Конобраткина В.А.</b> Ключевые тенденции развития имитационных подходов в современных вычислительных системах .....	22
<b>Коновалов Г.Г.</b> Измерение качества чистого кода: метрики и инструменты анализа .....	25
<b>Кузнецова А.А.</b> Использование категориальных данных для уменьшения объема памяти, необходимой для работы алгоритмов .....	28
<b>Мустафин И.И., Богачева А.А.</b> Применение ИИ в системах управления космическими аппаратами.....	30
<b>Нажимова Н.А., Токарев С.В.</b> О важности понимания работы нейронной сети без готовых «библиотечных решений».....	33
<b>Полякова И.С.</b> Алгоритм сравнения двух чисел, основанный на месте нуля в числе.....	36
<b>Столяров И.С., Филимонова Т.К.</b> Разработка программного обеспечения для обработки заказов по сборке электрораспределительного оборудования.....	39
<b>Сулейманова Т.З.</b> Искусственный интеллект как одно из самых значимых достижений научно-технического прогресса XXI века .....	41
<b>Шапкарина Е.И.</b> Наше криптографическое прошлое: первые шифры и их особенности .....	43
<b>Эркенова М.У., Зюзина Д.П.</b> Пример создания тропического домика в BLENDER.....	46
<b>Яровой Р.В., Рябов Г.А., Изотов Д.Ю.</b> Сравнение и анализ подходов к обнаружению вредоносного программного обеспечения: оценка эффективности и применимости .....	48
<b>РАЗДЕЛ XVIII. МАТЕМАТИКА</b> .....	52
<b>Антоновская О.Г., Бесклубная А.В.</b> Исследование синхронизации квазигармонического осциллятора с квадратичным трением.....	52
<b>РАЗДЕЛ XIX. МАШИНОСТРОЕНИЕ</b> .....	57
<b>Колтаков А.А., Юршин Н.С., Куделькин В.А.</b> Результаты математического эксперимента по определению параметров материалов вибро-звукозащитного комплекса для специальных машин .....	57
<b>Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б.</b> Многокритериальная оптимизация методом ранжирования при выборе средств шумоизоляции на электросварочном производстве.....	59

<b>Синицын С.А., Шумейко Г.С.</b> Прочностной расчет герметичных клепаных соединений с учетом действующих усилий и длительного воздействия окружающей среды.....	64
<b>РАЗДЕЛ XX. НАНОТЕХНОЛОГИИ</b> .....	68
<b>Князев А.А.</b> Прогресс в нанoeлектронных устройствах: от транзисторов до квантовых точек .....	68
<b>Куликова Е.М.</b> Перспективы и инновации в области материаловедения для гидрокостюмов .....	71
<b>Куликова Е.М.</b> Применение инновационных методов синтеза и модификации для материалов, подходящих для экстремальных условий эксплуатации.....	74
<b>РАЗДЕЛ XXI. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ</b> .....	78
<b>Гайнанов И.И.</b> Оптимизация эксплуатации нефтегазовых скважин за счет инновационных решений в конструкции труб .....	78
<b>Гайнанов И.И.</b> Роль и принципы работы газопоршневых станций .....	80
<b>Конобраткина В.А.</b> Дефекты вальцовочных соединений и рекомендации для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации оборудования .....	83
<b>РАЗДЕЛ XXII. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ</b> .....	87
<b>Чеботарь И.Т., Мельник В.Н., Басыня В.А., Вахненко И.В.</b> Актуальные решения в средствах связи, мониторинга и навигации беспилотных летательных аппаратов .....	87
<b>РАЗДЕЛ XXIII. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ</b> .....	90
<b>Богачева А.А., Мустафин И.И.</b> Энергосберегающие технологии в системах управления космическими аппаратами .....	90
<b>Походина М.А.</b> «Глобальные проблемы водных ресурсов и их воздействие на региональные экосистемы».....	93
<b>РАЗДЕЛ XXIV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	95
<b>Белый В.А., Крынкина К.Д., Гребнева О.А.</b> Анализ существующих программных комплексов для оценки энергоэффективности зданий .....	95
<b>Гилев М.А.</b> Современные робототехнические системы .....	97
<b>Гусарова О.Ф., Синицын С.А., Шумейко Г.С.</b> Прочностной и геометрический расчет продольных и поперечных швов герметичных клепаных сосудов высокого давления .....	100
<b>Дидыч В.А., Ильченко Я.А., Нагучев З.Х.</b> Моделирование функций роста в программном комплексе Maxima. ....	104
<b>Колтаков А.А., Юршин Н.С., Куделькин В.А.</b> Методика расчета резиновых виброзащитных систем методом вибродемпфирования .....	109
<b>Колтаков А.А., Юршин Н.С., Куделькин В.А.</b> Общая характеристика источников звуковой вибрации сложных энергетических систем специального назначения .....	112
<b>Коннов И.А.</b> Применение современных инструментов и технологий для более точного прогнозирования заводнения.....	116

<b>Коннов И.А.</b> Технологии и стандарты для обеспечения безопасности строений в чрезвычайных ситуациях .....	119
<b>Лепешинский И.А., Зотикова П.В.</b> Способ расчета поля топливо–воздушной смеси в форсажной камере с использованием дополнительного параметра. ....	121
<b>Непомилова А.Ю., Гребнева О.А.</b> Исследование способов повышения эффективности использования временных зданий и сооружений в условиях Крайнего севера .....	126
<b>Пряхин В.Н., Любимова А.В., Карапетян М.А., Горюнова Е.А.</b> Управление информационной безопасности и моделирование систем и технологий производства .....	128
<b>Ринас Н.А., Буркова А.Г.</b> Проблемы и перспективы использования автоматизированных систем управления в сельском хозяйстве .....	134
<b>Рожкова Е.А.</b> «Луна-25» покорена гравитацией: последствия крушения миссии РОСКОСМОСА.....	136
<b>Рожкова Е.А.</b> Передовые материалы и производственные инновации для аэрокосмической отрасли .....	139
<b>Самойлова А.Р., Непомилова А.Ю., Гребнева О.А.</b> Исследование способов снижения тепловых потерь в системах теплоснабжения при подземной прокладке трубопроводов ....	141
<b>Суфиянов Р.Ш.</b> Применение алюминия в автомобилестроении.....	144
<b>Тимофеев В.Н., Надеждина О.А.</b> Особенности конструкции и работы терморегуляторов прямого и непрямого действия.....	147
<b>Тихонов Н.Ф.</b> Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей.....	151
<b>Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А., Гусев С.С.</b> Технологический процесс ремонта деталей двигателя.....	154
<b>Шамкаева А.Р.</b> Анализ основных принципов, подходов и компонентов обеспечения безопасности системы охраны труда .....	159
<b>Шамкаева А.Р.</b> Основы безопасности объектов опасно-химической промышленности ....	161
<b>РАЗДЕЛ XXV. ФИЗИКА</b> .....	166
<b>Кошман В.С.</b> Космология: факты истории, законы физики и замкнутая система «наша Вселенная – окружающая космическая среда».....	166
<b>Кузина Н.А.</b> Новый лабораторный практикум по физике с применением информационных технологий.....	171
<b>РАЗДЕЛ XXVI. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА</b> .....	175
<b>Лаврин М.С.</b> Анализ различных топологий линейных стабилизаторов.....	175
<b>Лаврин М.С.</b> Роль энергосбережения и рационального использования электрической энергии .....	178
<b>Туев Д.Д.</b> Оптимизация процесса электродиспергирования .....	181
<b>РАЗДЕЛ XXVII. ЭНЕРГЕТИКА</b> .....	185
<b>Дерягин В.В.</b> Ключевые методы энергомоделирования.....	185
<b>Кирдина А.В.</b> Влияние белых кровельных покрытий на теплорегуляцию и энергетическую эффективность зданий.....	187

<b>Кирдина А.В.</b> Технические аспекты, влияющие на эффективность системы вентиляции ...	190
<b>Маслов Д.П.</b> Интеграция распределенной генерации энергии .....	192
<b>Маслов Д.П.</b> Примеры применения устройств FACTS в различных энергетических системах .....	195
<b>Назаров А.В.</b> Оптимизация воздухораспределения для достижения оптимального качества вентиляции.....	198
<b>Назаров А.В.</b> Преимущества инновационной технологии рекуперации тепла .....	200
<b>Парамонова А.О.</b> Материалы и технологии, которые способствуют оптимизации потребления энергии .....	203
<b>Парамонова А.О.</b> Технологии утилизации тепла оборотной воды .....	206



## РАЗДЕЛ XVII. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Анненко А.Д., Хатхоху Е.И.

Методологии оценки рисков динамических сред на примере «умного дома»

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
аграрный университет имени академика И. Т. Трубилина»  
(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-238

### Аннотация

В данной статье даны определения динамическим средам и понятию «Интернет вещей» (IoT), приведены их особенности и сферы распространения, собраны различные методологии оценки рисков динамических экосистем. В статье присутствуют описания разработок российских и зарубежных ученых в сфере ИКТ.

**Ключевые слова:** динамические среды, «умный дом», интернет вещей, экосистемы, методологии оценки рисков.

### Abstract

This article defines dynamic environments and the concept of “Internet of Things” (IoT), describes their features and areas of distribution, and collects various methodologies for assessing the risks of dynamic ecosystems. The article contains descriptions of the developments of Russian and foreign scientists in the field of ICT

**Keywords:** dynamic environments, smart home, Internet of things, ecosystems, risk assessment methodologies.

Динамические среды характеризуются изменениями в их архитектуре, потоках данных и операционных процессах. Такие изменения могут появляться периодически, постоянно или вызываться событиями. Интернет вещей (IoT) является типичным примером такой среды, реализуемой в различных экосистемах, таких как «умные дома», электронное здравоохранение, автомобильные сети, облачные вычисления и мобильная связь. Эта динамичность, наряду с возросшей взаимосвязанностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками, увеличивает поверхность покрытия таких экосистем.

«Умный дом» — это типичный экземпляр динамичной экосистемы, в которой проникновение ИКТ (информационно-коммуникационная технология) весьма значимо, поскольку несколько типов подключенных устройств и локально или удаленно развернутых услуг используют ИКТ. Во многих работах в литературе представлены определения понятия «умный дом». «Умные дома» можно определить с социальной или технической точки зрения. Первое описывает влияние «умного дома» на человеческие и социальные потребности, а второе описывает системы, процессы, услуги и интеллектуальные устройства, которые подключены для облегчения контроля над экосистемой дома. «Умный дом» способен поддерживать разнообразные компоненты и объекты, такие как коммунальные услуги, инфраструктуру и стороннее программное или аппаратное обеспечения. Из-за такого разнообразия поверхность атаки на «умный дом» быстро увеличивается, поскольку появляется больше уязвимостей безопасности, что открывает путь к ненадежной и незащищенной экосистеме. С этой целью Агентство Европейского Союза по кибербезопасности выявило потенциальные угрозы и предложило передовые методы их смягчения.

Существующие методы оценки риска в основном подходят для статических сред и систем.

Динамические среды, подобные описанной выше, требуют методов оценки рисков, способных справиться с частыми изменениями в окружающей среде.

В литературе появилось несколько методологий оценки риска для динамических сред. Меррик и др. предложили метод моделирования рисков на морском транспорте. Авторы рассмотрели моделирование, экспертные оценки и доступные данные и предложили метод, который обрабатывает множество сценариев, отражающих прошлые, настоящие и будущие процедуры работы ИКТ-систем судна.

Пулсаппасит и др. разработали структуру динамического управления рисками, которая использует байесовские графики атак для решения проблем безопасности в сетевой системе. [1]

Пуппала и др. предложили систему динамической оценки рисков, использующую улучшенный граф атак для оценки рисков в облачных вычислениях, и предложили соответствующие методы их снижения. Авторы использовали общую систему оценки уязвимостей, чтобы инициировать оценку каждого узла в графе атак.

Методология динамической оценки рисков для IoT, основанная на методе динамической оценки рисков AIS (DRAMIA) для IoT, состоит из агентов обнаружения атак и подсистем динамической оценки риска, которые используют принципы иммунной системы для смены детекторов атак и оценки риска в соответствии с результатами обнаружения всех агентов.

Наумов представил динамическую структуру для оценки киберрисков в постоянно меняющихся условиях. [2] Однако эта работа находится на стадии доработки.

Национальный технический орган по обеспечению информации Великобритании предложил стандарт оценки и обработки технических рисков, который позволяет оценивать риски в динамических системах или сервисах, компоненты которых регулярно модернизируются или заменяются. [3]

Механизм оценки киберрисков в режиме реального времени был также предложен в рамках проекта WISER-Wide-Impact Cyber Security. В частности, были разработаны машинно-надежные алгоритмы оценки рисков, чтобы облегчить идентификацию рисков в динамических средах. Эти алгоритмы принимают в качестве входных данных: бизнес-конфигурацию, оценку уязвимости, сетевые ограничения и уровень приложений среды для оценки киберриска. Вышеупомянутые механизмы риска в принципе можно использовать для оценки рисков в экосистеме умного дома.

Шифер продемонстрировал проблемы, которые создает анализ рисков при установке «умного дома» из-за гетерогенной природы устройств Интернета вещей.

Якобссон и др. применили подход к оценке рисков информационной безопасности на этапе разработки систем автоматизации «умного дома». Авторы определили девять рисков низкого и четыре высокого уровня и пришли к выводу, что люди представляют собой наибольшую подверженность риску в системах умной домашней автоматизации.

Методы моделирования и анализа атак были в центре внимания большого количества исследовательских работ по анализу киберугроз. Ченг и Цзи сравнили производительность различных моделей распространения вредоносного ПО посредством пространственно-временного случайного процесса, основанного на локальном взаимодействии узлов в сетях. Они пришли к выводу, что модель Маркова, которая включает в себя как подробную информацию о топологии, так и простую пространственную зависимость, дает лучшие общие результаты, чем другие проанализированные модели. [4] Одним из ограничений модели, предложенной Ченгом и Цзи, является то, что она конкретно не учитывает состояния, в которых можно наблюдать узлы. Ван и др. предложили модель Маркова с дискретным состоянием, которая предполагает, что узел сети может наблюдаться в одном из пяти следующих состояний: уязвимый, зараженный, помещенный в карантин, исправный и распространяющий.

Динамическая оценка рисков, адаптированная специально для среды «умного дома», рассматривается в рамках проекта EC GHOST-Safe — защита домашней среды IoT. В проекте предложена динамическая модель оценки рисков для обеспечения безопасности в реальном времени и оценки рисков текущих действий в сети «умного дома», которая может быть реализована с помощью механизма управления рисками в реальном времени. Следовательно, результаты оценки риска остаются действительными, поскольку двигатель способен

динамически выявлять изменения в среде и переоценивать риск с учетом этих изменений. Безопасность экосистемы «умного дома» изучалась в нескольких работах, направленных на выявление потенциальных уязвимостей, угроз и рисков в этой динамичной среде.

\*\*\*

1. Пулсаппасит Н., Деври Р., Рэй И. Динамическое управление рисками безопасности с использованием байесовских графиков атак. 2012, 9, 61–74.
2. Наумов С.; Кабанов И. Динамическая основа оценки рисков кибербезопасности в меняющейся среде. В материалах Международной конференции по информационным наукам и коммуникационным технологиям (ICISCT) 2016 г., Ташкент, Узбекистан, 2–4 ноября 2016 г.; стр. 1–4.
3. Дополнение к стандарту HMG IA № 1 и 2, дополнение к стандарту № 1 и 2 «Оценка технических рисков и обработка рисков»; Технический отчет; CEN: Лондон, Великобритания, 2012 г.
4. Ченг З.; Ци К. Пространственно-временное моделирование распространения вредоносного ПО в сетях. IEEE Транс. Нейронная сеть. 2005, 16, 1291–1303.

**Быков Е.Ю.**

### **Ключевые преимущества микропроцессорных устройств**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-239

#### **Аннотация**

Микропроцессоры – это ключевые компоненты электроники и информационных технологий, которые обеспечивают работу большинства современных устройств и систем. Статья охватывает широкий спектр применений микропроцессорных устройств, включая смартфоны, компьютеры, автомобили, бытовую технику, промышленное оборудование и многое другое.

**Ключевые слова:** микропроцессорные устройства, современные технологии, информационные технологии, автоматизация, смартфоны, компьютеры.

#### **Abstract**

Microprocessors are the key components of electronics and information technology that ensure the operation of most modern devices and systems. The article covers a wide range of applications of microprocessor devices, including smartphones, computers, cars, household appliances, industrial equipment and much more.

**Keywords:** microprocessor devices, modern technologies, information technology, automation, smartphones, computers.

В последние десятилетия микропроцессорные устройства стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Они значительно повлияли на прогресс в различных отраслях, привнесли новые возможности и улучшили качество жизни. Давайте рассмотрим некоторые из наиболее важных областей, в которых применение микропроцессорных устройств имеет революционное значение.

Микропроцессоры являются "мозгами" компьютеров и ноутбуков. С каждым поколением они становятся все мощнее и энергоэффективнее, что позволяет нам обрабатывать огромные объемы данных и выполнять сложные вычисления. Это приводит к появлению новых приложений и технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение, виртуальная и дополненная реальность.

Микропроцессоры стали ключевым элементом смартфонов, планшетов и других портативных устройств. Они обеспечивают быструю обработку данных, высокую производительность приложений и эффективное управление энергопотреблением. Мобильные технологии изменили способ, которым мы общаемся, работаем и развлекаемся.

Современные автомобили оснащены множеством микропроцессоров, которые контролируют двигатель, системы безопасности, информационно-развлекательные системы и другие аспекты функционирования. Это позволяет сделать автомобили более умными, безопасными и эффективными.

Микропроцессоры используются во многих бытовых устройствах, таких как холодильники, стиральные машины, посудомоечные машины и микроволновые печи. Они обеспечивают автоматизацию и контроль, что делает нашу повседневную жизнь более удобной. Микропроцессоры играют важную роль в автоматизации производственных процессов. Они позволяют создавать "умные" заводы, где роботы и компьютеры выполняют сложные задачи, повышая производительность и снижая риски.

В медицинской отрасли микропроцессоры используются в медицинской аппаратуре, устройствах для мониторинга здоровья, искусственных органах и технологиях для диагностики и лечения различных заболеваний.

Микропроцессоры используются для управления энергосистемами, такими как солнечные и ветровые установки, сетевые системы, счетчики и устройства умного дома, способствуя эффективному использованию энергии и снижению нагрузки на окружающую среду.

Применение микропроцессорных устройств охватывает множество областей человеческой деятельности, улучшая нашу жизнь и приводя к появлению новых технологий и инноваций. С развитием технологий и увеличением вычислительной мощности, ожидается, что микропроцессоры продолжат играть ключевую роль в формировании будущего прогресса и развития общества. Давайте рассмотрим основные преимущества этой технологии:

1. **Повышение производительности:** Микропроцессоры обладают высокой производительностью и способностью обрабатывать огромные объемы данных за короткое время. Это позволяет улучшить эффективность работы устройств и систем, что особенно важно для современных вычислительных задач и сложных технических процессов.
2. **Автоматизация и умные системы:** Микропроцессоры обеспечивают автоматизацию различных задач, что уменьшает человеческую зависимость и возможность ошибок. В результате, процессы становятся более точными, эффективными и надежными. Применение микропроцессорных устройств ведет к развитию умных систем и устройств, которые могут самостоятельно принимать решения и адаптироваться к изменяющимся условиям.
3. **Энергоэффективность:** Микропроцессоры становятся все более энергоэффективными, что позволяет уменьшить потребление электроэнергии в различных устройствах. Это особенно актуально для портативных устройств, таких как смартфоны и ноутбуки, где длительное время автономной работы становится возможным благодаря снижению энергопотребления микропроцессорами.
4. **Улучшение функциональности устройств:** Микропроцессоры позволяют значительно расширить функциональные возможности устройств. Современные смартфоны, например, оборудованы мощными микропроцессорами, которые позволяют запускать сложные приложения, обрабатывать мультимедийные данные и обеспечивать высокую скорость интернет-соединения.
5. **Влияние на образование:** Применение микропроцессорных устройств в образовании открывает новые возможности для учеников и преподавателей. Это позволяет создавать интерактивные учебные программы, обучающие робототехнике и программированию, а также расширить доступ к знаниям через электронные учебники и онлайн-курсы.
6. **Влияние на общество:** Микропроцессорные устройства сыграли ключевую роль в социокультурных изменениях. Они стали основой цифровой

революции, влияющей на способ связи, общения и работы. Применение микропроцессорных устройств способствует развитию информационного общества и содействует росту экономики.

Микропроцессорное устройство релейной защиты (MPU RZ) является устройством RZ, и его управляющая часть реализована на базе микропроцессорных компонентов (микроконтроллеров). В настоящее время MPU RZ является основным направлением развития системы защиты на перекрестках.

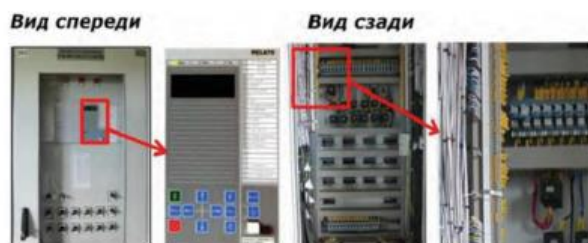


Рис. 1. Панели релейной защиты, оборудованные МП защитами

Рисунок 1.

На рисунке 1 показан внешний вид панели, которая включает в себя блок MPU RZ. В настоящее время внедрение MPU RZ стало одним из основных направлений развития устройств RZ. Это связано с тем, что в дополнение к основной задаче RC - устранению аварийного режима - новые технологии позволяют реализовать некоторые дополнительные функции, такие как:

- Возможность удаленного резервирования;
- Заблаговременно отключите потребитель синхронизации в случае нарушения стабильности системы;
- Экстренная регистрация.
- Отказ от статических и электромеханических реле больших размеров, что позволяет разместить на панели релейной защиты более компактное оборудование.

Основными недостатками MPU RZ являются:

- Высокая стоимость;
- Низкая ремонтпригодность.

Внутренние проверки предназначены для подачи сигналов и предотвращения срабатывания релейной защиты при выходе из строя их цепей, а не в электрических сетях энергетических компаний. Таким образом, надежность энергосистемы не повышается.



Рисунок 2 – Состав блоков микропроцессорной релейной защиты

Рисунок 2.

Поэтому MP RZ, цифровое реле (CR) или релейный терминал, широко используется в защите электроустановок не только в странах СНГ, но и за рубежом. MPU RZ в настоящее

время является областью активного развития в электроэнергетике. Но высокая надежность MPU RZ, заявленная производителем, не всегда соответствует действительности.

\*\*\*

1. Таненбаум Э., Бос Х. "Современные операционные системы". Перевод с англ. - СПб: Питер, 2019.
2. Петерсон Э., Дави Д. "Компьютеры и технологии". Москва: ДМК Пресс, 2018.

**Винтайкина Д.А.**

### **Оценка эффективности использования React для создания современных веб-приложений**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-240

#### **Аннотация**

В рамках исследования рассматриваются основные этапы разработки, структура проекта, преимущества и недостатки каждого подхода. Производится оценка эффективности использования React для создания современных веб-приложений.

**Ключевые слова:** веб-приложения, классический процесс, React, сравнение, разработка.

#### **Abstract**

The study examines the main stages of development, the structure of the project, the advantages and disadvantages of each approach. The effectiveness of using React to create modern web applications is evaluated.

**Keywords:** web applications, classic process, React, comparison, development.

В мире веб-разработки существует множество способов создания веб-приложений. Один из наиболее популярных подходов - это использование библиотеки React. Однако до появления React существовали классические способы создания веб-приложений. Классический процесс создания веб-приложений включает в себя следующие шаги:

- I. Разработка серверной части: Сначала разрабатывается серверная часть приложения, которая отвечает за обработку запросов от клиентов. Это может быть реализовано с использованием различных серверных технологий, таких как PHP, Ruby on Rails, Node.js и другие.
- II. Разработка клиентской части: После того как серверная часть готова, разрабатывается клиентская часть приложения. Это обычно включает в себя разработку HTML, CSS и JavaScript кода. JavaScript используется для создания интерактивности на стороне клиента.
- III. Обработка данных: Для обмена данными между клиентом и сервером обычно используется AJAX или Fetch API. Это позволяет асинхронно загружать данные без перезагрузки страницы.
- IV. Управление состоянием: Управление состоянием приложения может быть сложной задачей в классическом подходе. Часто разработчики используют глобальные переменные или куки для хранения состояния приложения.
- V. Обновление интерфейса: После получения данных с сервера, клиентская часть приложения обновляет интерфейс, чтобы отобразить новую информацию.

React - это популярная библиотека JavaScript, разработанная Facebook (*деятельность организации Meta Platforms Inc, ее продуктов Instagram и Facebook запрещена в Российской Федерации*), которая упрощает создание интерактивных пользовательских интерфейсов. Процесс создания веб-приложений с использованием React выглядит следующим образом:

1. Компонентная архитектура: В React приложении интерфейс разбивается на компоненты, которые могут быть многократно использованы. Каждый компонент отвечает за отображение определенной части интерфейса.



2. Управление состоянием: React предоставляет средства для удобного управления состоянием приложения. Состояние компонентов хранится локально, и React автоматически обновляет интерфейс при изменении состояния.
3. Виртуальный DOM: React использует виртуальное DOM (Virtual DOM) для оптимизации обновления интерфейса. Вместо обновления реального DOM при каждом изменении, React сначала обновляет виртуальный DOM, а затем эффективно применяет изменения к реальному DOM.
4. Разделение логики и представления: React позволяет разделять логику и представление компонентов, что делает код более чистым и поддерживаемым.
5. Современные инструменты: Сообщество React разработчиков активно работает над разработкой инструментов и библиотек, упрощающих разработку веб-приложений, таких как Redux для управления состоянием, React Router для навигации и многие другие.

Сравним оба подхода:

- Классический подход требует разработки как серверной, так и клиентской части приложения, что может занять больше времени и усилий.
- React упрощает создание интерфейса и управление состоянием приложения благодаря компонентной архитектуре и виртуальному DOM.
- В React разработчики могут использовать современные инструменты и библиотеки, что улучшает производительность и сопровождаемость кода.

Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретных требований проекта и опыта разработчиков. Однако React стал популярным выбором благодаря своей эффективности и удобству разработки, что делает его привлекательным вариантом для многих веб-приложений. В отличие от этого, веб-приложения не требуют установки дополнительного программного обеспечения на рабочую станцию. Существуют два главных подхода к разработке веб-приложений: классический подход и подход, использующий различные инструменты, такие как Angular, React, Vue и другие. Основная цель данной работы состоит в более подробном рассмотрении классического подхода и подхода, использующего библиотеку React, и их последующем сравнении для выявления их преимуществ и недостатков.

Классический метод разработки веб-приложений появился еще во времена начала Интернета. Он включает в себя написание файлов CSS и JavaScript, которые затем объединяются в HTML-документе. Несмотря на свой долгий возраст, этот подход все еще применяется из-за своей простоты в освоении. Однако с помощью данного метода сложно реализовать интерактивные веб-приложения, так как он больше подходит для статических страниц.

React - это библиотека JavaScript с открытым исходным кодом, разрабатываемая и поддерживаемая Facebook (*деятельность организации Meta Platforms Inc, ее продуктов Instagram и Facebook запрещена в Российской Федерации*). Она облегчает создание интерактивных пользовательских интерфейсов, эффективно обновляя и отображая только те компоненты, которые изменились при изменении данных. На сегодняшний день использование библиотеки React и связанных с ней пакетов является одним из наиболее популярных подходов к разработке веб-приложений. Было проведено сравнение данных методов разработки веб-приложений.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <title>Title</title>
6 </head>
7 <body>
8   hello world
9 </body>
10 </html>
```

Рисунок 1. Структура html документа.

Процесс создания минимальной страницы с содержимым различается для обоих подходов. Для классического подхода достаточно создать HTML-файл и задать структуру документа, как показано на рисунке 1. В случае использования библиотеки React для запуска базовой страницы потребуется выполнить несколько дополнительных шагов. Это включает установку Node.js, генерацию структуры приложения с помощью команды **create-react-app**, переход в созданный проект и запуск страницы через команду **npm start**.

```
const element = <div>Привет, React!</div>;
```

Рисунок 2. Синтаксис JSX.

Касательно создания и поддержки крупных веб-приложений, использование классического метода требует искусственного разделения технологий, размещая разметку и логику в разных файлах. Это усложняет создание динамических страниц из-за слабой связи между логикой и разметкой. Подход с использованием React рекомендует применение JSX, надстройки над JavaScript, которая позволяет легко понимать код и представлять DOM-модель, обеспечивая более четкое описание интерфейса.

React автоматически учитывает ключевые механизмы пользовательского интерфейса:

- Обработка пользовательских событий.
- Динамическое изменение состояний.
- Подготовка данных для последующей отрисовки на экране.

Для этого библиотека React использует компоненты, которые объединяют в себе как разметку, так и логику. Для вставки JavaScript кода в JSX достаточно обернуть его в фигурные скобки. Пример циклической подстановки элемента массива в тег `div` показан на рисунке 3.

```
render() {  
  const elements = ['React', 'Читатель', 'Друг'];  
  return elements.map( callback: (el, i) => <div key={i}>Привет {elements}</div>  
)
```

Рисунок 3. Внедрение JS кода в JSX.

Однако различия проявляются и в скорости отрисовки страниц. В классическом подходе при изменениях страница полностью перезагружается, так как приходят новые данные с сервера. Это приводит к перерисовке всей структуры страницы (DOM-дерева), что может занять много времени, особенно при наличии множества объектов.

С библиотекой React возможно создание интерактивных веб-приложений, которые выполняют множество действий и отвечают на них мгновенно. Все обновления данных происходят в режиме реального времени без полной перезагрузки страницы. Скорость работы React-приложения обеспечивается благодаря механизму, который отслеживает изменения элементов и обновляет только их, минимизируя затраты. Эффективность также обеспечивается виртуальным DOM-деревом - легковесной копией реального DOM. Вместо непосредственной работы с DOM, изменения вносятся в копию, а затем применяются к реальному DOM. Этот подход значительно увеличивает скорость работы, так как избегает сложных операций с реальным DOM.

В заключение, были рассмотрены два подхода к реализации веб-приложений: классический и с использованием библиотеки React. Проведено их сравнение на основе выбранных критериев. Хотя создание минимальной страницы проще и быстрее с классическим подходом, разработка и поддержка приложений с использованием React происходит более легко благодаря встроенным механизмам. React также обеспечивает более быструю отрисовку



страницы по сравнению с классическим подходом, что делает его более эффективным в разработке современных веб-приложений.

\*\*\*

1. Бэнкс, А. React и Redux: функциональная веб-разработка / А. Бэнкс, Е. Порселло. — Санкт-Петербург : Питер, 2018. — 336 с.
2. Стефанов, С. React.js. Быстрый старт / С. Стефанов. — Санкт-Петербург: Питер, 2017. — 304 с

**Грибков В.А.**

**Основные протоколы безопасности, используемые в VPN, и их роль в защите информации**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-241

**Аннотация**

В данной статье рассматривается важный аспект в области информационной безопасности - (VPN). Виртуальные частные сети являются мощным инструментом для обеспечения безопасности и конфиденциальности данных при передаче через открытые сети, такие как интернет. Статья охватывает основные протоколы безопасности, используемые в VPN, и их роль в защите информации от несанкционированного доступа и атак.

**Ключевые слова:** VPN, безопасность, протоколы, виртуальные частные сети, шифрование, туннелирование.

**Abstract**

This article discusses an important aspect in the field of information security - (VPN). Virtual private networks are a powerful tool for ensuring the security and confidentiality of data when transmitted over open networks such as the Internet. The article covers the main security protocols used in VPN and their role in protecting information from unauthorized access and attacks.

**Keywords:** VPN, security, protocols, virtual private networks, encryption, tunneling.

С ростом объема передаваемых данных и использования открытых сетей возрастает риск утечки информации и несанкционированного доступа к конфиденциальным данным. Виртуальные частные сети предоставляют эффективное решение для обеспечения безопасности данных путем создания защищенного канала связи между удаленными точками. Применение протоколов безопасности играет ключевую роль в обеспечении конфиденциальности и целостности данных в VPN. Основные протоколы безопасности для VPN:

1. IPsec (Internet Protocol Security): IPsec - один из наиболее распространенных протоколов безопасности, используемых в VPN. Он обеспечивает шифрование данных и аутентификацию пакетов данных, передаваемых по сети, что защищает информацию от перехвата и подмены.
2. SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security): SSL и его последующая версия TLS - это протоколы шифрования, используемые для обеспечения безопасной передачи данных через интернет. Они обеспечивают защиту данных путем создания защищенного туннеля между клиентом и сервером.
3. L2TP/IPsec (Layer 2 Tunneling Protocol/Internet Protocol Security): L2TP/IPsec - комбинация двух протоколов: L2TP для создания туннеля и IPsec для шифрования данных. Этот протокол широко применяется для удаленного доступа к корпоративным сетям.

4. OpenVPN: OpenVPN - это открытое программное обеспечение, которое обеспечивает гибкую и надежную VPN-связь. Он использует SSL/TLS для шифрования и может работать на различных операционных системах.

Протоколы безопасности играют решающую роль в обеспечении безопасности виртуальных частных сетей. Они обеспечивают конфиденциальность данных путем шифрования информации, аутентификацию пользователей и предотвращение несанкционированного доступа к сети. Применение этих протоколов обеспечивает высокий уровень безопасности и доверия в сети, что особенно важно при обмене конфиденциальными данными, такими как финансовая информация, медицинские записи и коммерческие секреты.

Применение протоколов безопасности при построении виртуальных частных сетей является необходимым условием для обеспечения безопасности и защиты данных в современном информационном обществе. VPN с применением соответствующих протоколов позволяет организациям обмениваться данными с высоким уровнем безопасности, независимо от расстояния между участниками обмена. Это делает VPN одним из наиболее эффективных средств обеспечения безопасной связи и защиты конфиденциальной информации в открытых сетях.

Альтернативой технологии VPN являются высокоскоростные выделенные линии, аренда которых обходится дорого и которыми сложно управлять и обслуживать. При использовании VPN, если узел или линия между маршрутизаторами выходят из строя, логическое соединение будет динамически восстановлено незаметно для пользователя. Использование Интернета в качестве основы для создания линий обеспечивает надежное обслуживание. Доступ к Интернету возможен даже в очень отдаленных местах. С помощью модемов и технологии VPN даже в этом случае может быть гарантирована высокая безопасность соединения. Мобильные пользователи не могут использовать выделенные линии для связи с корпоративными серверами, а это означает, что технология VPN является единственным реальным решением этой проблемы. Прежде чем рассматривать структуру VPN, вам необходимо понять, как работают основные технологии, которые делают возможным этот тип передачи данных. Это туннели, брандмауэры и прокси-серверы. Стандартные VPN обычно используют туннели, но иногда используют брандмауэры и прокси-серверы.

Туннелирование или инкапсуляция - это метод инкапсуляции одного сетевого пакета данных в другой сетевой пакет данных. Такие пакеты называются инкапсулированными или туннельными пакетами, а пакеты, инкапсулированные извне, называются пакетами передачи. Шифрование в пакетах данных происходит на одном из самых низких уровней канала модели OSI. Как и VPN, технология инкапсуляции известна уже много лет. Он используется для обеспечения совместной работы тех частей Интернета, которые действуют в соответствии с различными соглашениями или политиками. Туннель действует как маршрутизатор поверх интернет-протокола. Процесс упаковки очень прост. К исходному пакету добавляется IP-заголовок, а информация о настройках безопасности туннеля помещается между двумя заголовками. Внешний заголовок содержит информацию об адресах источника и назначения или "Конечная точка" туннеля, а внутренний заголовок определяет отправителя и конечного получателя пакета.

Одноранговая VPN-система (p2p), предполагающая, что два доверенных узла подключены друг к другу. Этого можно достичь с помощью центрального сервера. Кроме того, пользователи могут обмениваться паролями и ключами шифрования с коллегами для формирования децентрализованной сети. Туннель - это сетевая технология, которая позволяет пакетам данных одного протокола инкапсулироваться в пакеты данных другого протокола. НАПРИМЕР, VPN-соединения В WINDOWS ИСПОЛЬЗУЮТ протокол PPTP (point-to-point tunneling protocol) ДЛЯ инкапсуляции И отправки пакетов данных частной сети (таких как трафик TCP/IP) по общедоступным сетям, таким как Интернет.

VPN-сервер можно настроить для проверки подлинности пользователей с помощью средств удаленной проверки подлинности Windows или сторонних служб проверки подлинности. Если вы выберете службу Windows в качестве метода проверки подлинности,

пользователь, пытающийся подключиться к VPN, будет использовать стандартный механизм проверки подлинности Windows для проверки подлинности учетной записи и использовать атрибуты учетной записи пользователя клиента VPN и политики локального удаленного доступа для подтверждения попытки проверки подлинности.

Виртуальные частные сети должны удовлетворять четырем ключевым потребностям предприятия: совместимость, безопасность, доступность и управляемость. VPN расширяет частную интрасеть предприятия через общедоступную сеть (Интернет), создавая в ней защищенное частное соединение, обычно туннель. VPN надежно защищает информацию, передаваемую по интернет-соединению в расширенной сети компании между удаленными клиентами, филиалами и деловыми партнерами.

Потенциальные проблемы в спецификации IPSec трудно проанализировать по трем причинам. Во-первых, процесс инкапсуляции в IPSec затрудняет определение правильного селектора. Во-вторых, даже если каждая отдельная политика безопасности корректно работает сама по себе, параметры нескольких объединенных политик могут влиять друг на друга и оказывать нежелательное влияние на безопасность соединения. В-третьих, не существует четкого стандартного решения для координации необходимой политики и фактически используемых политик. Чтобы решить эти проблемы, определенные политики безопасности сначала очищаются на двух уровнях: на уровне требований и на уровне реализации. Стратегия на уровне требований содержит общие цели обеспечения безопасности и не зависит от технологии реализации. Следовательно, при оценке соответствия политики требованиям требования безопасности становятся стандартом, то есть, если и только если все требования безопасности соблюдены, используется политика более низкого уровня. На сегодняшний день разработаны алгоритмы для автоматического выбора правильной стратегии нижнего уровня с учетом всех требований. Администратор устанавливает необходимые требования безопасности, а затем алгоритм выбирает соответствующую политику более низкого уровня и принудительно устанавливает ее на устройство более низкого уровня, что значительно упрощает управление политиками. Входными данными описанного алгоритма является набор требований, а выходными данными - набор политик, которые отвечают всем требованиям, или, если необходимые политики не могут быть найдены, это сообщение об ошибке.

\*\*\*

1. Свиридов В.И., Чопорова Е.И., Свиридова Е.В. Лингвистическое обеспечение автоматизированных систем управления и взаимодействие пользователя с компьютером // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 430-438.
2. Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Проблемы сетевого моделирования // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 64-66.

**Казьмин Д.А.**

### **Проблемы внедрения SIEM-систем**

*Тольяттинский государственный университет  
(Россия, Тольятти)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-242

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает проблему экспертозависимости при эксплуатации SIEM-систем. Актуальность темы обусловлена увеличением значимости роли систем класса SIEM в условиях значительного роста числа компьютерных атак на ИТ-системы. В работе был рассмотрен вопрос сложности найма квалифицированных сотрудников для корректной работы SIEM-систем, которые представляют собой сложный механизм с множеством компонентов. Отмечена важность предоставления технической поддержки заказчику SIEM-системы и услуги по её настройке в начальный период использования.

**Ключевые слова:** SIEM-система, экспертозависимость, информационная безопасность, проблемы SIEM-системы, техническое сопровождение, техническая поддержка.

### Abstract

This article addresses the issue of expert dependency in the operation of SIEM systems. The relevance of the topic is driven by the increasing importance of SIEM systems in the face of a significant rise in cyberattacks on IT systems. The paper discusses the challenge of hiring qualified personnel for the proper functioning of SIEM systems, which are complex mechanisms with multiple components. The importance of providing technical support to the customer of the SIEM system and services for its initial configuration during the early stages of use is emphasized.

**Keywords:** SIEM system, expert dependency, information security, SIEM system issues, technical support, technical assistance.

### Введение

В современном быстро меняющемся мире индустрия ИТ развивается стремительно и зачастую выступает двигателем развития всего общества. К сожалению, одновременно с развитием технологий появляются новые угрозы информационной безопасности (ИБ). Регулярно в СМИ публикуются новые сведения о нарушениях ИБ, произошедших в сетевой инфраструктуре различных организаций и компаний, так как на данный момент невозможно обеспечить абсолютную ИБ ни одной системы. Злоумышленники регулярно атакуют информационную инфраструктуру государственных и частных компаний с целью получения конфиденциальной информации, кражи денежных средств, декларации своих антисоциальных идей [1-2]. Если компания достаточно крупная, то наличия «рядовых» средств защиты информации, например, антивирусного ПО, для обеспечения безопасности информационных ресурсов компании, недостаточно. В такой обстановке всё большую значимость приобретают системы мониторинга событий ИБ.

Автоматизированные системы централизованного сбора и мониторинга событий ИБ (известные как SIEM-системы, Security Information and Event Management) позволяют повысить уровень ИБ за счет обеспечения в режиме, близком к реальному времени, мониторинга, возможности манипулировать информацией о безопасности и осуществлять проактивное управление событиями безопасности.

Внедрение систем класса SIEM сопряжено с рядом проблем. По причине того, что действующая информационная инфраструктура организаций, внедряющих SIEM-системы, как правило, состоит из большого количества функционально неоднородных ИТ-систем, средств вычислительной техники и средств защиты информации различных производителей и вендоров. Это обстоятельство значительно усложняет процесс внедрения SIEM-систем в уже функционирующую инфраструктуру и требует более тщательного планирования и управления проектом по внедрению данного класса систем.

### Проблема «экспертозависимости» при эксплуатации SIEM-системы

Помимо описанных выше, одной из существенных проблем внедрения SIEM-систем, является вопрос её правильной эксплуатации работниками компании-заказчика. Современные SIEM-системы представляют собой сложный механизм со значительным количеством модулей и компонентов [3]. Для того, чтобы грамотно и полностью использовать весь функционал внедряемой SIEM-системы, работники, которым предстоит эксплуатировать её в дальнейшем, должны обладать достаточной квалификацией и значительным объемом узкопрофильных знаний.

В настоящий момент многие вендоры решений класса SIEM предлагают своим заказчикам приобретать в составе услуги по оказанию технической поддержки, на период эксплуатации внедряемой системы, еще и услуги по разработке и(или) редактированию правил корреляции, а также донстройке системы в целом [4]. Данный дополнительный сервис может быть полезен на время освоения SIEM-системы работниками компании-заказчика. Его стоимость необходимо учитывать при планировании бюджета на реализацию всего проекта. В

дальнейшем заказчик может отказаться от сторонней техподдержки, опираясь, в вопросах эксплуатации SIEM, исключительно на собственных работников и предоставляемые производителями «Базы знаний» – постоянно пополняемые наборы данных, основанные на многолетнем опыте проведения аудитов защищенности ИТ-систем. Связка SIEM-системы с «базой знаний» позволяет получать данные о новых сценариях атак и паттернах поведения хакеров, учитывать новые уязвимости и эксплойты, автоматически обновлять правила корреляции и применять их в инфраструктуре заказчика без ручной перенастройки всей системы.

Необходимо отметить, что для правильной эксплуатации SIEM-системы необходимо создание соответствующего структурного подразделения в штате организации-заказчика, которое занимается только техническим сопровождением данной системы, анализом инцидентов безопасности и реагированием на них. Недопустимо привлекать работников указанных подразделений к решению других задач, даже если они связаны с обеспечением ИБ. Однако, в настоящее время сложилась неприемлемая тенденция включать в обязанности единственного штатного системного администратора дополнительно к их должностному функционалу еще и вопросы обеспечения технического сопровождения внедренной SIEM-системы. Таким образом, возникают дополнительные риски в области ИБ для компании.

Сами производители SIEM-систем отмечают, что для успешной и правильной эксплуатации SIEM-системы необходимо наличие как минимум троих специалистов, выполняющих следующие функциональные роли: администратор (наладка, настройка и обеспечение функционирования SIEM-системы), оператор (первоначальный анализ событий), аналитик (анализ деятельности операторов, расследование инцидентов, контроль выполнения процессов управления активами).

Как показывает практический опыт, при эксплуатации SIEM-систем существуют два основных направления деятельности:

1. Непосредственно эксплуатация и развитие;
2. Мониторинг и работа в консоли управления системой.

Первое направление включает в себя поддержание в работоспособном состоянии самой SIEM, общение с техподдержкой, создание и развитие существующих инструментов для сбора логов и правил корреляции, их тестирование и ввод в эксплуатацию, написание документации по работе с данными правилами и сценариями.

Второе направление подразумевает добавление в задачи мониторинга новых активов, реагирование на события, анализ логов через средства визуализации, настройку новых средств визуализации и формирование запросов на написание новых правил корреляции.

Важно понимать, что заниматься данными направлениями должны разные специалисты, совмещение может снизить результативность работы сотрудников. Совмещение обеих ролей одним человеком может привести к потере эффективности использования всей SIEM-системы в целом.

Необходимо отметить, что перед внедрением SIEM-системы для её дальнейшего успешного использования необходимо заранее спланировать обучение работников, которые будут в дальнейшем её эксплуатировать, а также проработать вопрос регулярного повышения их квалификации и развития навыков обращения с инструментами SIEM-системы.

### **Заключение**

Автоматизированные системы централизованного сбора и мониторинга событий ИБ (SIEM-системы) в настоящий момент являются по сути нервным центром корпоративных систем. На их основе выстраиваются системы защиты информации крупнейших компаний.

В настоящей статье предпринята попытка проанализировать проблему «экспертозависимости», с которой сталкиваются заказчики и интеграторы при реализации проектов по внедрению SIEM-систем в действующую инфраструктуру компаний. На основании успешного опыта решения подобных задач даны рекомендации по преодолению трудностей, возникающих на этапах подготовки, внедрения и эксплуатации систем подобного класса с учетом инфраструктурных особенностей и специфики реалий отечественного рынка ИТ.

Доля компаний, уже внедривших или собирающихся в ближайшее время внедрить данный инструмент мониторинга и анализа событий, происходящих в их информационной инфраструктуре, год от года лишь увеличивается. В связи с этим в обозримом будущем значение SIEM-систем будет только возрастать. Варианты решения типовых проблем, предложенные в настоящей статье, позволят сэкономить время и уменьшить финансовые затраты, необходимые для успешной реализации подобных проектов.

\*\*\*

1. Бобовникова А.О., Вавилов Г.Д., Поляков Е.В., Ким А.И., Белов С.А., Торшина Г.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА: КЛЮЧЕВОЙ ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ 4.0 // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. №5. С. 9.
2. Шайхулов Э.А. Роли и структура организации в IT-компаниях // ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. - 2023. - №99(7). - С. 96-99.
3. Шабуров А. С., Борисов В. И. Разработка модели защиты информации корпоративной сети на основе внедрения SIEM-системы // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2016. – №. 19. – С. 111-124.
4. Сизов, В.А. Проблемы внедрения SIEM-систем в практику управления информационной безопасностью субъектов экономической деятельности /В.А. Сизов, А.Д. Киров. – Москва: Открытое образование. – 2020. – № 24(1) – С. 69-79;

**Конобраткина В.А.**

**Ключевые тенденции развития имитационных подходов в современных вычислительных системах**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-243

**Аннотация**

Статья анализирует преимущества и ограничения использования имитационных моделей для моделирования разнообразных аспектов вычислительных сред, исследует их роль в анализе производительности и оптимизации систем. Рассматриваются ключевые применения и тенденции развития имитационных подходов в современных вычислительных системах.

**Ключевые слова:** имитационные модели, вычислительные системы, сети, производительность, оптимизация.

**Abstract**

The article analyzes the advantages and limitations of using simulation models to simulate various aspects of computing environments, explores their role in performance analysis and system optimization. The key applications and development trends of simulation approaches in modern computing systems are considered.

**Keywords:** simulation models, computing systems, networks, performance, optimization.

Комплекс имитационных моделей вычислительных систем и сетей представляет собой набор методов, инструментов и моделей, которые используются для анализа и оценки производительности, надежности и других характеристик компьютерных систем и сетей. Этот комплекс позволяет инженерам и администраторам систем и сетей проводить виртуальные эксперименты, прогнозировать поведение системы при различных условиях и оптимизировать ее работу. Давайте рассмотрим основные аспекты комплекса имитационных моделей вычислительных систем и сетей.

Имитационные модели представляют собой абстрактные математические или компьютерные модели, которые используются для моделирования поведения реальных систем. Эти модели могут быть разработаны на различных уровнях абстракции, начиная от моделей аппаратного обеспечения и заканчивая моделями прикладного программного обеспечения.



Имитационные модели позволяют проводить эксперименты и анализировать работу системы в различных сценариях без фактической реализации и внедрения изменений. Моделирование позволяет экономить ресурсы, такие как время и деньги, которые могли бы быть затрачены на создание и изменение реальных систем.

Моделирование позволяет изучать сложные системы, включая сети, суперкомпьютеры и облачные вычисления, в условиях контролируемого окружения.

Комплекс имитационных моделей включает в себя следующие компоненты:

Это программные инструменты и библиотеки, которые предоставляют средства для создания и управления имитационными моделями. Примерами таких инструментов являются NS-3 для моделирования сетей и SimGrid для моделирования вычислительных кластеров. Это наборы готовых моделей для различных компонентов вычислительных систем и сетей. Они упрощают процесс создания моделей и позволяют быстрее приступить к анализу.

В комплексе имитационных моделей определяются сценарии и эксперименты, которые нужно выполнить. Это включает в себя определение начальных условий, входных данных и метрик, которые должны быть измерены.

После выполнения имитационных экспериментов полученные результаты анализируются с целью выявления узких мест, оценки производительности и принятия решений по оптимизации системы.

Комплекс имитационных моделей применяется в различных областях, включая:

- Для анализа производительности сетей, оценки нагрузки и оптимизации маршрутизации.
- Для изучения работы кластеров, серверов и распределенных вычислений.
- Для моделирования облаков и оценки их ресурсов.
- Для анализа уязвимостей и оценки эффективности средств защиты.
- Для оптимизации бизнес-процессов и управления ресурсами.

Комплекс имитационных моделей предоставляет мощные инструменты для анализа и оптимизации компьютерных систем и сетей, что помогает компаниям и организациям принимать обоснованные решения и улучшать производительность своих информационных технологий.

В современном мире вычислительные системы и сети играют ключевую роль в различных сферах человеческой деятельности. От быстродействия до надежности, от архитектуры до безопасности, эффективное функционирование этих систем становится все более важным. Для анализа и оптимизации таких систем применяются разнообразные методы, включая имитационное моделирование.

Имитационное моделирование - это методология, позволяющая изучать поведение системы путем создания компьютерных моделей, которые подражают реальным процессам. Одной из главных преимуществ имитационных моделей является возможность анализа системы в разнообразных условиях, включая экстремальные и недоступные в реальном мире сценарии. Комплекс имитационных моделей в вычислительных системах и сетях представляет собой совокупность таких моделей, охватывающих различные аспекты функционирования системы.

Сложные технические системы включают в себя вычислительные системы и их подсистемы. Их анализ включает применение трех основных методов: аналитического, имитационного и экспериментального. Аналитические методы описывают функционирование системы через математические зависимости, но такой подход ограничен для сложных систем. Экспериментальные методы точны, но они затратны и ограничены в применении.

С целью исследования вычислительных систем и их подсистем, наиболее перспективными являются методы имитационного моделирования. Эти методы обобщают опыт применения имитационного моделирования для изучения широкого спектра компьютерных систем. Основное предназначение разработанных моделей заключается в

обучении студентов высших учебных заведений вычислительным процессам и системам. Однако такие модели могут также быть использованы в исследовательских целях.

При создании имитационных моделей вычислительных систем возникает ряд задач:

- Определение целей исследования.
- Выбор элементов системы для включения в модель.
- Определение уровня детализации структуры и функций объекта.
- Оценка адекватности модели.

Для оценки временных характеристик вычислительных систем было важно определить элементы, оказывающие существенное влияние на эти характеристики. В моделях не включались второстепенные элементы, чтобы упростить исследование и понимание системы. Структура большинства систем представляется на уровне отдельных устройств или их блоков, а программы, выполняемые устройствами, представляются как последовательность команд.

Известно, что случайные факторы существенно влияют на работу вычислительных систем:

- Времена запуска программ являются случайными величинами.
- Исходные данные программ - случайная выборка из множества данных.
- Смесь одновременно решаемых задач имеет случайный характер.

В разработанных моделях применяются случайные величины для задания исходных параметров и вероятностное описание процессов. Важной чертой этих моделей является использование анимации в пользовательском интерфейсе, что улучшает восприятие процессов и облегчает их изучение.

Процесс разработки имитационных моделей обычно основывается на применении технологии объектно-ориентированного программирования. В этом подходе классы объектов соответствуют структурным элементам, их параметры отображают входы и выходы этих элементов, а свойства (методы и процедуры) – их функциональности. Применение такого подхода при разработке имитационных моделей вычислительных систем и их подсистем описано авторами в работах.

Суперскалярная архитектура широко распространена в современных микропроцессорах. Это наиболее используемая структура для одно- и многоядерных микропроцессоров, включая процессор Pentium Pro.

С целью исследования особенностей функционирования этой архитектуры, была разработана имитационная модель. Модель включает в себя следующие ключевые блоки:

- Выборка команд.
- Дешифрация.
- Таблица псевдонимов регистров.
- Станция-резервуар.
- Функциональные блоки.
- Буфер восстановления последовательности команд.
- Кэш команд и данных уровня L1.

Возможность настройки длины последовательности команд (от 100 до 500) и формирования смеси типовых команд (целочисленной арифметики, операций с плавающей точкой, операций с памятью и условных переходов) позволяет пользователю создавать разнообразные сценарии. При исследовании компьютерных сетей были рассмотрены типовые топологии, такие как одноранговая (Ethernet) и звездообразная. Ключевыми характеристиками сетей являются среднее время доставки пакетов и количество потерянных пакетов. Эти параметры зависят от параметров программ, выполняемых станциями сети, пропускной способности канала и возможных помех. В моделях было решено учитывать только станции (пользовательские компьютеры) и каналы в структуре сетей обоих типов, а в звездообразной топологии также коммутаторы.

Уровень детализации параметров в обеих моделях определяется числом активных станций и представлением программ, выполняемых станциями. На характеристики сети влияют следующие параметры программ:



- Общее количество передаваемых пакетов.
- Интервалы между моментами передачи, определенные случайными величинами среднего значения.
- Длина пакета.
- Количество адресатов для передачи информации.

Эти параметры используются в моделировании. Пользователям также предоставляется возможность задавать несколько типов программ для каждой станции с разными числовыми значениями параметров.

Предложенный подход к разработке имитационных моделей для вычислительных систем и сетей был успешно применен на разнообразных объектах исследования. Экспериментальные измерения, проведенные с использованием программ Sysinfo и других на реальных системах, подтвердили адекватность разработанных моделей. Это дает основание использовать их для более глубокого изучения вычислительных систем и их подсистем.

\*\*\*

1. Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана - [Электронный ресурс] – URL: [https://ru.bmstu.wiki/Amazon\\_S3](https://ru.bmstu.wiki/Amazon_S3).
2. Джульен Вехен. Безопасный DevOps/ Питер. - 2020. – с. 140.
3. Мудракова О. А., Ярова А. Н. Применение графических редакторов при обучении математике в школе: сравнительный анализ. - Научный альманах. 2016. № 5–2 (19). С. 211–216.

**Коновалов Г.Г.**

### **Измерение качества чистого кода: метрики и инструменты анализа**

*Волгоградский государственный университет  
(Россия, Волгоград)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-244*

#### **Аннотация**

В современном программировании качество кода играет ключевую роль в достижении успешных результатов разработки программных продуктов. Понятие «чистого кода» становится стандартом качества, определяющим эффективность, читаемость и обслуживание кодовой базы. Данная статья направлена на исследование методов измерения качества чистого кода путем использования метрик и инструментов анализа.

**Ключевые слова:** чистый код, принципы SOLID, метрики качества кода, стандарты кодирования, рефакторинг.

#### **Abstract**

In modern programming, code quality plays a key role in achieving successful software development results. The concept of "clean code" is becoming a quality standard that defines the efficiency, readability, and maintenance of the codebase. This article aims to explore methods for measuring the quality of clean code through the use of metrics and analysis tools.

**Keywords:** clean code, SOLID principles, code quality metrics, coding standards, refactoring.

В современном программировании качество кода становится неотъемлемым аспектом успешной разработки программных продуктов. Повышение требований к производительности, надежности и сопровождаемости кода заставляет разработчиков обращать особое внимание на создание чистого и структурированного программного обеспечения. Понятие «чистого кода» превратилось из абстрактной идеи в реальный стандарт качества, определяющий, насколько эффективно и элегантно разработанный код соответствует целям проекта. Рассмотрим основные аспекты, определяющие чистоту кода:

#### **А. Читаемость**

Читаемость кода является первоочередной характеристикой чистого кода. Понятность структуры и логики программы облегчает не только

сопровождение существующего кода, но и внесение изменений. Одним из ключевых принципов, способствующих повышению читаемости, является выбор понятных и информативных имен переменных, функций и классов. Названия должны отражать назначение элемента и следовать общепринятым соглашениям[3].

- B. Принципы SOLID и чистой архитектуры  
Принципы SOLID (Single Responsibility, Open/Closed, Liskov Substitution, Interface Segregation, Dependency Inversion) являются основой для создания модульного, расширяемого и гибкого кода. Разделение функциональности на небольшие, хорошо определенные модули с узкой ответственностью способствует уменьшению связанности и повышению связности кода. Такая архитектура позволяет выстраивать код вокруг ядра бизнес-логики, разделяя её от технических деталей.
- C. Понятные имена переменных, функций и классов  
Имена, выбранные для элементов кода, играют ключевую роль в его понимаемости. Понятные и осмысленные имена позволяют сразу понять назначение элемента, его роль и взаимодействие с другими частями программы. Использование абстрактных или слишком общих имен может затруднить понимание, а следование соглашениям по именованию способствует согласованности в коде[2].

Измерение качества чистого кода – неотъемлемая часть процесса разработки, позволяющая оценить степень его читаемости, поддерживаемости и эффективности. Существует ряд метрик, предназначенных для количественной оценки качества кода, которые включают в себя разнообразные аспекты программной разработки:

- A. Комплексность кода  
Одной из ключевых характеристик чистого кода является его комплексность. Cyclomatic Complexity измеряет количество путей выполнения в коде, что позволяет оценить сложность логики программы. Чем выше значение Cyclomatic Complexity, тем сложнее код и тем больше вероятность наличия ошибок. NPath Complexity, в свою очередь, учитывает количество возможных путей выполнения внутри метода, позволяя выявить участки кода, требующие дополнительной разбивки на более мелкие функции.
- B. Количество строк кода и методов  
Метрики, связанные с объемом кода, также важны для измерения качества. Слишком длинные методы или классы могут указывать на недостаточную разбивку функциональности и ухудшать читаемость. Слишком маленькие методы также могут затруднить понимание логики, если разделение не соответствует естественной структуре программы.
- C. Количество комментариев и их качество  
Комментарии играют важную роль в документировании кода и передаче информации другим разработчикам. Избыточное количество комментариев или плохо структурированные описания могут затруднить понимание. Метрики включают оценку соотношения комментариев к коду, а также анализ качества комментариев с помощью инструментов анализа текста.
- D. Процент покрытия кода тестами  
Эффективное тестирование играет ключевую роль в обеспечении качества кода. Метрика покрытия кода тестами оценивает долю кода, которая выполняется при запуске тестов. Высокий процент покрытия указывает на то, что большая часть функциональности проверена и позволяет выявить потенциальные проблемы и ошибки[4].

Для эффективного измерения и обеспечения качества чистого кода разработано множество инструментов анализа, которые помогают выявить потенциальные проблемы, следовать лучшим практикам и улучшать общую структуру кодовой базы:

#### Статические анализаторы

Статические анализаторы кода являются мощным инструментом для обнаружения различных проблем в коде на этапе компиляции или до его выполнения. Они могут выявлять нарушения стилевых правил, потенциальные ошибки, неиспользуемый код и другие аномалии. Примеры таких инструментов: SonarQube, Pylint, ESLint – предоставляют рекомендации по улучшению кода на основе заданных правил[1].

#### Анализаторы производительности

Одним из аспектов качества кода является его эффективность и производительность. Профилирование кода позволяет выявить узкие места и оптимизировать производительность программы. Инструменты для профилирования, такие как Java VisualVM, Python cProfile, помогают идентифицировать медленные участки кода и алгоритмы.

#### Интеграция с средами разработки

Многие инструменты анализа кода интегрированы в среды разработки, что позволяет разработчикам получать обратную связь о качестве кода непосредственно во время написания. Это способствует быстрой коррекции проблем и соблюдению стандартов. Например, многие IDE (интегрированные среды разработки) поддерживают статический анализ и подсветку проблемных участков кода.

#### Анализ безопасности

Следя за безопасностью кода, можно избежать многих уязвимостей и атак. Инструменты анализа безопасности кода ищут уязвимые места, такие как потенциальные SQL-инъекции, уязвимости ввода-вывода данных и другие аспекты, которые могут быть использованы злоумышленниками.

Поддержание качества чистого кода приносит множество выгод как для индивидуальных разработчиков, так и для команд и организаций в целом. Следование принципам чистого кода и использование соответствующих метрик и инструментов анализа приносит значительные преимущества:

- A. Снижение технического долга.  
Технический долг – это накопившиеся нерешенные проблемы, плохой код и устаревшие решения. Измерение качества кода позволяет выявить проблемы на ранних этапах и активно работать над их устранением, а также снижает негативное влияние технического долга на проект, улучшает его структуру и обеспечивает более стабильное развитие.
- B. Улучшение понимания кодовой базы новыми разработчиками  
Для новых членов команды или разработчиков, работающих над уже существующим проектом, чистый и хорошо организованный код – настоящее спасение. Качественный код, поддерживающий принципы чистой архитектуры и именования, упрощает ознакомление с проектом и сокращает время, необходимое для внесения изменений[5].
- C. Повышение производительности и поддержки.  
Чистый код легче поддерживать и расширять. Небольшие методы, хорошая декомпозиция и управление зависимостями способствуют более быстрой реализации новых функций и коррекции ошибок. Такая кодовая база уменьшает риск внесения неожиданных изменений, что может повлиять на другие части системы.
- D. Сокращение времени разработки.  
Хотя на первый взгляд кажется, что строгое следование чистоте кода может увеличить время разработки, в долгосрочной перспективе применение этих принципов сокращает время, потраченное на сопровождение и рефакторинг.

Чистый код более предсказуем и понятен, что способствует более быстрой разработке и внесению изменений.

В заключении можно сказать, что измерение качества чистого кода является незаменимым инструментом для повышения эффективности и надежности программных продуктов. Понимание и применение принципов чистого кода, а также использование соответствующих метрик и инструментов, содействует созданию продуктов, которые не только работают, но и легко поддерживаются и расширяются на протяжении всего жизненного цикла.

\*\*\*

1. Ефимов, А. А. Непрерывный контроль качества кода с помощью SonarQube / А. А. Ефимов // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 11. – С. 286-297.
2. Корнач, Д. С. Принципы написания «чистого кода» / Д. С. Корнач // Теория и практика экономики и предпринимательства : Труды XX Международной научно-практической конференции, Симферополь - Гурзуф, 20–22 апреля 2023 года / Под редакцией Н.В. Апатовой. – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 244-245.
3. Мартин, Р. О. Чистый код : создание, анализ и рефакторинг. Библиотека программиста / Р. О. Мартин. – Санкт-Петербург : Питер, 2011. – 464 с.
4. Прокопенко, А. А. правила написания чистого программного кода / А. А. Прокопенко, А. М. Семин // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук : VII Международная научно-практическая конференция (школа-семинар) молодых ученых: сборник материалов, Тольятти, 22–24 апреля 2021 года / Отв. за выпуск В.Ф. Глазова. – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2021. – С. 51-55.
5. Тынышбаев, А. А. Создание чистого кода как инструмента для поддержки командного проекта / А. А. Тынышбаев, И. М. Шаяхметов, Н. Х. Шарафиева // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 95-6. – С. 37-39.

**Кузнецова А.А.**

**Использование категориальных данных для уменьшения объема памяти, необходимой для работы алгоритмов**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-245*

**Аннотация**

На примере данных одного из крупнейших отечественных автопроизводителей продемонстрировано, что использование категориального типа данных приводит к кратному уменьшению необходимого объема памяти и увеличению скорости работы алгоритмов, применяемых для их обработки.

**Ключевые слова:** анализ данных, типы данных, строковые данные, числовые данные, категориальные данные, временная сложность алгоритмов, python, pandas.

**Abstract**

Using the example of data from one of the largest domestic automakers, it is demonstrated that the use of a categorical data type leads to a multiple reduction in the required amount of memory and an increase in the speed of the algorithms used to process them.

**Keywords:** data parsing, data types, string data, numeric data, categorical data, time complexity of algorithms, python, pandas.

**1. Введение**

В прикладных вопросах анализа больших данных и машинного обучения большую роль играет скорость исполнения алгоритма, который используется для решения той или иной задачи. Например, в системах распознавания объектов по схеме «свой-чужой» распознавание должно осуществляться за десятые или даже сотые доли секунды, то есть, фактически в режиме реального времени. В других задачах критическое время исполнения алгоритма может быть

другим, но в любом случае оно ограничено каким-то лимитом, разумным с точки зрения конкретной предметной области: в задачах автоматического диагностирования в медицине речь может идти о нескольких часах, в задачах банковского скоринга о нескольких днях и т.д.

Очевидно, что скорость работы алгоритма напрямую связана с объемом информации, которую этот алгоритм должен обрабатывать. В информатике для качественной оценки скорости работы алгоритма применяется понятие временной сложности.

### 1.1 Теоретическая часть

Временная сложность определяется как функция от объема данных, равная времени работы алгоритма на данном входе (см. [2], [4]). Она выражается с использованием нотации «O» большое, такой метод называется асимптотическим описанием временной сложности, когда размер входа стремится к бесконечности.

Временная сложность измеряется путем подсчета числа элементарных операций, необходимых для исполнения алгоритма (см. [3]). Отличие времени исполнения от числа элементарных операций в этих обозначениях состоит лишь в изменении постоянного множителя, который не учитывается в O-нотации. В зависимости от того, какая функция находится под O-нотацией, время работы может быть различным (см. [5]). Например, алгоритм с O-нотацией  $O(n)$  обладает линейной временной сложностью, с O-нотацией  $O(nk)$  обладает полиномиальной сложностью и т. д.

Скорость работы полиномиальных алгоритмов считается приемлемой в большинстве алгоритмов. Однако ряд алгоритмов, например, классификация на основе метода k ближайших соседей, требует большего числа вычислений, временная сложность метода kNN оценивается как экспоненциальная, что неприемлемо с практической точки зрения. Поэтому в практических приложениях очень важно понижать объем используемых данных, чтобы добиться исполнения алгоритма за разумное время.

### 1.2 Постановка задачи

Целью этой статьи является сравнительный анализ реализации данных в строковом, численном и категориальном типах для оценки объемов памяти, необходимых для хранения информации и, как следствие, для асимптотической оценки времени исполнения алгоритмов.

## 2. Описание данных

Таблица 1

	<i>cities</i>	<i>part</i>	<i>defect</i>	<i>place</i>	<i>diff_days</i>
0	Samara	2915004	24	0	A
1	Samara	6106082	83	0	A
...	...	...	...	...	...
1230471	Tolyatti	8118020	0	0	B
1230472	Tolyatti	1703055	4	0	A

Данные представлены в таблице 1. Они содержат 1 230 473 записи о различных дефектах, зафиксированных в пунктах гарантийного обслуживания одного из ведущих отечественных автопроизводителей за период 2006–2007 г.г. Структура данных такова:

*cities* — наименования городов, в которых расположены сервисные центры,

*part* — код вышедшей из строя детали,

*defect* — код конкретного дефекта,

*place* — код агрегата, содержащего вышедшую из строя деталь,

*diff\_days* — категория устранения дефекта.

### 3. Алгоритм

Для обработки данных используем библиотеку Pandas и язык Python (см. [1]). Применяем метод `.read_csv` и при загрузке без дополнительных параметров получаем таблицу 1. При этом признаки *cities* и *diff\_days* содержат по 1230473 записей типа `string`, а признаки *part*, *defect* и *diff\_days* содержат по 1230473 записей типа `integer`.

Применяя метод `.info()` из библиотеки Pandas, отмечаем, что для хранения этого массива данных требуется 46.9+ МВ памяти.

Вместе с тем, если при загрузке методом `.read_csv` использовать дополнительный параметр `dtype='category'`, то мы получим точно такую же таблицу 1, которая будет содержать те же самые записи, но все они будут относиться к типу `category`.

При этом объем требуемой памяти составляет 8.3 МВ памяти.

#### 4. Результаты

В результате исследования мы наблюдаем кратное уменьшение объема памяти для хранения одного и того же массива. Это объясняется тем, что признаки дата-фрейма содержат большое количество повторяющихся значений (например, признак `cities` содержит названия 145 городов, в тот момент как всего записей в этом признаке 1230473). Каждая повторяющаяся строковая запись занимает некоторый объем памяти, в тот момент как категориальная запись используется всего один раз, и при необходимости ее повторить применяется ссылка на эту запись, а не сама запись. То же самое можно сказать обо всех остальных признаках (`part`, `defect`, `place` и `diff_days`): использование в них категориального типа данных приводит к существенному уменьшению необходимого объема памяти.

Следует отметить, что при кодировании категориальных данных широко известными методами, такими как ранговое кодирование, `label encoding` или `one hot encoding`, данные заменяются строками или числовыми значениями, что не приводит к существенному уменьшению объема данных. Использование метода `dtype` переводит все данные в категории и уменьшает их объем.

#### 5. Выводы

Проведенное исследование показывает, что если к категориальным данным, взятым в этой работе в качестве примера, применить алгоритм со сложностью  $O(n^2)$ , то время его исполнения окажется примерно в 25 раз меньше, чем для строковых и числовых данных. Алгоритм со сложностью  $O(n^3)$  будет работать в 125 раз быстрее и т. д. Таким образом, использование категориального типа данных является предпочтительным по сравнению с другими типами.

\*\*\*

1. Хейдт, М. Изучаем pandas. Высокопроизводительная обработка и анализ данных Python : учебное пособие / М. Хейдт ; пер. с англ. А. В. Груздева. – Москва : Изд-во ДМК-Пресс, 2018.-438с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-97060-625-4.
2. Алгоритмы: построение и анализ : учебное пособие / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. – 2-е изд. ; пер. с англ. И. В. Красикова, Н. А. Ореховой, В. Н. Романова. – Москва : Вильямс, 2011. – 1296с. – ISBN 978-5-859-0857-5.
3. Ахо, А. Построение и анализ вычислительных алгоритмов: учебное пособие / А. Ахо, Дж. Хопкрофт, Дж. Ульман. – 2-е изд. ; пер. с англ. И. В. Красикова, Н. А. Ореховой, В. Н. Романова. – Москва : Вильямс, 2011. – 1296с. – ISBN 978-5-859-0857-5.
4. Коварцев А. Н. Алгоритмы и анализ сложности : учебное пособие / А. Н. Коварцев, А. Н. Даниленко. – Самара : изд-во Самарского университета, 2018. – 128 с. – ISBN 978-5-7883-1263-7.
5. Дасгупта С. Алгоритмы : учебное пособие / С. Дасгупта, Х. Пападимитриу, У. Вазирани ; пер. с англ. А. Шеня – МЦНМО, 2014. – 320 с.

**Мустафин И.И., Богачева А.А.**

**Применение ИИ в системах управления космическими аппаратами**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
(Россия, Москва)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-246*

#### Аннотация

Статья рассматривает вклад ИИ в космическую индустрию, особенно в области управления космическими аппаратами. От автоматизации проектирования до управления длительными межпланетными миссиями, ИИ предлагает ряд инновационных решений,

повышая эффективность и безопасность космических операций. Аннотация подчеркивает роль ИИ в автономных миссиях и его способность адаптироваться к новым условиям.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, космические аппараты, автономные миссии, межпланетные миссии, системы управления, адаптивность.

### Abstract

The article explores the contribution of artificial intelligence to the space industry, specifically in spacecraft control. From design automation to managing extended interplanetary missions, AI offers a range of innovative solutions, enhancing the efficiency and safety of space operations. The abstract emphasizes AI's role in autonomous missions and its ability to adapt to new conditions.

**Keywords:** artificial intelligence, spacecraft, autonomous missions, interplanetary missions, control systems, adaptability.

### Введение

В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) проникает в самые разные сферы человеческой деятельности. Например, космическая индустрия является одним из направлений, где ИИ стал иметь большое значение в последние годы [1]. Космические миссии (КМ) становятся все более сложными и дорогостоящими, поэтому существует острая необходимость в автоматизации и оптимизации процессов управления КМ.

С развитием ИИ возникла возможность не просто автоматизировать различные задачи, но и внедрять адаптивные и самообучающиеся системы, способные анализировать сложные сценарии и принимать решения в условиях неопределенности [2].

ИИ в космической отрасли может быть применен для автоматического планирования маршрутов, корректировки траекторий, для анализа данных с датчиков в реальном времени и многого другого [3]. В данной статье мы рассмотрим, как искусственный интеллект начал применяться в системах управления КМ, его текущее состояние и перспективы развития [4].

Автоматизация в проектировании космических аппаратов (КА) значительно сокращает затраты человеческих и материальных ресурсов, затрачиваемых на проектирование, тестирование, отладку КА. Использование ИИ позволяет инженерам упростить сложные инженерные расчеты и сфокусироваться на других важных аспектах разработки. Методы оптимизации на основе ИИ анализируют множество параметров конструкции, учитывая физические ограничения, стоимость материалов и требования безопасности, и предлагают наиболее эффективные решения.

Моделирование сложных сценариев и ситуаций включает в себя имитацию различных условий, таких как воздействие космических лучей, микрометеоритов и воздействие солнечного ветра [3]. Это позволяет создавать детализированные модели поведения КА в экстремальных условиях и предсказывать их реакцию на различные внешние факторы, особенно в контексте долгосрочных миссий, где аппараты могут столкнуться с непредвиденными угрозами [4].

ИИ также обеспечивает возможность адаптивного моделирования и прототипирования. Системы, основанные на ИИ, способны самостоятельно корректировать свои параметры в соответствии с изменяющимися условиями, что делает разработку более гибкой и адаптивной. Кроме того, ИИ может автоматизировать процесс тестирования, анализировать результаты и выявлять потенциальные недочеты в проекте, что ускоряет процесс и делает его более надежным, снижая вероятность ошибок [5].

С возрастающей сложности космических миссий и увеличения дистанции между ними и Землей, применение ИИ в операционном управлении КМ становится более актуальным. Благодаря использованию ИИ, работа КА становится автономной, а адаптивное управление позволяет системам реагировать на изменение внешних факторов [1]. Например, марсоход, оборудованный системой ИИ, способен самостоятельно выбирать оптимальные маршруты обхода при обнаружении препятствий на поверхности другой планеты [2].



С развитием технологий ИИ и возрастающей потребностью в долгосрочных космических миссиях, таких как исследование отдаленных планет и астероидов, полностью автономные космические миссии становятся возможными. В таких миссиях КА может функционировать независимо от земного контроля на протяжении длительных периодов времени, основываясь на алгоритмах ИИ и способности адаптироваться к новым обстоятельствам [4].

Несмотря на развитие автономных систем на борту КА, важным остается взаимодействие с земными системами управления. ИИ может служить мостом между космическими и земными системами связи, оптимизируя обмен данными, анализируя команды с Земли и адаптируя их под текущую ситуацию [8].

Для долгосрочных КА, ИИ может применяться не только для управления КА, но и для мониторинга систем жизнеобеспечения астронавтов и автоматизированного анализа медицинских данных [5]. Это открывает новые возможности для исследования космоса.

Межпланетные миссии представляют собой одно из самых сложных направлений космических исследований, требующих высокой степени автономности, адаптивности и прогнозирования. Одной из ключевых проблем межпланетных миссий является выбор оптимального маршрута. ИИ может автоматизировать этот процесс, анализируя множество возможных траекторий, учитывая различные факторы, такие как гравитационные помехи, солнечная активность и потенциальные столкновения с другими объектами [2]. При длительных миссиях, таких как путешествие к Марсу или к астероидам, задержка в передаче сигнала может достигать нескольких минут, часов или дней. В таких условиях автономное управление становится обязательным условием успешной миссии. При этом интеграция ИИ с сенсорными системами КА может повысить качество и точность сбора данных. ИИ может автоматически фильтровать шум, выделять наиболее важные данные и предпринимать необходимые действия на основе обработанных данных без необходимости передачи информации на Землю и ожидания инструкций.

Помимо всего прочего, развитие космической программы влечет за собой необходимость взаимодействия нескольких КА между собой. ИИ, используемый в работе этих аппаратов, может создавать виртуальные командные центры, где данные с различных аппаратов интегрируются и анализируются в режиме реального времени. Это позволяет оптимизировать ресурсы, предотвращать возможные конфликты и обеспечивать более эффективное координированное совместное действие, тем самым увеличивая шансы на успешное выполнение поставленных задач [8].

Межпланетные миссии часто сталкиваются с неожиданными вызовами и переменами в окружающей среде. Применение искусственного интеллекта дает возможность КА быстро реагировать на изменения и адаптироваться к новым условиям. Алгоритмы машинного обучения могут обучаться на основе данных, собранных в реальном времени, и предсказывать возможные сценарии развития событий, что повышает успешность и надежность миссии [10].

### **Выводы**

Применение ИИ в межпланетных миссиях открывает много новых возможностей для изучения космического пространства, делая миссии более безопасными и эффективными. Особое внимание следует уделить автономным миссиям, где ИИ может обеспечивать надежность и адаптивность КА. При правильном подходе, ИИ может стать основой для следующего поколения КА, способных самостоятельно исследовать далекие уголки нашей Вселенной без непосредственного человеческого участия [8].

\*\*\*

1. Балухто А. Н., Романов А. А. Искусственный интеллект в космической технике: состояние, перспективы развития // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2019. – Т. 6. – №. 1. – С. 65-75.
2. Инфраструктура малых космических аппаратов // Под ред. В. Ф. Фатеева. М.: Радиотехника, 2011. 432 с.
3. Автономность космических аппаратов с искусственным интеллектом: новый рубеж в спутниковых технологиях // TS2 SPACE URL: <https://ts2.space/ru/автономность-космических-аппаратов/>



4. Жарницкий, В. Я. Математическая модель материалов конструкций и элементов восстанавливаемых грунтовых плотин для численных расчетов / В. Я. Жарницкий, А. П. Смирнов // Природообустройство. – 2021. – № 4. – С. 46-51.
5. Андриевский Б. Р. и др. Применение методов искусственного интеллекта для управления полетом беспилотных летательных аппаратов // Аэрокосмическая техника и технологии. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 72-107.

**Нажимова Н.А., Токарев С.В.**

**О важности понимания работы нейронной сети без готовых «библиотечных решений»**

*ФГБОУ ВПО НГТУ им. Р.Е. Алексеева  
(Россия, Нижний Новгород)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-247*

#### **Аннотация**

При подготовке IT специалистов уже обязательным стало введение в учебные программы лабораторных практикумов по созданию нейронных сетей. Чаще всего лабораторные работы строятся на реализации нейронных сетей на языках программирования Python с специализированными библиотеками. Но как показывает опыт проведения таких работ, использование готовых библиотек часто показывает непонимание студентами самой сути принципов построения и обучения нейронных сетей. Изложенный в статье алгоритм проведения лабораторного практикума по «ручному методу» обучения нейронной сети, позволит обучающимся лучше понимать суть ее обучения и настройки.

**Ключевые слова:** обучение нейронных сетей, распознавание образов.

#### **Abstract**

During IT specialists training, it has become needed to introduce laboratory workshops for creation of neural networks. Most often, laboratory work is based on the implementation of neural networks in Python programming language with specialized libraries. But as the experience of such work shows, the use of these libraries often shows students' misunderstanding of the very essence of the principles of building and training neural networks. The algorithm of "manual method" which is described in the article will allow students to better understand the essence of training and configuring a neural network.

**Keywords:** neural network training, pattern recognition.

Современные информационные технологии продолжают развиваться с невероятной скоростью, и в центре этого революционного прогресса находятся нейронные сети. Эти мощные алгоритмические инструменты, вдохновленные биологической нейронной сетью, стали неотъемлемой частью подготовки IT-специалистов. Важность включения лабораторного практикума по нейронным сетям в учебные программы нельзя недооценивать, так как он предоставляет студентам возможность не только познакомиться с теоретическими основами, но и непосредственно применить полученные знания при создании и настройке нейронных сетей. Это обогащает их профессиональный опыт, делая их готовыми к решению сложных задач и успешной карьере в сфере информационных технологий.

Зачастую все лабораторные практикумы строятся с использованием языка программирования Python со специализированными библиотеками Theano, TensorFlow, PyTorch, Keras и среды MATLAB с инструментариями Neural Network Toolbox и Deep Learning Toolbox [1]. Специализированные библиотеки помогают упростить процесс построения нейронных сетей, но лишают студентов понимания, как происходит их обучение и настройка.

Помочь студентам понять суть обучения и настройки нейронной сети позволит проведение лабораторного практикума по «ручному методу» обучения нейронной сети. Для распознавания цифр от 0 до 9. Работа будет проходить в несколько этапов.

1. Подготовка исходных данных.

Перед началом работы необходимо ввести несколько упрощений:

- цифры написаны черным цветом в таблице 3x5 клеток (рис.1);
- нейросеть обучена распознавать только одну цифру.

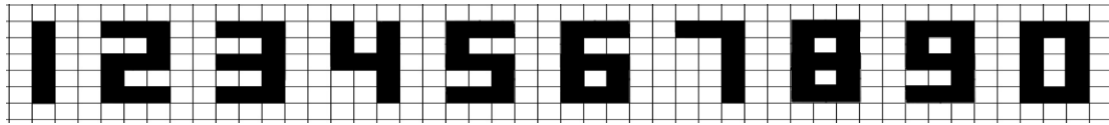


Рисунок 1. Исходные цифры для распознавания.

Распознавание цифр будет производиться с помощью упрощенной модели персептрона (рис 2.) с пороговой функцией активации.

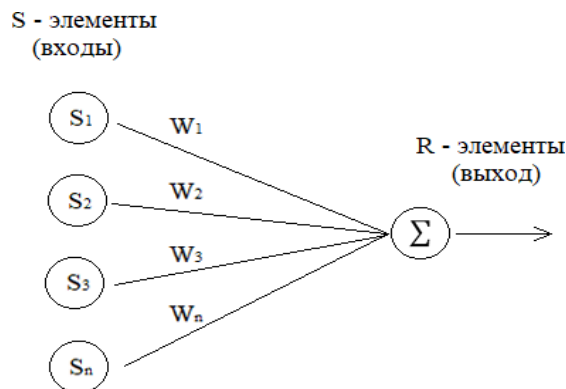


Рисунок 2. Упрощенная модель персептрона.

Для распознавания такого написания цифр понадобится 15 S-элементов (входов), так как один S- элемент соответствует одному квадрату из таблички. Черный цвет квадрата соответствует возбуждению S - элемента (значение передаваемого сигнала равно 1). Белый цвет — выход соответствующего S - элемента равен 0. Таким образом изображения цифр должны быть переведены в последовательность сигналов в виде чисел (0 или 1) (рис.3). Для этого нужно представить цифры в строковом формате.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
0	0 1	1 1 1	1 1 1	1 0 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1
0	0 1	0 0 1	0 0 1	1 0 1	1 0 0	1 0 0	0 0 1	1 0 1	1 0 1	1 0 1
0	0 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	0 0 1	1 1 1	1 1 1	1 0 1
0	0 1	1 0 0	0 0 1	0 0 1	0 0 1	1 0 1	0 0 1	1 0 1	0 0 1	1 0 1
0	0 1	1 1 1	1 1 1	0 0 1	1 1 1	1 1 1	0 0 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1

Рисунок 3.Цифры для распознавания в двоичном формате.

2. Алгоритм обучения нейронной сети (на примере цифры 5).

Важность (весомость) тем или иным входам (S элементам) придают веса связей W, связывающие их с выходом R. Процесс обучения нейронной сети заключается в подстройке ее весов. Чем сильнее повлиял какой-то вес связи на результат, тем сильнее его надо изменить.

1. Подать на входы нейросети цифру в строковом формате.
2. Если цифра распознана/отвергнута верно, то перейти к шагу 1.
3. Если сеть ошиблась и распознала неверную цифру как 5, то вычесть из всех связей, связанных с возбуждившимися S-элементами единицу (- 1).
4. Если сеть ошиблась и отвергла цифру 5, то добавить единицу ко всем связям, связанным с возбуждившимися S-элементами (+1).

5. Выбранную цифру необходимо многократно прогнать через НС, модифицируя ее веса.

3. Пример обучения нейронной сети (на примере цифры 5).

Шаг 1

$x$	S	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

На этом шаге  $W_{1..15}$  неизвестны, потому выбираем  $W = 000000000000000$ .

Для активации нейрона используется пороговая функция активации. Пороговое значение выбирается опытным путем. И при неудачной работе НС может быть скорректировано.

В нашем случае, устанавливаем  $R=7$ , это означает, что если  $R \geq 7$  то НС распознает цифру как

«5»;

если  $R < 7$  то НС распознает цифру как «не 5».

Подсчитывая  $R$  на шаге 1, получаем  $R=0$ , значит НС распознала нашу цифру неправильно, так как на входы подавалась цифра «5». Эта ситуация соответствует п.4 алгоритма (добавить единицу ко всем связям, связанным с возбуждившимися  $S$ -элементами).

Результатом п. 4 будет новая матрица весов:

$W = 111100111001111$  (везде, где  $S=1 \Rightarrow W+1$ ).

Шаг 2.

На входы НС подаем цифру «5» и новую матрицу весов:

$x$	S	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	W	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	R	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1

Подсчитывая  $R$  на этом шаге, получаем  $R=11$ , сравниваем с пороговым значением 7. Превышает, значит НС распознала цифру правильно - эта ситуация соответствует шагу 2.

Считаем, что НС обучена правильно и приступаем к проверке ее работы на других цифрах.

4. Проверка работы нейронной сети.

Проверяем работу нейронной сети на цифре «1».

$x$	S	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	W	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	R	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

Подсчитывая  $R$  на этом шаге, получаем  $R=4$ , сравниваем с пороговым значением 7, меньше. Значит НС распознала цифру правильно — это «не 5» - ситуация соответствует шагу 2, веса менять не надо.

Проверяем работу нейронной сети на цифре 2.

$x$	S	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
	W	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	R	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1

Подсчитывая  $R$  на этом шаге, получаем  $R=9$ , сравниваем с пороговым значением 7, превышает, значит НС распознала цифру неправильно (думая, что распознала «5» - ситуация соответствует п.3 (вычесть из всех связей, связанных с возбуждившимися  $S$ -элементами единицу). Результатом п. 3 будет новая матрица весов:  $W = 00010-1000-101000$  (везде, где  $S=1 \Rightarrow W-1$ ).

Проверяем работу нейронной сети на цифре «3».

$x$	S	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

W	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	-1	0	1	0	0	0
R	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Подсчитывая R на этом шаге, получаем R=0, сравниваем с пороговым значением 7, меньше, верно «не 5» [см. п.1], ничего не меняем.

Проверяем работу нейронной сети на цифре «4».

S	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
x	W	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	-1	0	1	0	0
R	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Подсчитывая R на этом шаге, получаем R=1, сравниваем с пороговым значением 7, меньше, верно «не 5» [см. п.1], ничего не меняем.

Проверяем работу нейронной сети на цифре «5».

W	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	-1	0	1	0	0	0
R	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Подсчитывая R на этом шаге, получаем R=2, сравниваем с пороговым значением 7, меньше, НС ошиблась, не сумев распознать цифру «5» [см. п.4].

Получаем новую W 11120-1111-102111

И так продолжаем выполнять цикл несколько раз.

Теперь расположим эти цифры в первоначальном виде как на рис.3 и заметим, что те области, где проходит написание цифры, усиливаются (вес 3 и 2), а где точно не должны возбуждаться нейроны, становятся отрицательными (-8).

1	1	1
3	0	-8
1	2	1
-8	0	1
1	1	1

При желании обученную сеть рекомендуется проверить на нечетко или неполно написанных цифрах. Студентам предстоит принять решение о необходимости изменения порогового значения функции активации в случае, если нейронная сеть будет ошибочно распознавать похожие по написанию цифры.

Данный лабораторный практикум позволит обучающимся понимать такие важные моменты в построении нейронных сетей, как выбор функции активации, и настройка весов синапсов. Что в дальнейшем позволит понимать и исправлять возможные ошибки при программировании нейронных сетей с использованием специализированных библиотек.

\*\*\*

1. Романов, П. С. Системы искусственного интеллекта. Моделирование нейронных сетей в системе MATLAB. Лабораторный практикум / П. С. Романов, И. П. Романова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 140 с.

**Полякова И.С.**

**Алгоритм сравнения двух чисел, основанный на месте нуля в числе**

*Кубанский государственный технологический университет  
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-248

#### **Аннотация**

В статье показано, что два числа можно сравнивать, основываясь на месте нуля в числе, чем ближе ноль к первому разряду, тем больше число. В этом алгоритме конечно количество

сравнений. Этот алгоритм можно обобщить и для единицы, двойки и т.д, последовательно выполняя сравнения. В статье также приведен исходный код числа, который позволяет хранить все произведенные с числом математические операции, тем самым сохраняя исходные данные. Можно осуществлять реверс, переворачивать исходный код, возвращаясь к первоначальному значению.

**Ключевые слова:** сравнение, алгоритм, разряды чисел, ноль, единица, исходный код, операции, исходные данные.

### Abstract

The article shows that the two numbers can be compared with algorithm based on the zero place in the number, the closer zero to the first digit, the larger the number is. In this algorithm the number of comparisons are limited. This algorithm can be generalized to one, two, etc., by sequentially performing comparisons. The article also contains the source code of the number, which allows you to store all mathematical operations performed with the number, thereby saving the original data. You can reverse, flip the source code, returning to the original value.

**Keywords:** comparison, algorithm, number digits, zero, one, source code, operations, source data.

Алгоритмы сравнения, основанный на месте ноля в числе, по сравнению с другими алгоритмами сравнения, не содержит циклы, поэтому будет характеризоваться меньшей трудоемкостью, что позволяет экономить процессорное время и память машины [1, 2].

Алгоритм заключается в том, что определяется место ноля в числе и чем ближе ноль к старшему разряду, тем меньше число и чем дальше ноль от старшего разряда, тем число больше при прочих равных условиях. Например, 101 и 110,  $101 < 110$ , потому что ноль в 101 ближе к главному разряду. Благодаря этому алгоритму можно сравнивать различные числа, сначала находить в них ноль и количество сравнений будет линейно. Тогда план сравнения будет следующий:

1. Определить разряды сравниваемых чисел, если они разные, то больше то число, старший разряд которого больше.
2. Если старшие разряды одинаковые, то определить, есть ли ноль в сравниваемых числах и помнить номера нолей, если они есть. Ноль – самое маленькое число, поэтому остальные числа с ним можно не сравнивать.
3. Сравнивать числа при равном количестве разрядов до разряда первого ноля, больше то число, старший разряд которого больше.
4. На ноле прекратить сравнения, больше то число при прочих равных условиях, разряд ноля которого меньше [5].

Приведем пример. Пусть сравниваемые числа 41062 и 41690. Разряды сравниваемых чисел равны 5,  $N=5$ . Определяем положения ноля и запоминаем разряды нолей  $n=3$  и  $k=1$ . Так как  $3 > 1$ , то будет  $N-n$  ( $5-3=2$ ) сравнения. Выполняем поразрядные сравнения до первого ноля,  $4=4$ ,  $1=1$ . На этом сравнения можно прекратить, потому что мы дошли до ноля, а ноль самое маленькое число и его можно не сравнивать, поэтому  $41062 < 41690$ , потому что  $n > k$ ,  $3 > 1$ . То число больше, разряд ноля которого меньше.

Преимущества данного алгоритма, что здесь нет неопределенности и циклов и заранее определено количество сравнений, равное «количеству разрядов минус больший разряд ноля чисел» или  $N-n$ , где  $n$  – максимальный разряд ноля в сравниваемых числах. Главный плюс данного алгоритма, что он не содержит циклов и здесь заранее определено количество сравнений и оно всегда линейно. Чем больше разряд ноля, тем меньше число, тем быстрее закончатся итерации сравнений, тем меньше итераций будет проведено [5].

Данный алгоритм - это алгоритм с низкой трудоемкостью, где количество сравнений линейно и всегда меньше разрядов числа. Данный алгоритм применим для чисел, содержащих ноль. Если в числе нет ноля, то можно применять стандартный алгоритм сравнения.

Алгоритм сравнения двух чисел, основанный на месте ноля в числе, можно обобщить и для единицы, двойки и т.д, если сравниваемые числа не содержат ноля.

Такой алгоритм сравнения не содержит циклов, что сказывается на быстродействии алгоритма. Если сравниваемые числа не содержат ноля, то можно данный алгоритм переписать для единицы, потом для двойки и т.д. Может быть, лучше для сравнения двух чисел запустить десять разных алгоритмов для чисел от 0 до 9, чем один, но содержащий цикл. Или можно составить один алгоритм, содержащий эти десять сравнений.

То есть сначала запустить алгоритм для ноля, если нет ноля, то запустить такой же цикл для единицы. Найти единицы в сравниваемых числах, запомнить их разряды, вычислить количество итераций  $N-p$ , где  $N$  – это разряды числа,  $p$  – максимальное место единицы в сравниваемых числах. Потом сравнивать поразрядно до первой единицы и больше то число, разряд единицы которой меньше при прочих равных условиях. Если в сравниваемых числах нет единицы, то запустить такой же алгоритм для двойки и т.д.

Пользуясь этим алгоритмом, сразу можно найти конец итераций и избежать громоздких сложных циклов. Благодаря данному алгоритму мы сразу получаем конечное число сравнений и избегаем неопределенностей, порождающих циклы.

Можно сохранять все произведенные с числом операции, зашивая их в исходном коде. При этом математические операции обозначать универсальными буквами, тем самым расширив их. Также каждой математической операции будет соответствовать обратная, сложению вычитание, умножению деление и т.д. Можно переворачивать исходный код, осуществлять реверс, при этом получая исходное число [3, 4]. Исходный код выполняется слева направо без скобочек. Приведем пример:

$$2+3-7*5:2=2a3b7c5d2-5.$$

И реверс:  $-5*2/5+7-3=-5c2d5a7b3 2$ .

Коду  $abcd$  будет соответствовать код реверса  $cdab$ . Благодаря реверсу сохраняются вес произведенные с числом операции и так можно получать исходные данные.

Рассмотрим на примере из учебника Мерзляка «Математика 5 класс», приоритет операций слева направо, что подтверждает исходный код:

$$(5689-3458+1723)-(25002-24848)+2967$$

Сначала нужно выполнить операции в скобках. Потом, получив ответы, некоторые ученики начинают складывать 154 и 2967, а потом вычитать это из 3954, что неверно. Это наглядно показывает упрощение:  $(2231+1723)-154+2967=3954-154+2967=3800+2967=6767$ . Если воспринимать число со знаком перед ним, то 154 надо наоборот вычитать из 2967. Эта проблема уходит, если выполнить действия после скобочек слева направо. Сначала выполнить вычитание, а потом сложение.

К сожалению, не любое выражение можно переписать в исходном коде. Например,  $(-3)2 + 3*4*5+(-4)2$

Исходный код выполняется слева направо без последовательности операций. Будем считать, что при возведении в степень отрицательных чисел получается тоже отрицательное число. Исходный код в этом случае можно записать так:  $(-3)f2a60a(-16) 35$ . Исходный код непривычен для восприятия, многие математические выражения требуют предварительных вычислений, прежде чем их можно переписать в исходном коде.

Таким образом, можно сравнивать два числа используя алгоритм сравнения двух чисел с помощью места ноля в числе и обобщить его для остальных чисел, единицы, двойки и т.д. При прочих равных условиях больше то число, разряд ноля которого меньше.

\*\*\*

1. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике / М.Я. Выгодский. – М.: АСТ, 2009. – 511 с. – ISBN: 978-5-17-053832-4.
2. Кириллов А. А. Что такое число? / А.А.Кириллов. – М., 1993. – 80 с. – ISBN 5-02-014942-3.
3. Полякова И.С. Буквенное соответствие математических операций. рядок действия при умножении и сложении / И.С.Полякова // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – №84, ч.2. – С.26-29. – DOI: 10.18411/trnio-03-2022-69.

4. Полякова И.С. Исходный код. «Реверс» / И.С.Полякова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – №87, ч.1, – С.89-91. – DOI: 10.18411/trnio-07-2022-22.
5. Полякова И.С. Исходный код. Алгоритм сравнения двух чисел с помощью места ноля в числе. Материалы VII Международной научной конференции «Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности». – Донецк, 2022, Том 2, С.273-275.

**Столяров И.С., Филимонова Т.К.**

**Разработка программного обеспечения для обработки заказов по сборке  
электрораспределительного оборудования**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-249*

**Аннотация**

В данной статье рассматривается важный аспект оптимизации процесса обработки заказов по сборке электрораспределительного оборудования. Авторы представляют результаты своей работы, описывая разработку программного обеспечения, которое позволяет значительно упростить и ускорить весь цикл обработки заказов, начиная с момента обращения клиента и заканчивая доставкой готовой продукции. В статье подробно рассматриваются инструменты и технологии, использованные при разработке, а также преимущества данного программного решения. Одновременно обсуждаются возможные проблемы, связанные с внедрением новой системы.

**Ключевые слова:** обработка заказов, электрораспределительное оборудование, программное обеспечение, оптимизация процесса, интеграция систем, автоматизация, согласование заказов, база данных, эффективность предприятия, безопасность данных.

**Abstract**

This paper discusses an important aspect of optimizing the process of order processing for the assembly of electrical distribution equipment. The authors present the results of their work, describing the development of software that allows to significantly simplify and accelerate the entire cycle of order processing, starting from the moment of the customer's request and ending with the delivery of finished products. The paper discusses in detail the tools and technologies used in the development, as well as the advantages of this software solution. At the same time, possible problems associated with the implementation of the new system are discussed.

**Keywords:** order processing, electrical distribution equipment, software, process optimization, system integration, automation, order matching, database, enterprise efficiency, data security.

В современном мире, где конкуренция на рынке промышленных изделий постоянно растет, эффективное управление процессом заказа и сборки электрораспределительного оборудования становится ключевым фактором для успеха предприятия. Оптимизация этого процесса является неотъемлемой частью стратегии современных компаний. В этой статье мы рассмотрим, как разработка программного обеспечения (ПО) может значительно упростить и ускорить процесс обработки заказов, а также какие проблемы могут возникнуть при работе над данным процессом.

Процесс обработки заказа и сборки электрораспределительного оборудования, как правило, включает в себя множество этапов, начиная с обращения клиента и заканчивая доставкой готовой продукции. Основными этапами этого процесса являются:

1. Получение заказа от клиента: Клиент сообщает о необходимой продукции, часто требуется детальное обсуждение характеристик и требований к заказу.
2. Расчет стоимости и подбор компонентов: Информация о заказе передается в финансовый отдел, где рассчитывается стоимость и подбираются необходимые компоненты.



3. Обработка заказа: Заказ передается в отдел обработки заказов, где вносятся данные, осуществляется контроль производственных процессов и планируется доставка.
4. Согласование с клиентом: Важной частью процесса является согласование деталей заказа с клиентом. Это может потребовать дополнительных изменений и переговоров.
5. Изготовление и доставка: После утверждения заказа начинается производство и, наконец, доставка продукции клиенту.

Этот процесс может быть длительным и трудоемким из-за необходимости многократной передачи информации между различными отделами и возможных задержек в согласовании заказов с клиентами.

Для оптимизации процесса обработки заказов по сборке электрораспределительного оборудования было разработано специализированное программное обеспечение. Это ПО позволяет упростить и ускорить весь процесс, начиная с момента обращения клиента. Система автоматически передает информацию между отделами, устраняя необходимость ручной передачи данных. Это снижает риск ошибок и ускоряет процесс принятия решений.

Однако, при внедрении ПО могут возникнуть проблемы, такие как необходимость обучения сотрудников его использованию и интеграция с существующими системами. Тем не менее, путем правильной настройки и поддержки, ПО может значительно улучшить эффективность процесса обработки заказов и способствовать росту конкурентоспособности компании.

При разработке данного программного обеспечения были использованы следующие инструменты и технологии:

- Язык программирования Python: Python был выбран как основной язык разработки благодаря своей простоте и множеству библиотек, которые облегчают создание программ с графическим интерфейсом.
- Библиотека tkinter: Для создания графического пользовательского интерфейса была использована библиотека tkinter, которая является стандартной библиотекой для разработки GUI-приложений на Python.
- База данных SQLite 3: Для хранения и управления данными о заказах и компонентах была использована база данных SQLite 3. Она отлично подходит для малых и средних проектов, предоставляя надежное хранение данных.

Разработанное программное обеспечение имеет следующие преимущества:

- Автоматизация расчета стоимости: При обращении клиента программа автоматически рассчитывает стоимость заказа на основе выбранных компонентов и параметров. Это позволяет избежать долгого ожидания расчета со стороны финансового отдела.
- Ускорение согласования заказов: Заказчик может видеть изменения в стоимости и компонентах непосредственно в программе, что упрощает процесс согласования и уменьшает вероятность недопониманий.
- Улучшенная коммуникация: Вся информация о заказе хранится в одном месте, что способствует более эффективной коммуникации между отделами и с клиентами.
- Сокращение ошибок: Автоматическая обработка заказов снижает риск ошибок, связанных с ручным вводом данных.
- Эффективное управление запасами: Программное обеспечение также помогает предприятию эффективно управлять запасами компонентов, оптимизируя их использование и предотвращая недостатки или избытки.

Несмотря на значительные преимущества, разработка программного обеспечения для оптимизации процесса обработки заказов может столкнуться с рядом проблем:

- Интеграция с существующими системами: Внедрение нового ПО может потребовать интеграции с существующими системами предприятия, что



может оказаться сложной задачей. Необходимо тщательное планирование и анализ существующих процессов для гармоничной интеграции.

- Обучение персонала: Внедрение новой системы требует обучения персонала, что может временно замедлить процесс работы. Однако инвестиции в обучение персонала могут быстро окупиться благодаря повышению производительности и снижению ошибок.
- Защита данных: Безопасность данных о заказах и компонентах должна быть обеспечена на должном уровне, чтобы избежать утечек или утери информации. Это требует внимания к аутентификации, авторизации и шифрованию данных.
- Сопровождение и обновление: ПО требует постоянного сопровождения и обновления, чтобы сохранять его актуальность и эффективность. Регулярные обновления могут включать в себя исправление ошибок, добавление новых функций и адаптацию к изменяющимся потребностям бизнеса.

В заключение, разработка программного обеспечения для обработки заказов по сборке электрораспределительного оборудования является важным шагом в повышении эффективности работы предприятия. Несмотря на некоторые проблемы, такие решения могут значительно ускорить процесс, снизить риски и улучшить коммуникацию как внутри компании, так и при работе с клиентами. Эффективное управление заказами и компонентами становится ключевым конкурентным преимуществом в современном бизнесе, и разработка специализированного ПО – важным шагом в этом направлении.

\*\*\*

1. Громов, А.И. Управление бизнес-процессами: современные методы. монография / А.И. Громов, А. Фляйшман, В. Шмидт. Люберцы: Юрайт, 2016. 367 с.
2. Простой Python. Современный стиль программирования / СПб.: Питер, 2016. 480 с.
3. Атре, Ш. Структурный подход к организации баз данных / Ш. Атре. М.: Финансы и статистика, 2010. 317 с.

**Сулейманова Т.З.**

### **Искусственный интеллект как одно из самых значимых достижений научно-технического прогресса XXI века**

*Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова  
(Россия, Грозный)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-250

#### **Аннотация**

В данной статье описаны плюсы и минусы искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, электронный мозг, закон Мура, микрочип.

#### **Abstract**

This article describes the pros and cons of artificial intelligence.

**Keywords:** artificial intelligence, electronic brain, Moore's law, microchip.

У каждого человека свое представление об искусственном интеллекте. На самом деле, – это использование машин для выполнения определенной мыслительной деятельности – решения какой-то задачи. В будущем с экспоненциальным ростом мощности компьютеров у нас появятся системы искусственного интеллекта, которые овладеют языком и, возможно, начнут вербально общаться с нами, учиться, при чем гораздо быстрее человека. По мере развития и усовершенствования искусственного интеллекта каждое открытие будет приносить новые изменения в то, как мы общаемся с машинами и друг с другом.

В будущем мы будем получать информацию другими способами. Все устройства связи, которыми мы сейчас пользуемся – телефоны, компьютеры уйдут в прошлое. Для передачи

информации мы будем использовать мощь интеллекта. Данные будут поступать в наш мозг немедленно посредством машин, вживленных в наши тела. Так же искусственный интеллект окажет воздействие на наше здоровье. Например, заходишь в ванную, а там интерфейс в виде зеркала, прикладываешь ладонь к его поверхности и он тут же считает уровень твоего белка, натрия. Твое здоровье улучшится, благодаря рекомендациям интеллектуального агента, с которым ты пообщался всего несколько секунд. Мы всегда будем знать, что происходит в наших телах, инвалидность останется в прошлом, т.к. мы сможем восстановить или заменить практически любую часть тела синтетической.

Лишат ли нас работы роботы? Научно-техническая революция всегда имеет существенные социальные, политические и экономические последствия. При введении новых технологий, кто-то неизменно выигрывает, но, а где победители, там и проигравшие. В автомобильной промышленности каждый десятый рабочий уже заменен заводским роботом. Это хорошо, если ты держатель акций, но, если ты простой рабочий для тебя это скверно. Введение искусственного интеллекта и продвинутой робототехники может стать причиной крупного спада в экономике. Машин будут умнее и превратятся в так называемых «белых воротничков». Они начнут выполнять более сложную ювелирную работу, требующую большей сноровки, аккуратности и точности. Хирургия – самая высокооплачиваемая и сложная область медицинской практики. За что мы ценим хирургов? За мастерство, но у машин это начинает получаться все лучше и лучше. Они могут резать с большей точностью, их «руки» никогда не дрогнут. Текстильная промышленность вот уже несколько лет обходится без рабочих рук, не смотря на растущее давление на Вашингтон принять законопроект об ограничении использования роботов.

Как же нам определить, насколько разумна машина? Все очень просто – создать беседу человека с другим человеком и с машиной. Ты получаешь два ответа и знаешь, что один из них принадлежит человеку, а другой – компьютеру и твоя задача – определить, кто из них компьютер. Если человек не сможет определить, кто есть кто, машину признают интеллектуальной. Самые значительные достижения в области искусственного интеллекта были сделаны в университетах, где ученые стремятся создать электронный мозг, который бы мыслил, как человеческий. Мы точно не знаем, как действует человеческий мозг, но в нем происходит работа – возбуждение миллиардов нейронов. Первый шаг – понять, как функционирует мозг, а затем мы должны попытаться воссоздать эту схему в кремнии, чтобы вместо химических соединений и нейронов мозга, в компьютере функционировали и взаимодействовали друг с другом электроны. Чтобы компьютерный мозг функционировал, как человеческий нам понадобятся более быстрые компьютеры, чем современные и они должны оперировать не так, как мы привыкли.

Согласно закону Мура, каждые полтора года микрочипы, компьютерная мощь удваиваются. В таком случае, если этот закон будет действовать следующие 25 лет, наши микрочипы, компьютеры и даже роботы, управляемые ими станут в миллиарды раз мощнее, чем сейчас. То, что раньше считалось научной фантастикой, теперь стало реальностью и создало проблемы, а закон Мура является замечательной иллюстрацией этого. Этот закон оставался неизменным в последние 30 лет, но мы начинаем достигать пределов закона Мура. В настоящее время размер элементов современного микропроцессора менее 30 нм и приближается к атомному масштабу. Вычисления в искусственном интеллекте будут происходить в двух измерениях: первое – продолжение классического вычисления, которое используется в наши дни, второе измерение – вычисление с использованием клеточных технологий – технологий ДНК при создании микросхем, благодаря им, ученые сделают прорыв в области искусственного интеллекта. В определенный момент в будущем интеллект роботов превзойдет человеческий и они смогут сделать свои копии, которые будут умнее предыдущего поколения. Их интеллект будет продолжать возрастать в геометрической прогрессии, пока полностью не выйдет из-под контроля. Насколько умными могут стать машины? Предела не существует. Они могут стать в триллионы раз умнее людей. Эта переломная точка всей истории человечества. Выходя за пределы человеческого разума, ты попадаешь в другой мир – на

уровень искусственного интеллекта. Вот тогда люди и окажутся в мире неизведанного. Мы можем догадываться, что произойдет потом, но предсказать точно – нет. Те, кто будут жить в это время станут свидетелями поворотного момента в истории человечества.

\*\*\*

1. Бруссард М. Искусственный интеллект. Пределы возможного. — М.: Альпина нон-фикшн, 2020.
2. Корсаков С. Н. Начертание нового способа исследования при помощи машин, сравнивающих идеи / Под ред. А.С. Михайлова. — М.: МИФИ, 2009.
3. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. — М.: Мир, 1991.
4. Хант Э. Искусственный интеллект = Artificial intelligence / Под ред. В. Л. Стефанюка. — М.: Мир, 1978.

**Шапкарина Е.И.**

### **Наше криптографическое прошлое: первые шифры и их особенности**

*ФГБОУ ВО Московский государственный лингвистический университет  
(Россия, Москва)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-251*

#### **Аннотация**

В статье анализируется процесс появления и использования первых шифров. Дается характеристика их особенностей. Делается вывод, что появление и развитие шифрования является древнейшей частью криптографии.

**Ключевые слова:** шифры, криптография, информационная безопасность, алфавит, защита информации, изобретение, коммуникационные потребности.

#### **Abstract**

The article analyzes the appearance and implementation of the first codes. There is given a characteristic of their peculiarities. There is made a conclusion that appearance and development of encryption is the fundamental stone of cryptography.

**Keywords:** codes, cryptography, information security, an alphabet, the protection of information, an invention, communicative needs.

Процесс обеспечения конфиденциальности с помощью криптографического механизма безопасности называется шифрованием. Это – древнейшая часть криптографии, самое захватывающее ее применение, которое, однако, способно обеспечить лишь конфиденциальность. Сегодня оно редко используется самостоятельно, без криптографических механизмов, представляющих другие аспекты безопасности. До конца XX века шифрование было самым популярным способом защиты секретной информации. Шифры создавались для сознательного сокрытия смысла какой-либо информации в процессе коммуникации. Сам термин «шифр» (от французского «chiffre» – цифра) появился в первой половине XVII века во времена кардинала Ришелье.

Данная статья посвящена анализу процесса появления и использования первых шифров, что является одним из важнейших и интересных изобретений в истории человечества.

Идея скрыть в тексте тайные сообщения также стара как и само письмо. «Для мудреца было недостаточно понимать ясный текст. Ясный язык предназначен для простых людей. Элита должна владеть умением говорить загадками и понимать более глубокий смысл, скрытый под поверхностным значением» [2, с.620].

Одним из первых систематических шифров был «темурах» (от древнееврейского «обмен»), появившийся на Ближнем Востоке. 22 буквы алфавита делились на две части, одна из которых помещалась над другой; затем верхние буквы заменялись на нижние или наоборот. Составлялись всевозможные комбинации в зависимости от того, в каком месте делился алфавит и в каком направлении перемещались буквы. Самым простым методом был Атбаш: алфавит делился на две части, первая (верхняя) половина шла справа налево, вторая помещалась ниже и

шла слева направо. Слова кодировались простым сочетанием смежных букв. Этот шифр использовался в Библии в Книге пророка Иеремии и относится к событиям начала VI века до н.э.

В эпоху Античности шифрование стало применяться в военном деле. Римский полководец Юлий Цезарь придумал шифр, подобный одной из форм темураха, в котором четвертая буква алфавита ставилась на первое место, пятая на второе и т.д. Использование этого шифра описано в труде римского историка и писателя, жившего во II веке н.э., Гая Светония Транквилла «Жизнь двенадцати цезарей» [1]. Алгоритм, который применял Цезарь, вошел в историю, как «шифр «Цезаря». Это простой шифр, выдающий информацию об исходном тексте, но, учитывая, что часть врагов Цезаря была неграмотна, этот шифр для своего времени был передовым.

В 400 году до н.э. во время военных походов спартанцев для передачи секретных сообщений использовалось кодирующее устройство – скитала (деревянный брусок). Сообщение зашифровывали на длинном и узком пергаментном свитке, который накручивался на скиталу, после чего пергамент снимался с бруска. В раскрученном состоянии свитка текст казался совершенно бессмысленным, но, когда пергаментную ленту наматывали на скиталу таких же размеров, как и та, на которой писали сообщение, текст легко можно было прочитать.

В IV веке до н.э. древнегреческий полководец Эней Тактик разработал так называемый «книжный шифр» – метод передачи секретных сообщений. В своем труде «Об обороне укрепленных мест» полководец предлагал оставлять малозаметные пометки над буквами текста определенной книги. Сложив вместе отмеченные буквы, адресат получал исходную информацию. Этим шифром агенты спецслужб пользовались вплоть до XX века.

В средневековом Китае в «Извлечениях из классической военной науки», составленных в XI веке, давались рекомендации использовать для передачи различных сообщений первые 40 знаков какой-нибудь поэмы, известной отправителю и получателю. Если первый знак из поэмы ставился в предписанном месте сообщения, то получатель должен был понять скрытую информацию, например, что нужно послать больше провианта.

В XV веке итальянский ученый Леон Баттиста Альберти изобрел шифровальный диск следующего типа: внутри большого внешнего диска находился подвижный внутренний диск, оба с алфавитом. Диски можно было вращать по кругу. Чтобы расшифровать сообщение, следовало уравнивать подобранный на внутреннем круге ключ с буквой или числом на внешнем круге (пара ключей давалась в начале сообщения). Затем текст преобразовывался заменой букв на внутреннем круге на соответствующие буквы на внешнем круге. Чтобы закодировать сообщение нужно было проделать обратную процедуру. Предложенная Альберти идея многоалфавитного шифра, изложенная в «Трактате о шифрах», была реализована в XIX веке в шифре Виженера.

В XVI веке итальянский математик Джованни Баттиста Белласо изобрел шифр, в котором одна и та же исходная буква в разных местах текста шифровалась по-разному (вид частотного анализа). Этот алгоритм шифрования, названный впоследствии в честь французского дипломата и криптографа Блеза де Виженера, применялся еще во времена гражданской войны в США [6].

Вплоть до 70-х годов XX века все механизмы шифрования были симметричными, то есть для шифрования и дешифровки использовался один и тот же ключ. Такой тип шифрования называется стандартным или традиционным.

В древнерусских памятниках письменности тайнопись («тайное письмо») известна с XII-XIII веков. Первоначально она использовалась для зашифровки имени автора, а затем стала применяться в политических, дипломатических и иных документах. В русской тайнописи XII-XV веков существовала несколько систем:

- система «чуждых писем», суть которой в замене букв кирилловского алфавита буквами других алфавитов (например, глаголическими, латинскими, греческими);
- система измененных знаков кирилловского алфавита, при которой некоторые детали букв не дописывались, или добавление новых деталей изменяло буквы до неузнаваемости;
- система замены одних букв кирилловского алфавита другими буквами этого же алфавита (литорея);
- счетная (цифровая) система, основанная на использовании цифрового значения кирилловского алфавита;
- система обратного письма, заключавшаяся в написании букв в словах в обратном порядке. Эта система была наиболее простой и поэтому реже употреблялась, чем предыдущие [4, с.64].

В XVI-XVII веках происходило совершенствование и дальнейшее развитие ранее существовавших систем тайнописи, а также появлялись новые. Видом тайнописи стал акростих – стихотворение, в котором начальные буквы каждой строки скрывали зашифрованные надписи. Своеобразной тайнописью в XVII веке становится вязь – особое декоративное письмо, характеризовавшееся двумя приемами: сокращением деталей букв и буквенными и межбуквенными украшениями. Буквы, вытянутые вверх, переплетались между собой, образуя текст, похожий на ленту орнамента, что делало вязь трудночитаемой. В письменных источниках XVII века можно встретить тайнопись с нарочито усложненным шифром, для расшифровки которого необходимо было использовать несколько систем тайнописи.

Среди современных научно-технических открытий и достижений можно увидеть те, которые основаны на идеях, принадлежащих древним цивилизациям. Некоторые из них, наиболее интересные и важные для человека, появились тысячи лет назад. Одной из них является шифрование. Разработкой и исследованием методов шифрования информации, созданием шифров стала заниматься криптография, имеющая интересное прошлое и даже военный опыт. За прошедшие тысячелетия изобретено огромное количество самых разнообразных шифров и методов защиты информации. Это доказывает, что появление и развитие шифрования связано с эволюцией человечества, с необходимостью удовлетворения его коммуникационных потребностей. Криптографические технологии, несомненно, будут совершенствоваться. «Мы создали невероятно сложное киберпространство и продолжаем его развивать. Для защиты нашей деятельности в нем существует множество замысловатых криптографических средств. Криптография должна быть тщательно реализована и интегрирована» [5, с.271].

\*\*\*

1. Военное искусство античности / Сост. К.М. Королев. – М.: ЭКСМО, 2003. – 768 с.
2. Джеймс П., Торп Н. Древние цивилизации / перев. с англ. – Мн.: ООО «Попурри», 1997. – 768 с.
3. История культуры стран Западной Европы в Эпоху Возрождения / под ред. Л.М. Брагиной. – М.: Высшая школа, 1999. – 479 с.
4. Леонтьева Г.А., Шорин П.А., Кобрин В.Б. Вспомогательные исторические дисциплины. 2-е изд. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2015. – 381 с.
5. Мартин К. Криптография: как защитить свои данные в цифровом пространстве / перев. с англ. – М.: ЭКСМО, 2023. – 368 с.
6. Сингх С. Книга шифров. Тайная история шифров и их расшифровки / перев. с англ. – М.: АСТ: Астрель, 2002. – 447 с.
7. Фландрес Д. Всеу свое место: Необыкновенная история алфавитного порядка / перев. с англ. – М.: Альпина нон – фикшн, 2023. – 342 с.

Эркенова М.У., Зюзина Д.П.  
Пример создания тропического домика в BLENDER

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказская государственная академия»  
(Россия, Черкесск)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-252

**Аннотация**

Современный мир находится в постоянном движении и развитии. Изменению подвергается всё, начиная от проектирования дизайна обычных телефонов и заканчивая методами строительства космических станций. И то, и другое требует некоторых навыков, способов и знаний в области построения изображений и чтения чертежей. Старые 2-D методы постепенно уходят в прошлое, на смену им приходят 3-D построения моделей в специальных программах. В данной работе показаны этапы создания тропического домика в Blender версии 3.4.

**Ключевые слова:** 3D моделирование, модификатор, программное обеспечение, проектирование.

**Abstract**

The modern world is in constant motion and development. Everything is undergoing change, from the design of ordinary phones to the methods of building space stations. Both require some skills, methods and knowledge in the field of imaging and reading drawings. The old 2-D methods are gradually becoming a thing of the past, they are being replaced by 3-D model building in special programs. This paper shows the steps for creating a tropical house in Blender version 3.4.

**Keywords:** 3D modeling, modifier, software, design.

В современном мире нет человека, который хотя бы раз в жизни не сталкивался с такой сферой деятельности, как 3D моделирование. Оно встречается практически везде: в медицине, рекламе, кино, играх, виртуальной реальности, архитектуре и так далее. Что позволяет создавать точные и детальные копии заданных объектов.

3D моделирование позволяет создать прототип какой-либо, заранее выбранной модели в трехмерном пространстве, что гораздо дешевле и быстрее. Соответственно, такую модель можно будет распечатать на 3D принтере. Также 3D моделирование используется для виртуальных сред, что является очень полезным для обучения или для развлечения. Например, можно создать виртуальный маршрут по городу. Это будет нужно человеку, который ещё не смог посетить выбранный регион, но очень хочет. Улучшив качество произведений за счёт анимации и спецэффектов в кинофильмах, мультиках и играх 3D моделирование может помочь привлечь большую аудиторию людей.

С помощью 3D моделирования покажем пример проектирования тропического домика (см. рисунок 1).



Рисунок 1. Готовый тропический домик.

В работе используется открытое ПО для создания трёхмерной компьютерной графики Blender версии 3.4. для начала работы требуется плиты, на которых будет стоять домик, их



было две, так как одна нужна для суши, а вторая для воды. Почти все предметы можно сделать из куба. Затем был сделан рельеф. Для его создания был использован инструмент подразделения на области. Далее для создания волн использовался модификатор Wave, текстура wood. Суша выполнялась путём накладывания на воду второй плиты. Суша должна быть выше воды. Трава выполнялась следующим образом: добавляем плоскость и на вкладке Particle Properties нажимаем на «+» и добавляем новую систему частиц, выбираем hair, делаем number 300000 и высоту 0.92m, напротив advanced ставим галочку, на вкладке physics properties поднимаем значение brownian, затем подбираем нужный цвет и трава готова. Дом сделан с помощью куба и модификатора Boolean. Крыша сделана из куба, который я уменьшила и сплющила. Для создания лодки использовалась плоскость, подразделенная на две части, после чего левое ребро плоскости было удалено. Далее был назначен модификатор зеркало. Делалось это для того, чтобы при редактировании лодка была одинаковой с обеих сторон. Таким образом левая часть лодки была отзеркалена от правой. Затем лодку разделили на 5 разрезов и в режиме редактирования нужно создать форму лодки. Выделив все вершины лодки нужно её поднять вверх с помощью инструмента экструдирования. Позднее нужно добавить модификатор solidify, который придаст лодке толщину. Применяем модификатор subdivision surface и назначаем shade smooth. Растянув куб можно получить сиденья лодки. Весла я получила из цилиндра, при этом выбрав тип цилиндра nothing, с помощью клавиши alt и левой кнопки мыши выделяем верхнее кольцо вершин (в режиме редактирования), затем с помощью экструдирования поднимаем их вверх по оси z, далее нажимаем s+x, тем самым расширяя участок весла, затем экструдировать данную часть и весло готово. Теперь осталось только закрыть верх и низ цилиндра, который мы оставляли пустым. Для этого выделяем кольцо нижних вершин и выберем также, как показано на рисунке 2.

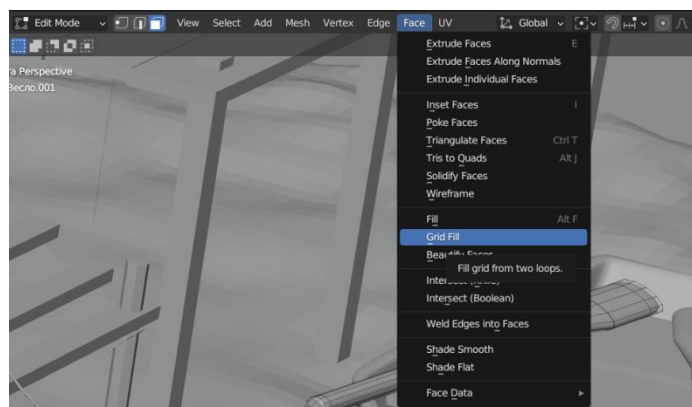


Рисунок 2. Закрытие пустот цилиндра.

Назначаем модификатор subdivision surface и shade smooth, после этого немного корректируем форму так, как нам нравится. Второе весло отдельно создавать не нужно, можно просто дублировать первое. Чтобы создать пальмы нужно добавить новый объект empty, plane axes. Далее добавляем цилиндр и ставим количество вершин 24, назначаем модификатор shade smooth и ставим галочку на пункте auto smooth. После назначаем модификатор зеркало по оси z, а в качестве объекта указываем только что созданный объект-пустышку. Увеличивая количество копий цилиндра можно регулировать высоту пальмы. С помощью alt и левой клавиши мышки выбираем empty и изменяем масштаб кнопкой клавиатуры s. Применяем изменения нажав apply и после удаляем пустышку. Добавим объект кривую безье, настраивая её так, как нужно именно вам. Затем выбираем основание пальмы и назначаем модификатор curve, указав в качестве объекта недавно созданную прямую. Придаём ей нужную форму в режиме редактирования. Для создания веток нужно добавить новую плоскость, подразделить её на две части и удалить одну из частей, применить модификатор зеркало, чтобы ветка была одинаковой с обеих сторон. В режиме редактирования добавляем нужное количество разрезов и придаём вершинам форму листа пальмы, выделяем центральную часть

пальмы и приподнимаем её вверх, применяем модификатор subdivision surface (render 1) и shade smooth. Нажимаем shift w и изгибаем листок до желаемого результата. Дублируя данный лист создаем нужное количество листьев и передвигаем их на пальму, расставив так, чтобы второй ряд листьев поместился. По желанию можно добавить кокосы как у меня на готовом изображении. Для создания камня выберем то же, что на рисунке 3. В режиме редактирования придаём нужный вид и камни готовы.

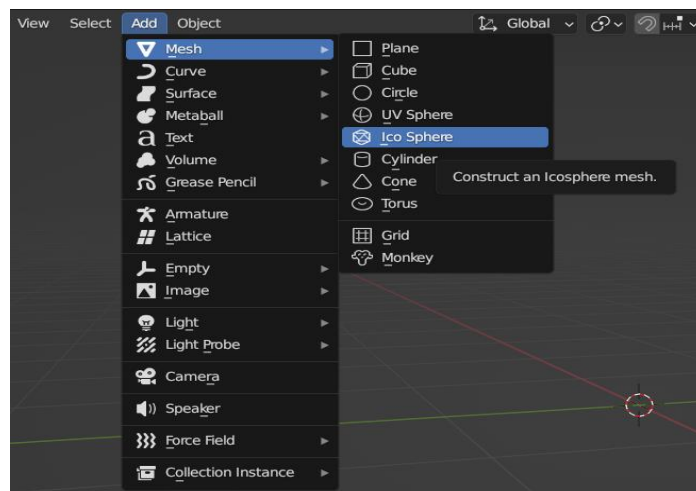


Рисунок 3. Создание камня.

Чтобы предметы смотрелись реалистичнее можно наложить текстуру. В данной статье текстура использована для лодки, конструкции, на которой стоит дом, листьев пальмы, кокосов, ствола пальмы и деревянных коробок.

Таким образом исходя из вышеописанного можно понять, что почти все предметы в 3D моделировании можно сделать из куба, применив разные модификаторы, которые делают предмет очень похожим на настоящий. Отсюда ясно, что за небольшое количество времени можно сделать любой объект в виде 3D, что является очень выгодным предложением, чем создавать объект в полной величине, тратя на это кучу средств. А с помощью Blender мы можем увидеть созданный объект со всех сторон, что очень хорошо для указанных в начале статьи сфер деятельности.

\*\*\*

1. Хэсс, Фелиция X99 Практическое пособие. Blender 3.0 для любителей и профессионалов. Моделинг, анимация, VFX, видеомонтаж. - М.: СОЛОН-Пресс, 2022. - 300 с.: ил
2. Землянов, Г. С. 3D-моделирование / Г. С. Землянов, В. В. Ермолаева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 11 (91). — С. 186-189. — URL: <https://moluch.ru/archive/91/18642/> (дата обращения: 07.09.2023).

**Яровой Р.В., Рябов Г.А., Изотов Д.Ю.**

**Сравнение и анализ подходов к обнаружению вредоносного программного обеспечения:  
оценка эффективности и применимости**

*Военная академия связи  
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-253

#### **Аннотация**

В статье проводится комплексный анализ различных подходов к обнаружению вредоносного программного обеспечения (ВПО) с учетом их эффективности и применимости. Рассматриваются такие основные подходы, как сигнатурный, поведенческий, эвристический, использование глубокого обучения и облачные подходы. В работе анализируются



преимущества и недостатки каждого подхода, а также проводится оценка вероятности обнаружения ВПО в зависимости от его сложности.

**Ключевые слова:** вредоносное программное обеспечение, обнаружение, подходы, сигнатурный, поведенческий, эвристический, глубокое обучение, облачные технологии, эффективность.

### Abstract

This article provides a comprehensive analysis of approaches to detect malicious software (malware) taking into account their effectiveness and applicability. Key methods such as signature-based, behavioral, heuristic, deep learning, and cloud-based approaches are reviewed. The work analyzes in detail the advantages and disadvantages of each approach, and assesses the probability of detecting malware depending on its complexity.

**Keywords:** malicious software, detection, approaches, signature based, behavioral, heuristic, deep learning, cloud technologies, efficiency.

В современной информационной среде обнаружение вредоносного программного обеспечения (ВПО) представляет собой критически важную задачу для обеспечения безопасности данных и систем. С развитием технологий и появлением новых методов атак, эффективные методы обнаружения ВПО становятся все более актуальными. Целью данной статьи является анализ и сравнение различных подходов к обнаружению ВПО, с учетом их эффективности и применимости в разнообразных сценариях.

В свете разнообразных методов и подходов к обнаружению ВПО, основанных на сигнатурах, поведении, эвристиках, глубоком обучении и облачных технологиях, необходимо понять, какие из них лучше подходят для тех или иных видов угроз. В этом контексте важно оценить преимущества и недостатки каждого метода, а также определить их способность обнаруживать разнообразные типы ВПО.

В статье рассматриваются основные подходы к обнаружению ВПО, сравнивается их эффективность, анализируются преимущества и ограничения каждого метода. Важной составляющей исследования является анализ зависимости вероятности обнаружения ВПО от его сложности, позволяющий рекомендовать оптимальные подходы для применения в конкретных ситуациях и на различных этапах развития вредоносных программ.

Существует несколько основных подходов к обнаружению вредоносного программного обеспечения (ВПО), каждый из которых имеет свои уникальные характеристики, методы и особенности применения.

#### *Сигнатурный подход*

Сигнатурный подход основан на создании и использовании сигнатур, которые представляют собой уникальные характеристики или паттерны, характерные для известных вредоносных программ. Этот подход позволяет быстро идентифицировать известные ВПО, так как сравнивает образцы с базой сигнатур.

#### *Поведенческий подход*

Поведенческий подход фокусируется на анализе поведения программы или процесса. Он стремится выявить аномальные действия, несоответствующие типичному поведению программы, что может указывать на наличие ВПО. Поведенческий подход позволяет обнаруживать как известные, так и новые вредоносные программы.

#### *Эвристический подход*

Эвристический подход основан на использовании эвристик - эмпирических правил и приемов, которые позволяют выявить потенциально подозрительные или вредоносные действия. Этот подход пытается идентифицировать ВПО, не имеющее явных сигнатур, но обладающее характерными признаками.

*Подход на основе глубокого обучения*

Подход, основанный на глубоком обучении, позволяет автоматически извлекать признаки из данных и создавать модели для обнаружения ВПО. Этот метод способен выявлять сложные паттерны и аномалии, что делает его эффективным как для обнаружения известных, так и новых видов ВПО.

*Облачные подходы*

Облачные подходы предоставляют возможность проводить анализ и обнаружение ВПО на удаленных серверах, используя высокопроизводительные вычислительные ресурсы. Этот метод может значительно улучшить производительность и эффективность обнаружения, а также обеспечить более широкий доступ к данным и методам обработки [1].

Чтобы понять, в каких условиях какой из подходов может быть наиболее эффективным, сравним преимущества и недостатки каждого из рассмотренных подходов к обнаружению вредоносного программного обеспечения (ВПО).

Таблица 1

*Преимущества и недостатки подходов к обнаружению ВПО.*

<i>Подход</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
<i>Сигнатурный подход</i>	<i>Быстрый и точный для известных ВПО</i>	<i>Не обнаруживает новые и измененные ВПО</i>
<i>Поведенческий подход</i>	<i>Обнаруживает новые ВПО и аномалии</i>	<i>Требует анализа поведения, может иметь ложные срабатывания</i>
<i>Эвристический подход</i>	<i>Способен выявлять скрытые ВПО</i>	<i>Высокий уровень ложных срабатываний</i>
<i>Глубокое обучение</i>	<i>Эффективен для сложных ВПО и новых угроз</i>	<i>Требует большого объема данных и вычислительных ресурсов</i>
<i>Облачный подход</i>	<i>Высокая производительность и доступность ресурсов</i>	<i>Зависимость от доступности облачных ресурсов</i>

Из анализа таблицы 1 следует, что ни один из подходов не универсален и не является панацеей от вредоносного ПО.

Так сигнатурный подход с высокой вероятностью за минимальное время способен обнаружить ВПО, но не способен идентифицировать новые или измененные ВПО. Поведенческий подход хорошо работает с новыми угрозами, но может иметь ложные срабатывания. Эвристический подход может обнаружить скрытые ВПО, но при этом может допускать высокий уровень ложных срабатываний. Глубокое обучение позволяет обнаруживать сложное ВПО и новые угрозы, но требует больших ресурсов. Облачные подходы обеспечивают высокую производительность, но могут быть зависимы от доступности облачных ресурсов [2].

На рисунке 1 отображено, как меняется вероятность обнаружения ВПО при увеличении его сложности с применением наиболее часто используемых подходов.

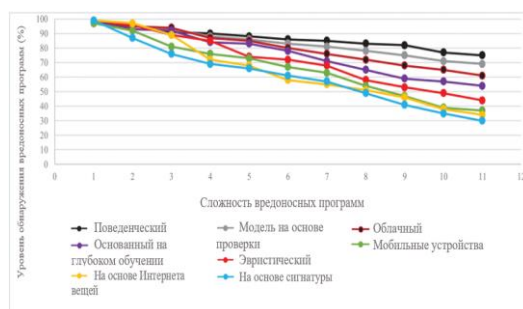


Рисунок 1. Оценка вероятности обнаружения в зависимости от типа ВПО.

Видно, что из рассмотренных нами ранее подходов, наиболее эффективными являются:

- 1) поведенческий,
- 2) на основе облачных технологий,
- 3) на основе глубокого обучения,
- 4) эвристический [3].

Выбирать подход к обнаружению ВПО следует, исходя из основных критериев:

- 1) Если основным критерием выбора является скорость и точность обнаружения известного ВПО, то лучшим выбором будет сигнатурный подход;
- 2) Если основным критерием выбора является обнаружение неизвестного ВПО, то лучшим выбором будет поведенческий подход;
- 3) Если основным критерием выбора является высокая вероятность обнаружения, то лучшим выбором будет использование нескольких подходов одновременно, таких как сигнатурный и поведенческий, однако стоит учитывать, что возрастают временные затраты.

\*\*\*

1. Яровой Р.В., Рябов Г.А., Кривоногова Е.В., Методы обнаружения вредоносного программного обеспечения: преимущества и недостатки // Тенденции развития науки и образования №105-5, 2023. С. 58-61.
  2. Завгородний В. И. Комплексная защита информации в компьютерных системах. — Москва «Логос», 2001. — 264с.
  3. Лысенко, А. В. Анализ методов обнаружения вредоносных программ / А. В. Лысенко, И. С. Кожевникова, Е. В. Ананьин, А. В. Никишова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 21 (125). — С. 758-761.
-

## РАЗДЕЛ XVIII. МАТЕМАТИКА

Антоновская О.Г., Бесклубная А.В.

### Исследование синхронизации квазигармонического осциллятора с квадратичным трением

*Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет  
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-254

#### Аннотация

Колебательность является основой многих явлений в естествознании. В теории нелинейных колебаний особенно отчетливо проступает необходимость развития математических методов для потребностей физики и техники. Применение линеаризации при исследовании нелинейных колебательных процессов достаточно долго представляло собой основной подход к решению нелинейных задач. Однако при решении существенно нелинейных задач аппарат линейной теории может оказаться недостаточным.

В предложенной работе представлено исследование методом приближенных точечных отображений квазигармонического осциллятора, являющегося математической моделью радиотехнической системы – так называемого квазигармонического осциллятора с квадратичным трением. Приводятся явно заданные функции последования точечного отображения, при построении которого используются асимптотические методы, а также результаты их изучения.

**Ключевые слова:** теория колебаний, нелинейная система, математическая модель, фазовое пространство, синхронизация, квазигармонический осциллятор, метод точечных отображений, асимптотические методы исследования.

#### Abstract

Oscillatory phenomenon is the basis of many phenomena in natural science. In the theory of nonlinear oscillations, the need for the development of mathematical methods for the needs of physics and technology is particularly clear. The use of linearization in the study of nonlinear oscillatory processes has long been the main approach to solving nonlinear problems. However, when solving essentially nonlinear problems, the apparatus of linear theory may be insufficient.

The proposed work presents a study by the method of approximate point maps of a quasi-harmonic oscillator, which is a mathematical model of a radio engineering system - the so-called quasi-harmonic oscillator with quadratic friction. Explicitly defined functions of the sequence of the point mapping are given, in the construction of which asymptotic methods are used, as well as the results of their study.

**Keywords:** oscillation theory, nonlinear system, mathematical model, phase space, synchronization, quasi-harmonic oscillator, point mapping method, asymptotic research methods.

Можно без преувеличения сказать, что практически нет ни одной области в физике и технике, в которой колебания не играли бы той или иной роли. Следует отметить, что конкретные колебательные системы, с которыми приходится иметь дело ученым и инженерам совершенно различны, однако колебательные явления, в них происходящие, подчинены общим закономерностям. Общность колебательных процессов, и в то же время их разнообразие играют немалую роль в установлении связи между казалось бы разнородными явлениями. Большую

роль в приспособлении математического аппарата качественно теории дифференциальных уравнений к проблемам теории нелинейных колебаний сыграли работы А. А. Андропова [1], его последователей и учеников [2], [3]. Только благодаря развитию математических методов исследования стало возможным углубленное понимание основных физических колебательных явлений.

В настоящей работе будет рассматриваться задача о синхронизации квазигармонического осциллятора с квадратичным трением, т.е. силой трения, пропорциональной квадрату скорости [1, С. 174-175]. Задача решается методом приближенных точечных отображений [4], [5], который является асимптотическим методом [6]. При построении точечного отображения используются метод Ван-дер-Поля [1, С. 479-499] и метод последовательных приближений [2, С.210-211]. Ставится естественно возникающий вопрос о практической применимости полученных результатов приближенного исследования.

Будем рассматривать уравнение квазигармонического осциллятора вида [1, С. 174]

$$\ddot{x} + x = \mu[-\xi x - \dot{x} - E_0 \dot{x}^2 \operatorname{sgn} \dot{x} + A \cos t], \quad (1)$$

$0 < \mu \ll 1, A > 0, E_0 > 0$ , или, при введении  $y = \dot{x}$ , систему двух уравнений с малым параметром

$$\dot{x} = y, \quad \dot{y} = x + \mu[-\xi x - y - E_0 y^2 \operatorname{sgn} y + A \cos t]. \quad (2)$$

Наиболее важным является вопрос о существовании у системы (2)  $2\pi$ -периодического решения (т.е. предельного цикла динамической системы).

Точечное отображение  $\tilde{T}$ , приближающее с точностью  $\mu^2$  отображение  $T$ , порожаемое траекторией системы (2) на секущей поверхности  $t = [t/(2\pi)]2\pi$  фазового пространства  $x, y, t$  [2, С. 205-210], [3, С. 68-70], построенное согласно методике, описанной в [4], [5], и использующей методы Ван-дер-Поля и последовательных приближений, в рассматриваемом случае будет иметь вид

$$\tilde{x} = x_0 - \mu\pi \left[ x_0 - \xi y_0 + \frac{8 E_0}{3 \pi} x_0 \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \right], \quad (3)$$

$$\tilde{y} = y_0 - \mu\pi \left[ \xi x_0 + y_0 \left( 1 + \frac{8 E_0}{3 \pi} \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \right) + A \right]. \quad (4)$$

Здесь  $x_0 = x(0)$ ,  $y_0 = y(0)$ ,  $\tilde{x} = x(2\pi)$ ,  $\tilde{y} = y(2\pi)$ . И, согласно [2, С. 186-191], вместо задачи нахождения  $2\pi$ -периодического решения системы (2) рассмотрим эквивалентную задачу – нахождение простой неподвижной точки отображения  $T$ .

Неподвижные точки приближающего отображения (3)-(4)  $\tilde{T}$  будут определяться формулами

$$x^* = -\frac{\xi r^2}{A}, y^* = -\frac{r^2}{A} \left( 1 + \frac{8 E_0}{3 \pi} r \right), \quad (5)$$

где  $r = \sqrt{(x^*)^2 + (y^*)^2} > 0$  находится в силу уравнения

$$r^2 \left[ \xi^2 + \left( 1 + \frac{8 E_0}{3 \pi} r \right)^2 \right] = A^2. \quad (6)$$

(5) получаем из известного условия  $\tilde{x} = x_0 = x^*$ ,  $\tilde{y} = y_0 = y^*$ . Примерный вид резонансных кривых представлен на рисунке 1.

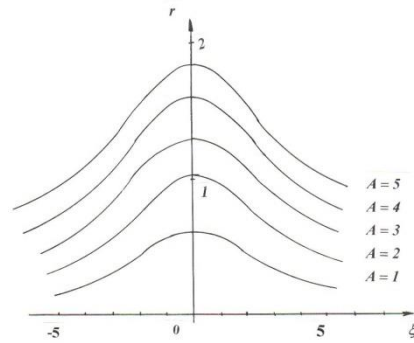


Рисунок 1. Вид резонансных кривых при  $E_0 = 3\pi / 8$ .

Устойчивость  $2\pi$ -периодического решения системы (2) определяется характером устойчивости соответствующей неподвижной точки в эквивалентной задаче. Для исследования устойчивости неподвижных точек точечного отображения  $\tilde{T}$  будем рассматривать характеристический полином

$$P(z) = (z - (1 - \mu\pi(1 + 4E_0r/\pi)))^2 - (\mu\pi)^2(\xi^2 - 16(E_0r)^2/(3\pi)^2). \quad (7)$$

Исследование устойчивости неподвижных точек точечного отображения  $\tilde{T}$  тесно связано с вопросами расположения корней характеристического полинома по отношению к единичному кругу  $|z| \leq 1$ . Пара действительных корней полинома  $P(z)$  (17) соответствует значения параметров  $|\xi| \leq 4E_0r/(3\pi)$ , корни являются комплексно-сопряженными при  $|\xi| > 4E_0r/(3\pi)$ . Отсюда следует вывод о том, что граница  $N_\omega$ , соответствующая уходу пары корней характеристического полинома с действительной оси в этом случае будет иметь вид двух полупрямых  $\xi = \pm 4E_0r/(3\pi)$  ( $r > 0$ ).

Характер устойчивости неподвижной точки (5) определяется бифуркациями корней характеристического уравнения относительно условия  $|z| = 1$ , т.е. меняется при переходе корня характеристического полинома через одно из значений:  $z = 1$  (граница  $N_+$ ),  $z = -1$  (граница  $N_-$ ), а также пары комплексно-сопряженных корней через значения  $z_{1,2} = e^{\pm i\phi}$  (граница  $N_\phi$ ).

Уравнение границы  $N_+$  ( $z = 1$ ) будет иметь вид

$$\xi^2 + (1 + \frac{8E_0r}{3\pi})(1 + \frac{16E_0r}{3\pi}) = 0. \quad (8)$$

То есть при  $r > 0$  граница не существует.

Уравнение границы  $N_-$  ( $z = -1$ ) в предположении, что  $\mu \neq 0$ , будет иметь вид

$$(2 - \mu\pi(1 + 4E_0r/\pi))^2 - (\mu\pi)^2(\xi^2 - 16(E_0r)^2/(3\pi)^2) = 0. \quad (9)$$

поэтому его канонический вид определяет эллипс, которая является эллипсом с центром в точке  $\xi = 0$   $r = 9(2 - \mu\pi)/(32\mu E_0)$  и главными диаметрами  $\sqrt{2}(2 - \mu\pi)/(2\mu\pi)$  по  $\xi$  и  $3(2 - \mu\pi)/(32\mu E_0)$  по  $r$ , целиком лежащим в области  $|\xi| \leq 4E_0r/(3\pi)$ .

Границе  $N_\phi$  отвечает уравнение

$$(2 - \mu\pi(1 + 4E_0r/\pi))(1 + 4E_0r/\pi) - \mu\pi(\xi^2 - 16(E_0r)^2/(3\pi)^2) = 0. \quad (10)$$

Уравнение  $N_\phi$  есть уравнение эллипса, т.е. эта граница представляет собой куски эллипса с центром в точке  $\xi = 0$   $r = 9(1 - \mu\pi)/(32\mu E_0)$  и главными диаметрами

$\sqrt{\frac{8 + (1 - \mu\pi)^2}{8(\mu\pi)^2}}$  по  $\xi$  и  $\sqrt{\frac{8 + (1 - \mu\pi)^2}{8} \frac{9}{128E_0^2(\mu\pi)^2}}$  по  $r$ , принадлежащие области

$|\xi| > |4E_0r|/(3\pi)$ . Границы  $N_-, N_\phi$  стыкуются в точках границы  $N_\omega$ . При  $r = 0$  граница

$N_\phi$  достигает оси  $\xi$  со значением  $\xi = \pm \sqrt{\frac{9 + (1 - \mu\pi)^2}{9(\mu\pi)^2}}$ .

Исследование положения границ  $N_\phi, N_-$  (8)–(10) бифуркации корней (7) на фазовой плоскости позволяет получить картину  $D$ -разбиения при малых  $\mu$  (рисунок 2). Границы  $N_\phi, N_-$  приведены с соответствующей штриховкой в сторону выхода корней характеристического уравнения из единичного круга. Однократная штриховка соответствует бифуркации корней на действительной оси. Область  $D=0$  есть область устойчивости.

Изучая уравнения границ  $N_\phi, N_-$  при изменении малого параметра получаем, что область устойчивости – ограниченная при любом конечном, пускай и малом  $\mu$ . Причем эта область расширяется, когда  $\mu \rightarrow +0$ . Для решения вопроса о существовании неподвижных точек точечного отображения  $\tilde{T}$  с некоторым характером устойчивости при  $A = const$  и различных  $\xi$  (а значит, и  $2\pi$ -периодического решения исходной системы) необходимо наложить картину границ  $D$ -разбиения для заданного  $\mu$  на плоскость с резонансной кривой, соответствующей заданному  $A$  (см. рисунок 3).

Кроме того, отметим, что для нелинейностей, входящих в выражения функций последования точечного отображения  $\tilde{T}$  имеет место соотношение

$$\left(\frac{8}{3} \frac{E_0}{\pi} x_0 \sqrt{x_0^2 + y_0^2}\right)^2 + \left(\frac{8}{3} \frac{E_0}{\pi} y_0 \sqrt{x_0^2 + y_0^2}\right)^2 = \frac{64}{9} \frac{E_0^2}{\pi^2} (x_0^2 + y_0^2)^2, \quad (11)$$

причем выражение (10) при  $x_0^2 + y_0^2 \rightarrow +\infty$  стремится к бесконечности быстрее, чем сама величина  $x_0^2 + y_0^2$ . Отсюда следует, что бесконечность для приближенной модели всегда устойчива, а устойчивый режим в случае его существования в ограниченной части фазовой плоскости имеет ограниченную область притяжения. Причем область его притяжения расширяется при  $\mu \rightarrow +0$  [5].

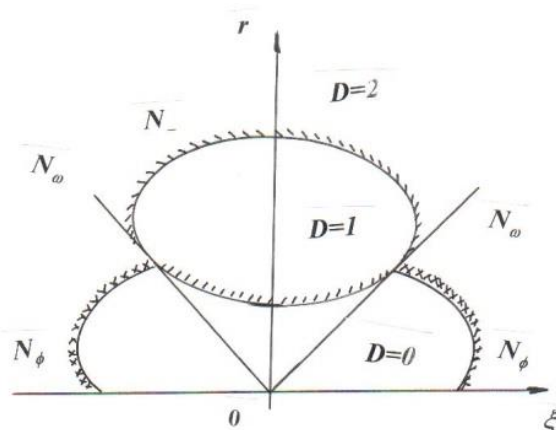


Рисунок 2. Примерный вид границ  $D$ -разбиения.



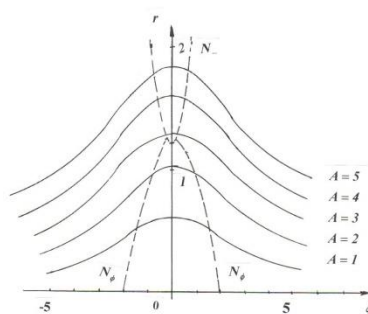


Рисунок 3. Взаимное расположение резонансных кривых и границ области устойчивости при  $\mu\pi = 0,5$ ,  $E_0 = 3\pi/8$ .

В заключение хочется отметить, что поведение системы (2) исследовалось с помощью асимптотического метода, каковым является метод приближенных точечных отображений, поскольку при построении приближенного точечного отображения [5], [7] используется метод Ван-дер-Поля [1, С. 479], [6, С. 371]. То есть актуальным является вопрос о возможности практического применения результатов приближенного исследования, а это означает необходимость обоснования метода приближенных точечных отображений. Проблема обоснования асимптотических методов может рассматриваться с различных точек зрения. Можно, например, искать условия, при выполнении которых разность между точным решением и его асимптотическим приближением при малых значениях становится малым на достаточно большом, но все же конечном интервале времени [1]. А можно поставить задачу о совпадении (обычно локальном, но иногда и глобальном) разбиений фазовых пространств рассматриваемых моделей при малых значениях [2, С. 213-215]. Подобное обоснование метода приближенных точечных отображений, как метода асимптотического, дано в работах [5], [7].

\*\*\*

1. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. 568 с.
2. Неймарк Ю. И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1972. 472 с.
3. Бутенин Н. В., Неймарк Ю. И., Фуфаев П. А. Введение в теорию нелинейных колебаний. М.: Наука, 1987. 384 с.
4. Антоновская О. Г., Бесклубная А. В. Метод точечных отображений и задача о синхронизации квазигармонического осциллятора с полиномиальной нелинейностью. // Тенденции развития науки и образования 2022. № 7 (87). Часть 2. Самара: «LJournal». - С. 41-45.
5. Антоновская О. Г., Горюнов В. И. Метод точечных отображений в задачах нелинейной динамики. – Гамбург: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 140 с.
6. Боголюбов Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974. 504 с.
7. Антоновская О. Г. Метод последовательных приближений в оценке близости приближенного и точного точечных отображений при учете неизохронности процессов в динамике систем ИФАПЧ. // Вестник ННГУ, Нижний Новгород. 2013. № 5(1). С. 210–212.



## РАЗДЕЛ XIX. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Колтаков А.А., Юршин Н.С., Куделькин В.А.

### Результаты математического эксперимента по определению параметров материалов вибро-звукозащитного комплекса для специальных машин

Военно-воздушная академия  
им проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(Россия, Воронеж)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-255

#### Аннотация

Статья посвящена решению оптимизационной задачи по выбору параметров звукозащитных материалов кабин специальных машин на примере аэродромного кондиционера АК-0,4-9А. Представлены этапы и результаты численных исследований, приведены зависимости уровня звукового давления в кабине от плотности и модуля упругости звукозащитных материалов.

**Ключевые слова:** шум, уровень звукового давления, уровень звука, плотность, модуль упругости, звукозащитный материал.

#### Abstract

The article is devoted to solution of the optimization problem on the selection of parameters, sound-proof materials cabin special machines on the example of aerodrome air conditioning АК-0,4-9А. The stages and the results of numerical studies the relationship between sound pressure level in the cabin from the density and elastic modulus of sound-proof materials.

**Keywords :** noise, sound pressure level, sound level, density, modulus of elasticity, sound-proof material.

Вопросы, связанные со снижением шума и звуковой вибрации автомобиля, агрегатируемого специальным оборудованием, содержащим мощные источники виброакустической энергии механического и аэродинамического происхождения, являются на сегодняшний день достаточно актуальными так как направлены на обеспечение безопасных условий труда водителей-операторов этих машин. В нашей стране действуют нормативные документы [1], определяющие пороговые значения уровня шума на рабочем месте водителя-оператора, несоблюдение которых запрещает сертификацию и, следовательно, эксплуатацию данного типа оборудования.

Существуют специальные машины, выполняющие несколько технологических операций, при этом на каждом режиме работы частоты с максимальным значением уровня звукового давления (УЗД) отличаются. К таким машинам относится аэродромный кондиционер АК-0,4-9А (АК), на примере которого представлен численный метод определения рациональных параметров звукозащитных материалов кабины, состоящий из трех расчетных этапов.

Особенностью АК является длительное время работы и выполнение нескольких технологических операций – обогрев, вентиляция, охлаждение, при этом образуется мощный аэродинамический шум, оказывающий воздействие на водителя-оператора.

Для снижения общего шума в кабине традиционно используются звукозащитные материалы, составляющие обшивку салона. Шумозащитная обшивка сокращает полезный объем кабины, поэтому ее толщину стремятся сократить до минимума. По предварительным расчетам толщина рассматриваемых материалов, равная 20...40 мм существенно не влияет на значения УЗД, однако с увеличением толщины материала возрастает его стоимость и общий

вес. По-этому согласно критериям оптимизации по весу, габаритам и стоимости материала, его толщина выбирается равной 20 мм.

Среди современных методов численного анализа МКЭ принадлежит особое место. Благодаря своим, достаточно простым математическим моделям и очевидному физическому представлению, МКЭ является наиболее эффективным методом решения различных задач механики сплошной среды. Практическое использование МКЭ основано на применении матричной алгебры и ЭВМ, что позволяет автоматически, эффективно построить и решить систему алгебраических уравнений высокого порядка. Основой метода при анализе процессов, происходящих в конструкции, является моделирование сплошной среды (конструкции) разбиением ее на участки – конечные элементы, в каждом из которых среда имеет свое поведение. С помощью выбранных функций, представляющих собой напряжение и перемещение в указанном участке, можно описать поведение среды. Функции необходимо задавать в таком виде, чтобы выполнялось условие непрерывности характеристик во всей среде.

В процессе численных исследований удалось выявить зависимость плотности материала и его модуля упругости, применяемого в качестве обшивки кабины, кузова и панелей на значения УЗД и УЗ в контрольных точках (в кабине, впереди, сзади, слева, справа автомобиля) на характерных октавных частотах возмущения, превышающие требования нормативных документов.

Расчеты проводились в 4 этапа: 1 – строился октавный спектр расчетного УЗД в контрольных точках при штатном исполнении АК; 2 – изменяя плотность и модуль упругости, определялись рациональные параметры материала; 3 – определялись УЗД в контрольной точке с использованием рационального материала вместо штатного; определялись УЗД в контрольной точке с использованием рационального материала и звукозащитных панелей. Материал обшивки панелей соответствовал материалу обшивке кузова.

На первом этапе расчетов, установлено, что на режиме работы «охлаждение» УЗД имеют максимальные значения, при этом на среднегеометрической частоте 125 Гц наблюдается превышение нормативного значения УЗД на 17,5 дБ, как показано на рисунке 1.

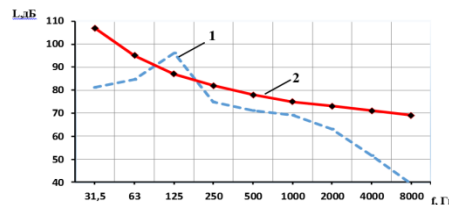


Рисунок 1. Октавный спектр расчетного УЗД в кабине АК-0,4-9А. 1 – охлаждение, 2 – требования ГОСТ 12.1.003-2014.

На втором этапе, изменяя плотность ( $\rho$ ) и модуль упругости ( $E$ ), определялись рациональные параметры материала в кабине АК на частоте возмущения 125 Гц. Результаты численных исследований представлены на рисунке 2.

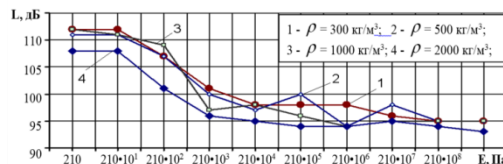


Рисунок 2. Зависимость УЗД в кабине АК при изменении плотности и модуля упругости материала толщиной 20 мм на частоте 125 Гц.

Из анализа рисунка 2 следует, что наименьшие значения УЗД в кабине АК достигаются при применении материалов с  $E=210 \cdot 10^5 \dots 210 \cdot 10^6$ ,  $210 \cdot 10^8$  (Па) и более и  $\rho = 500$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) и более. Таким образом, удовлетворяет заданным критериям материал плотностью  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$  и модулем упругости порядка  $210 \cdot 10^6$  Па при толщине 20 мм.

Аналогичным образом, определяются рациональные параметры звукозащитного материала для кузова и звукозащитных панелей на частоте возмущения 500 Гц.

Максимум УЗД достигается при использовании материалов с  $E=210 \cdot 10^3$  Па, а минимум – с  $E=210 \cdot 10^6$  Па. Также снижение УЗД достигается путем увеличения плотности материала, однако с увеличением данного показателя увеличивается общий вес и стоимость изделия. Таким образом рациональный материал для кузова и панелей характеризуется плотностью 300 кг/м<sup>3</sup> модулем упругости порядка  $210 \cdot 10^6$  Па при толщине 40 мм/

На последующих этапах численных исследований производились расчеты УЗД в контрольных точках с построением октавного спектра при использовании рационального материала вместо штатного и с использованием рационального материала и звукозащитных панелей.

На рисунке 3 представлены расчетные УЗ, анализ которых показывает, что, применяя рациональный материал, снижение общего шума в кабине АК происходит на 4,3 дБА.

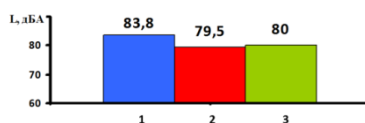


Рисунок 3. Расчетный уровень звука в кабине АК.

1 – охлаждение; 2 – охлаждение с применением рационального материала;  
3 – требования ГОСТ 12.1.003-2014.

Таким образом, численным методом удалось определить, что на режиме работы «охлаждение» на среднегеометрической частоте 125 Гц наблюдается максимальными значениями УЗД, которое рекомендуется компенсировать путем применения звукозащитного материала, обладающего плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> и модулем упругости порядка  $210 \cdot 10^6$  Па при толщине 20 мм, при этом общий шум в кабине АК снизится на 4,3 дБА и будет удовлетворять нормативным значениям.

Общий шум в кабине АК характеризуется УЗ. Установлено, что, применяя рациональный материал, снижение общего шума происходит на 4,3 дБ, применяя рациональный материал и панели – на 6,1 дБ, при использовании рационального материала, панелей и рациональных виброизоляторов – на 7,9 дБ. Следовательно, виброзвукозащитные мероприятия позволяют снизить УЗ до 75,9 дБ и обеспечивают соблюдение нормативных требований.

\*\*\*

1. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. ШУМ. Общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2015. 28 с.
2. Устинов, Ю. Ф., Колтаков А. А., Харламов А. Ю., Иванов В. П., Дрозд А. В. Программа: «Методика расчета шумозащиты в транспортно-технологических машинах» // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2012. – № 11(42). – Режим доступа: <http://ofernio.ru/portal/newspaper/ofernio/2012/11.doc>
3. Иванов Н. И. Основы виброакустики: Учебник для вузов / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров. – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.

**Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б.**

### **Многокритериальная оптимизация методом ранжирования при выборе средств шумоизоляции на электросварочном производстве**

*Тверской государственный технический университет  
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-256

#### **Аннотация**

При разработке мероприятий по улучшению условий труда в производственной сфере приходится решать задачи с учетом многих исходных данных. Для оценивания конечных

результатов при выборе средств борьбы с шумом приходится принимать во внимание несколько разных показателей, таких, как эффективность шумопоглощения, экологичность, пожароустойчивость, удобство монтажа и эксплуатации, себестоимость и других. Приводится пример использования метода экспертных оценок с многокритериальной оптимизацией методом ранжирования для обоснования наиболее оптимальных вариантов решения задачи из ряда возможных.

**Ключевые слова:** производственная безопасность, улучшение условий труда, метод экспертных оценок.

#### Abstract

When developing measures to improve working conditions in the production sector, it is necessary to solve problems taking into account many initial data. To evaluate the final results, when choosing noise control means, several different indicators must be taken into account, such as noise absorption efficiency, environmental friendliness, fire resistance, ease of installation and operation, cost and others. An example of the use of the expert assessment method with multi-criteria optimization by ranking is given to justify the most optimal options for solving a problem from a number of possible ones.

**Keywords:** industrial safety, improvement of working conditions, expert assessment method.

Снижения уровня звукового давления до приемлемых значений на рабочих местах сварщиков в процессе финишной сварки на участках изготовления сварных объемных металлических конструкций является одной из главных задач обеспечения безопасных условий труда на рабочих местах.

В соответствии с требованиями, установленными приказом Минтруда РФ от 11.12.2020 г. № 884н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ» [1] на рабочих местах должны устанавливаться **защитные экраны** из негорючего материала. ГОСТ 31287-2005. «Шум. Руководство по снижению шума в рабочих помещениях акустическими экранами» [2] устанавливает **акустические и эксплуатационные требования**, которые должны быть согласованы между поставщиком/изготовителем и потребителем акустических экранов. При этом целесообразно, чтобы экраны совмещали две функции – звукопоглощение и тепловую защиту.

Одним из оптимальных способов защиты и максимального снижения уровня шума является ограждение участка сварки звукопоглощающими экранами по всему периметру. Наиболее эффективными материалами являются минеральная вата, базальтовые, стекловолоконные и другие. При выборе варианта принимают во внимание такие показатели и характеристики, как эффективность поглощения шума, экологичность, наличие потенциально опасных и вредных связующих добавок (например, формальдегидной смолы, асбеста), степень огнестойкости, себестоимость, удобство монтажа, обслуживания в процессе эксплуатации и многие другие.

Из этого следует, что при выборе наиболее эффективных средств шумопоглощения необходимо учитывать большое количество показателей. В качестве рассматриваемых вариантов необходимо провести обоснование наиболее предпочтительные из защитных экранов, характеристики которых приведены ниже:

V1 - звукоизоляционная панель ST12 4631157238952, используется в качестве дополнительной звукоизоляции существующих конструкций. Одинаково эффективно справляется с воздушным и ударным (структурным) шумами. Состоит из прочного семислойного крафтового каркаса, наполненного термически обработанным кварцем; для производства панелей применяются только экологически безопасные материалы, что способствует созданию здорового микроклимата в помещении – подтверждено гигиеническим сертификатом;

V2 - панель «Соноплат Комби ТехноСонус» 1300300007 предназначена для быстрого и удобного монтажа тонких бескаркасных систем звукоизоляции; оснащена упругой легкой

подложкой, которая позволяет производить монтаж непосредственно на выровненную поверхность изолируемой стены или перекрытия;

В3 - звукоизоляционная панель Soundguard Gipslock 70 1200x600x70 мм 101400 – готовая к монтажу, состоит из двух гипсоволокнистых плит толщиной 10 мм каждая и слоя базальтовой ваты толщиной 50 мм; конструктивной особенностью является смещение слоев панели относительно друг друга; такое строение позволяет облегчить и ускорить монтаж системы звукоизоляции и шумопоглощения бескаркасным способом;

В4 – Соноплат (SonoPlat) – это тонкие звукоизоляционные панели из древесноволокнистого прессованного листа с гофрированной структурой, заполненные мелкодисперсным кварцевым наполнителем. При большой массе и малой толщине (12 мм) имеет высокий индекс изоляции воздушного шума, что сводит к минимуму потери свободного пространства; Соноплат Стандарт состоит из натуральных, экологически чистых и безопасных для здоровья компонентов;

В5 – перегородки из панелей производства АО «СовПлим» обеспечивают снижение шума на 29 дБ; по результатам испытаний были рекомендованы производителем для применения в качестве шумозащитных экранов и выгородок, а также для изготовления кабин с целью защиты от шума в цехах и других помещениях производственных зданиях;

В6 - звукоизоляционная панель ТриоПанель 1200x600x32 мм WellDone 70319040, применяется внутри помещений любого назначения; изготовлена из семислойного целлюлозного каркаса, заполненного термически обработанным минеральным кварцевым мелкодисперсным наполнителем, и многофункционального материала, состоящего из переработанных видов звуковой пены, прессованных в плиты очень большой плотности; является альтернативой минеральной вате, обладает одновременно и звукоизоляционным и противозумовым эффектом, образует покрытие, владеющее убавлением уровня шума в широком диапазоне частот.

Основные характеристики защитных экранов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики защитных экранов.

Варианты экранов	Характеристики защитных экранов				
	П1 шумопоглощаемость $\Delta R_w$ , дБ	П2 удельная масса, $кг/м^2$ ,	П3 группа горючести, огнест., °С	П4 цена, руб/1м <sup>2</sup>	П5 преимущества
Экран В1 ST12 4631157238952	36	17.5	Г 4	2450	
Экран В2 Соноплат Комби ТехноСонус 1300300007	32	20.8	Г 4	2 930	+
Экран В3 Soundguard Gipslock 70 1200x600x70 мм 101400	18	30.0	Г 1	2600	+
Экран В4 Соноплат (SonoPlat)	28	24.0	Г 1	1970	
Экран В5 «СовПлим»	44	26,5		2140	
Экран В6 – ТриоПанель 1200x600x 32 мм	55	25.0	Г 3	2 200	

Принимая во внимание сложность рассматриваемой проблемы, каковой является выбор вариантов оптимальных конструкций экранов, недостаточность имеющейся информации,

невозможность математической формализации способа решения, целесообразно воспользоваться мнением компетентных специалистов, знающих проблему, — экспертов. В качестве экспертов выступают специалисты в конкретных областях знаний, которые могут выбрать и обосновать наиболее эффективные, по их мнению, варианты решений.

Метод экспертных оценок [3] в данном случае является наиболее приемлемым прежде всего потому, что в процессе принятия решений приходится осуществлять выбор в условиях неопределённости, которая обусловлена наличием факторов, в их совокупности не поддающихся строгой количественной оценке.

Для оценивания объективности предложенных экспертами решений существуют различные способы, в том числе такие, как парные и множественные сравнения, ранжирование, классификация. Метод предпочтения предполагает ранжирование (например, выставление баллов) для каждого из возможных вариантов, альтернатив решения проблемы по предпочтениям. Эксперт может дать и количественную оценку предпочтения.

Ранжирование – это расположение параметров, характеристик объектов в порядке возрастания или убывания какого-либо присущего им свойства. Ранжирование позволяет выбрать из исследуемой совокупности факторов наиболее существенный. При этом индивидуальные оценки могут быть основаны на использовании мнения отдельных экспертов, независимых друг от друга, коллективные оценки - на использовании коллективного мнения группы экспертов. Им предъявляются, как правило, один или несколько компонентов системы и предлагается указать более предпочтительные из этих элементов.

Информацию, получаемую от экспертов, нельзя считать готовой для использования. Она должна быть оценена с применением статистических методов обработки данных, и только после этого может применяться для принятия управленческих решений.

К оцениванию вариантов в рассматриваемом случае привлекаются 5 экспертов. При этом каждый из них проводит ранжирование альтернатив по предпочтению. Для этого каждый из них выставляет ранг 1 (балл) фактору - экрану, который, по его мнению, является наименее предпочтительным. При этом он учитывает все показатели, характеризующие данный экран. Ранг 2 выставляется следующему по предпочтению экрану и так далее до шестого экрана. Выставленные экспертами ранги (баллы) вносятся в матрицу (таблицу) размером  $M \times N$ , где  $M = 5$  – количество экспертов,  $N = 6$  – количество вариантов (факторов) (таблица 2).

Таблица 2

Матрица предпочтений.

Эксперты ( $M=5$ )	Варианты экранов ( $N=6$ )					
	$B1$	$B2$	$B3$	$B4$	$B5$	$B6$
	Ранги (баллы)					
1	3	1	2	6	4	5
2	2	3	1	4	6	5
3	1	2	3	5	4	6
4	2	1	4	6	3	5
5	3	2	1	5	4	6

Проведем преобразование матрицы предпочтений по соотношению:

$$B_{ij} = N - X_{ij}, \text{ где } i = 1 \dots M, j = 1 \dots N.$$

При этом предполагается, что каждый выставленный ранг вычитается из числа альтернатив (вариантов)  $N$ . Результат преобразования матрицы предпочтений представим в таблице 3.

Таблица 3

Преобразованная матрица экспертных оценок.

Эксперты	Варианты экранов ( $N=6$ )					
	$B1$	$B2$	$B3$	$B4$	$B5$	$B6$
	Преобразованные оценки альтернатив					
1	3	5	4	0	2	1
2	4	3	5	0	0	1



3	5	4	3	2	2	0
4	4	5	2	1	3	1
5	3	4	5	0	2	0

Находим суммы преобразованных оценок по каждой альтернативе:

$$C_j = \sum_{i=1}^M B_{ij}, \text{ где } j = 1 \dots N.$$

В данной задаче  $C_1 = 3 + 4 + 5 + 4 + 3 = 19$ ,  $C_2 = 21$ ,  $C_3 = 19$ ,  $C_4 = 3$ ,  $C_5 = 9$ ,  $C_6 = 3$ .

Находим сумму всех оценок:

$$C = \sum_{j=1}^N C_j = 19 + 21 + 19 + 3 + 9 + 3 = 74.$$

Находим удельные веса альтернатив по формуле  $V_j = C_j / C$ ,

где  $V_1 = 19/74 = 0,257$ ,  $V_2 = 21/74 = 0,28$ ,  $V_3 = 19/74 = 0,257$ ,  $V_4 = 3/74 = 0,04$ ,  $V_5 = 9/74 = 0,12$ ,  $V_6 = 3/74 = 0,04$ .

Чем больше удельный вес  $V_j$ , тем более предпочтительной (по мнению экспертов) является альтернатива решения задачи шумопоглощения. Наиболее эффективным является вариант 2, следующими по предпочтению – варианты 1, 3 и так далее. Варианты 4 и 6 – сомнительные проекты из 6 предложенных, которые можно считать неприемлемыми.

Целесообразной является проверка степени согласованности экспертных оценок. При её анализе в случае значительных расхождений предполагается установление причин таких различий и, при необходимости, уточнение некоторых оценок.

Анализ и обработку экспертной информации следует проводить с использованием математических методов, в том числе оцениванием степени согласованности выставленных экспертами оценок с помощью коэффициентов ранговой корреляции и конкордации. Наиболее часто в качестве такой оценки применяется коэффициент конкордации Кендалла  $W$  [ 4 ]:

$$W = \frac{12 \cdot S}{M^2 \cdot N \cdot (N^2 - 1)}$$

Этот показатель используется в математических методах экономического анализа и исследования операций (балльный метод, ранжирование показателей, оценка относительной важности показателей - "весов") [ 5 ].

Его расчет выполняем в следующем порядке. Вычисляется сумма оценок, выставленных экспертами для каждой альтернативы (таблица 2) по формуле:

$$S_j = \sum_{i=1}^M X_{ij}, \text{ где } j = 1 \dots N$$

В данной задаче  $S_1 = 3 + 2 + 1 + 2 + 3 = 11$ , соответственно  $S_2 = 9$ ,  $S_3 = 11$ ,  $S_4 = 26$ ,  $S_5 = 21$ ,  $S_6 = 27$ .

Находится вспомогательная величина  $A = M(N + 1)/2 = 5(6+1)/2 = 17,5$ , и другую вспомогательную величину  $S$  по соотношению:

$$S = \sum_{j=1}^N (S_j - A)^2$$

$$S = (11-17,5)^2 + (9-17,5)^2 + (11-17,5)^2 + (26-17,5)^2 + (21-17,5)^2 + (27-17,5)^2 = 331,25.$$

Подставляя в формулу расчета  $W$  вычисленные выше величины, получаем коэффициент конкордации  $W = 0,757$ . Чем дальше величина  $W$  от 0 и ближе к 1, тем более согласованными являются оценки, выставленные экспертами. В рассматриваемом случае степень объективности в выборе экспертами вариантов шумопоглощения можно признать более чем удовлетворительной.

Однако этот коэффициент не может в полной мере применяться для установления хорошей согласованности мнений экспертов, поскольку он показывает только отклонение от случаев полной несогласованности. Для устранения данного недостатка можно рассмотреть альтернативный коэффициент конкордации, оценивающий близость сумм рангов альтернатив к случаю полной согласованности.

\*\*\*

1. Приказ Минтруда РФ от 11.12.2020 г. № 884н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ».
2. ГОСТ 31287-2005. «Шум. Руководство по снижению шума в рабочих помещениях акустическими экранами».
3. Антонов А.В. Системный анализ. Учебное пособие для вузов. / А.В.Антонов. – М. : Высшая школа, 2004. – 454 с.
4. Кендалл М. Новая мера ранговой корреляции. - Биометрика. **30** (1–2): 81–89. Дои:10.1093 / biomet / 30.1-2.81. JSTOR 2332226.
5. Многомерные статистические методы: учебное пособие / С.М. Бородачев. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2009. - 84 с.

**Синицын С.А., Шумейко Г.С.**

**Прочностной расчет герметичных клепаных соединений с учетом действующих усилий и длительного воздействия окружающей среды**

*Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ))  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-257

**Аннотация**

Клепаные соединения применяются для создания герметичных швов неразъемных конструкций оболочек уже не одно десятилетие. Среди устройств такого рода можно выделить прочные соединения с одной и двумя накладками, которые по своей конструкции состоят из двух клепаных швов внахлестку. Такие герметичные швы должны оставаться надежными и долговечным под воздействием внешних нагрузок и влияния агрессивной внешней среды, вызывающей коррозию металла и изменение прочностных свойств конструкции. В статье рассмотрены и предложены методы расчета герметичных клепаных конструкций с учетом внешних воздействий и технологии их изготовления. Получена формула, по которой можно вычислить толщину металла герметичной оболочки, учитывающая число заклепок и влияние коррозионной среды.

**Ключевые слова:** клепаные соединения, герметичные швы, толщина оболочки, влияние коррозии, количество клепаных швов, нагружение швов, горячие технологии.

**Abstract**

Riveted joints have been used to create sealed seams in permanent shell structures for decades. Among devices of this kind, we can distinguish strong connections with one and two overlays, which in their design consist of two riveted overlapping seams. Such sealed seams must remain reliable and durable under the influence of external loads and the influence of an aggressive external environment, causing corrosion of the metal and a change in the strength properties of the structure. The article discusses and proposes methods for calculating hermetically sealed riveted structures, taking into account external influences and their manufacturing technology. A formula has been obtained that can be used to calculate the thickness of the metal of the sealed shell, taking into account the number of rivets and the influence of the corrosive environment.

**Keywords:** riveted joints, sealed seams, shell thickness, influence of corrosion, number of riveted seams, seam loading, hot technologies.



Листы и накладки накладных заклепочных швов подвергаются изгибу под действием растягивающей силы  $P$  (рис.1). Прочностной и геометрический расчет такого шва производится аналогично расчету шва внахлестку.

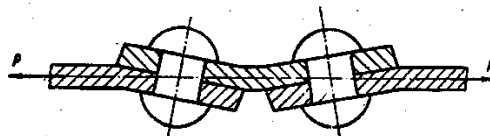


Рисунок 1. Деформация шва под действием растягивающей силы.

Для увеличения запаса прочности часто используются однорядные заклепочные швы с двумя накладками (рис.2). В таких швах растягивающие силы  $P_t$ , в расчете на одну заклепку, приложены по центральной осевой линии относительно соединяемых листов и накладок. В таких соединениях изгибающие напряжения полностью отсутствуют [1,с.134].

Под действием силы  $P_t$ : заклепки работают на срез по двум поперечным сечениям; заклепки, листы и накладки – на смятие; листы и накладки – на срез по отдельным указанным на рисунке площадкам; листы – на растяжение по сечению  $кб$ .

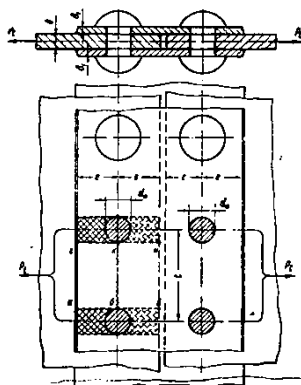


Рисунок 2. Схема нагружения конструкции соединения с двумя накладками.

Толщина  $\delta_1$  каждой накладки обычно берется:

$$\delta_1 \geq 0,6\delta$$

или

$$2 \delta_1 \geq 1,25\delta,$$

то есть суммарная толщина накладок больше толщины листа. Поэтому толщина накладок обычно не рассчитывается. Делая необходимые подстановки в уравнение прочности для элементов шва, получим:

$$d_0 = (0,9 \div 1,1)\delta; t = (3,73 \div 4,56)d_0. (1)$$

Для инженерных расчетов обычно принимают:

$$d_0 = (1,5 \div 1,75)\delta; t = 4d_0; e = 1,5d_0. (2)$$

По этой же методике нетрудно составить уравнение прочности и для двухрядного шва встык с двумя накладками [2,с.87].

При конструировании такого шва необходимо учитывать, что при одинаковом шаге в каждом ряду большая часть внешней силы  $P$  будет восприниматься первым наружным рядом заклепок. Соответственно, при одинаковом ослаблении листа отверстиями для заклепок напряжение будет больше в сечении по первому ряду, чем в сечении по второму ряду. В целях более равномерного нагружения заклепок обоих рядов и уменьшения напряжения в теле листа по первому ряду заклепок, соединение делают не двухрядным, а полуторным, как это показано на рис.3.

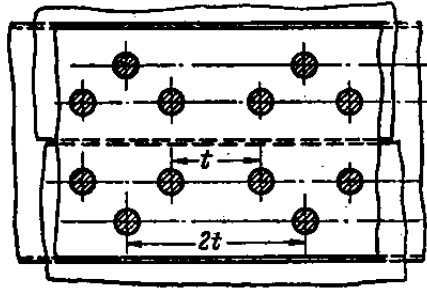


Рисунок 3. Схема расположения заклепок в полторном соединении листов.

Заклепочные швы часто используют для получения герметичных конструкций с плотным прилеганием листов. Такие швы принято называть прочно-плотными.

Для получения плотно-прочных швов заклепки всегда ставятся в горячем состоянии [3,с.69]. После прекращения технологической операции заклепки остывают до температуры окружающей среды, укорачиваются и прочно прижимают листы друг к другу. В случае сдвига листов возникнут напряжения среза заклепок, и может быть нарушена герметичность соединения. Чтобы этого не произошло, сила сопротивления листов скольжению должна быть не меньше  $P_t$ , рис.4.

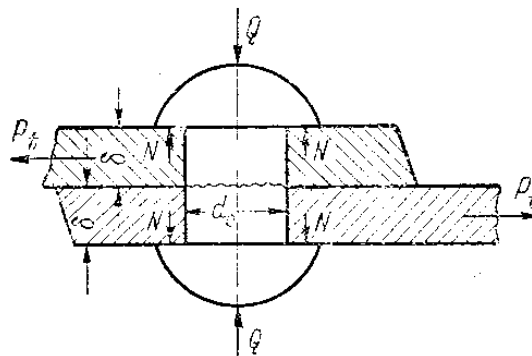


Рисунок 4. Схема действия внешних сил в прочно-плотном соединении листов.

Сила сжатия листов головками заклепок возникает вследствие усадки стержня заклепки при ее остывании. По закону Гука напряжение в стержне заклепки определяется:

$$\sigma_p = E_0 \varepsilon = E \alpha (t_k^0 - t_b^0), (3)$$

где:  $E$  – модуль упругости;

$\varepsilon$  – относительное удлинение;

$\alpha$  – коэффициент линейного растяжения стали;

$t_k^0$  – конечная температура процесса клепки;

$t_b^0$  – температура воздуха.

Например, для Ст.3 (ГОСТ 380 -12) растягивающее напряжение  $\sigma_p$  равно пределу текучести  $\sigma_T = 2200 \text{ кг/см}^2$ . Очевидно, что температура заклепок превышающая  $100 - 110^{\circ}\text{C}$  не обеспечит достаточной прочности заклепок.

Если же температура заклепок будет близка к температуре воздуха, то малое давление головок заклепок на листы не обеспечит требуемой плотности соединения. Поэтому, как правило применяется машинный способ постановки заклепок, который обеспечивает вполне определенное давление на головку заклепки и конечную температуру для всех заклепок, чего не может обеспечить ручной способ клепки [4,с.434].

Предположим, что требуется изготовить герметичный сосуд цилиндрической формы с применением технологии клепки, рис.5

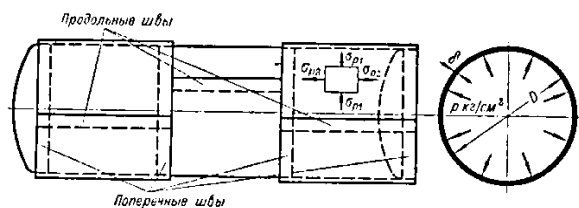


Рисунок 5. Схема расположения клепадных швов цилиндрического сосуда.

Известно, что в герметически закрытом сосуде давление  $P$  кг/см<sup>2</sup> во всех направлениях одинаково.

Расчет тонкостенных сосудов, имеющих форму тела вращения, производится по известной формуле:

$$\frac{P}{\delta} = \frac{\sigma_{p1}}{\rho_1} + \frac{\sigma_{p2}}{\rho_2}. \quad (4)$$

Радиус кривизны стенки цилиндра в поперечном направлении равен:

$$\rho_1 = \frac{D}{2},$$

а в продольном:

$$\rho_2 = \infty.$$

Следовательно,

$$\frac{P}{\delta} = \frac{\sigma_{p1}}{\frac{D}{2}}.$$

Сравнивая напряжения в продольном сечении при толщине стенки сосуда  $\delta$  с напряжениями, возникающими в поперечном сечении, видим, что:

$\sigma_{p1} = 2\sigma_{p2}$ , то есть опасным является продольное сечение, по которому вероятней всего может произойти разрушение сосуда. Поэтому толщину стенки сосуда будем определять по формуле:

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma_p]}. \quad (5)$$

Необходимо помнить и учесть ослабление стенки сосуда отверстиями для заклепок. Его можно учесть путем введения так называемого коэффициента прочности шва.

Для полосы шириной  $t$  при однорядном шве справедливо равенство:

$$\delta_{p1} = \frac{P_t}{(t - d_0)\delta}, \quad (6)$$

где  $d_0$  – диаметр отверстия.

Ослабление листа отверстиями под заклепку будет характеризоваться соотношением:

$$\varphi = \frac{\sigma_{p1}^1}{\sigma_{p1}} = \frac{t - d_0}{t}. \quad (7)$$

Эта величина  $\varphi$  называется коэффициентом прочности и должна учитываться в расчетном уравнении (5). При длительной работе сосуда стенки его будут подвергаться коррозии с внутренней и внешней стороны. Учитывая это, толщину стенки увеличивают на 1 – 3 мм. Тогда, окончательная расчетная формула имеет вид:

$$\delta = \left[ \frac{pD}{2\varphi[\sigma_p]} + (0,1 \div 0,3) \right] \quad (8)$$

\*\*\*

1. Левчук Т.В., Дубровин В.С., Панченко В.А. Механика, теоретическая механика и прикладная механика. РУТ, Москва, 2021, 190с.
2. Панченко В.А., Сеницын С.А., Дубровин В.С.. Выполнение сборочных моделей и рабочей конструкторской документации средствами САПР КОМПАС-3D. Учебное пособие, Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2018. ISBN 978-5-7473-0918-0, 164 с.
3. Левчук Т.В., Втулкин М.Ю. Инновационные технологии на железнодорожном транспорте// История и перспективы развития транспорта на севере России. 2012. №1. С.68-71.
4. Гусарова О.Ф. Прогрессивные методы применения графических аналогий для моделирования пластического формоизменения материала. Меридиан, 2020.№3(37), <http://meridian-journal.ru/>, с.432-434

## РАЗДЕЛ XX. НАНОТЕХНОЛОГИИ

Князев А.А.

### Прогресс в нанoeлектронных устройствах: от транзисторов до квантовых точек

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Бауман  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-258

#### Аннотация

В статье рассматривается развитие нанoeлектронных устройств, начиная с истории появления транзисторов и заканчивая современными технологиями на основе квантовых точек. Основное внимание уделяется преимуществам и проблемам миниатюризации, а также потенциалу гибридных систем, объединяющих транзисторы и квантовые точки.

**Ключевые слова:** нанoeлектроника, транзисторы, квантовые точки, миниатюризация, гибридные системы.

#### Abstract

The article examines the evolution of nanoelectronic devices, tracing the history of transistors and culminating in modern quantum dot technologies. Emphasis is placed on the advantages and challenges of miniaturization, as well as the potential of hybrid systems that combine transistors and quantum dots.

**Keywords:** nanoelectronics, transistors, quantum dots, miniaturization, hybrid systems.

#### Введение

Нанoeлектроника – область науки и техники, занимающаяся изучением и созданием устройств на основе структур размером в несколько нанометров. В основе ее развития лежат принципы квантовой механики и уникальные свойства материалов [1]. Нанoeлектроника начала развиваться после создания первых полупроводниковых диодов и транзисторов в середине XX века, с тех пор представления об электронных компонентах сильно изменились. В настоящее время основная проблема, связанная с уменьшением размера транзистора, заключается в том, что увеличение количества транзисторов приводит к росту потребляемой мощности и перегреву микросхемы. Первые транзисторы имели размеры порядка нескольких миллиметров, размер современных транзисторов соизмерим с величиной атома. Вследствие чего могут возникать квантовые эффекты, поэтому требуется разработка принципиально новых устройств, создавая новые схемы передачи электронов [3].

Квантовые точки (КТ) являются одним из направлений развития нанoeлектроники, имеют уникальные свойства и возможности, которые могут привести к созданию новых, более эффективных и надежных устройств [4]. Квантовые точки представляют собой наноразмерные кристаллы, которые обладают эффектом квантового конфайнмента электронов. Это явление, когда свойства электрона в кристалле изменяются из-за того, что электрон заключен между двумя поверхностями, которые не позволяют ему свободно двигаться.

В данной статье будут рассмотрены основные этапы развития нанoeлектронных устройств, от транзисторов до КТ. Также будет исследовано их влияние на современную науку и технику [5]. Автор исследует возможности взаимодействия этих двух технологий и их перспективы в будущем [6].

**Развитие транзисторной технологии.** Транзисторы являются одним из самых важных изобретений XX века. Их появление не только стимулировало прогресс в электронной индустрии, но и кардинально изменило облик современного мира [1]. Первый биполярный транзистор был создан в 1947 году в лабораториях компании Bell Labs Джоном

Бардином, Уолтером Браттейном и Уильямом Шокли [2]. Это устройство представляло собой миниатюрный электронный переключатель и усилитель, который мог выполнять функции электронных ламп, но при этом обладал многими преимуществами: меньшими размерами, низким энергопотреблением и большой долговечностью. Первые версии транзисторов были изготовлены из германия, однако впоследствии кремний стал основным материалом благодаря его химической стабильности и отличным полупроводниковым свойствам.

**Миниатюризация и её последствия.** Миниатюризация транзисторов началась практически сразу после их изобретения. Закон Мура, сформулированный в 1965 году, гласит, что количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые два года [3]. Этот прогноз оставался верным в течение нескольких десятилетий. Например, в 1970-х годах средний размер элементов на чипе составлял около 10 микрон, к 2000 году этот размер уменьшился до 180 нанометров, а к 2020 году достиг 5 нанометров [4]. Однако такая интенсивная миниатюризация привела к появлению ряда проблем. С уменьшением размеров транзисторов стали проявляться квантовые эффекты, такие как туннелирование, которые могли привести к ухудшению функционирования устройств [5]. Кроме того, уменьшение размера привело к увеличению плотности тока и, как следствие, к проблемам с отводом тепла.

**Материалы для современных транзисторов.** Для решения указанных выше проблем, ученые исследовали возможности создания новых материалов и технологии, которые позволили бы в итоге изготовить первые транзисторы. Одним из таких направлений стало использование двумерных материалов, таких как графен. Благодаря его уникальным свойствам, таким как низкое энергопотребление, у ученых появилась возможность создавать транзисторы с еще меньшими размерами и высокой производительностью [6]. Кроме графена активно изучаются и другие материалы, такие как молибден и вольфрам, которые обладают такими электронными свойствами, которые также подходят для изготовления транзисторов.

**Переход к квантовым точкам.** Одно из новых направлений в нанoeлектронике, которое развивается параллельно транзисторам и заслуживает особого внимания – это КТ. Эти наноструктуры открывают новые возможности для разработки и создания устройств, функционирование которых основано на квантовых принципах [1].

**Что такое КТ и их свойства.** Квантовые точки – это наноразмерные кристаллы, электрические характеристики которых зависят от их размера и формы. Чем меньше размер кристалла, тем больше расстояние между его энергетическими уровнями. При переходе электрона на энергетический уровень ниже испускается фотон, а так как размер КТ можно регулировать, то можно изменять энергию испускаемого фотона, или изменять цвет испускаемого квантовой точкой света. Основное преимущество КТ заключается в возможности высокоточного контроля над их размером, а следовательно и над проводимостью. Это свойство КТ нашло применение в области оптоэлектроники и биомедицины [3].

**Применение КТ.** КТ стали активно использоваться в различных нанoeлектронных устройствах. Один из примеров – солнечные элементы с КТ. Благодаря своим уникальным свойствам, КТ позволяют создавать солнечные панели с более высоким КПД, чем традиционные полупроводниковые материалы. Например, современные квантово-точечные солнечные элементы могут достигать КПД порядка 13%, что является значительным прогрессом по сравнению с предыдущими поколениями [4]. Другое интересное применение КТ – это создание светодиодов. Эти устройства обладают ярким и насыщенным цветом излучения, а также высокой эффективностью перевода электрической энергии в свет [5].

**Сравнение КТ и транзисторов.** Несмотря на то, что транзисторы и КТ представляют собой разные нанoeлектронные структуры, и те и другие играют ключевую роль в развитии

современной электроники. Транзисторы служат основой для большинства электронных схем и устройств, в то время как КТ открывают новые возможности в оптоэлектронике и фотонике. Однако стоит отметить, что КТ можно комбинировать с транзисторами для создания новых гибридных систем. Такие системы объединяют преимущества обеих технологий и предлагают новые возможности для создания высокоэффективных и компактных устройств [6].

### **Взаимодействие транзисторов и КТ**

С ростом интереса к КТ и продолжением исследований в области транзисторов возникает вопрос о возможности их совмещения. Взаимодействие этих двух технологий может привести к созданию новых гибридных систем, объединяющих преимущества обеих методов [1].

**Гибридные системы и их преимущества.** Ученые уже начали разрабатывать устройства, в которых КТ объединены с транзисторами. Одним из примеров может служить квантово-точечный транзистор, который использует КТ в качестве канала для проведения тока между истоком и стоком. Благодаря квантовому конфайнменту, такие транзисторы обладают лучшими характеристиками, чем традиционные, за счет более высокой скорости переключения и уменьшенного энергопотребления [2].

Другим примером гибридных систем является использование КТ для модуляции оптического сигнала в транзисторах. Это позволяет создавать устройства, которые сочетают в себе преимущества оптоэлектроники и традиционной электроники, обеспечивая высокую скорость передачи данных и низкое энергопотребление [3].

**Возможные применения в будущем.** Будущее таких гибридных систем выглядит многообещающим, ожидается, что такие системы найдут применение в различных областях, начиная от вычислительной техники и заканчивая биомедициной. Например, в области вычислительной техники гибридные системы могут привести к созданию нового поколения процессоров с улучшенной производительностью и эффективностью. В биомедицине КТ, совместно с транзисторами, могут быть использованы для создания высокочувствительных датчиков для диагностики и мониторинга заболеваний [4].

**Выводы.** За последние десятилетия в области наноэлектроники наблюдается поразительный прогресс в интеграции и оптимизации электронных устройств. С момента появления транзисторов, которые стали основой для большинства современных электронных устройств, мы стали свидетелями внедрения КТ, открывающих новые перспективы в оптоэлектронике и фотонике [1]. Благодаря гибридным системам, сочетающим эти два направления, ученые смогут создавать устройства с улучшенными характеристиками, низким энергопотреблением и высокой производительностью [2]. Безусловно, сочетание транзисторов и КТ открывает новые возможности для науки и техники, и мы можем ждать множество инновационных решений в этой области в ближайшие годы [5].

\*\*\*

1. Жарницкий, В. Я. Математическая модель материалов конструкций и элементов восстанавливаемых грунтовых плотин для численных расчетов / В. Я. Жарницкий, А. П. Смирнов // Природообустройство. – 2021. – № 4. – С. 46-51.
2. Регор Е. В., Петина О. Н. Использование наноматериалов в наноэлектронике // StudNet. – 2020. – Т. 3. – № 8. – С. 484-489.
3. Электронный аналог печатного издания: Наноэлектроника : учебное пособие / А. А. Шука : под ред. А. С. Сигова. - 2-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 342 с. : ил. (Нанотехнологии).
4. Губин С. П. Полностью углеродная наноэлектроника (проект) // Радиотехника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2011. – Т. 3. – № 1. – С. 47-55.
5. Карпенков С. Х. Технические средства информационных технологий. – ООО ДиректМедиа, 2021.
6. Ситдигов Б., Вдовиченко И. Н., Вдовиченко И. Н. Перспективы развития микропроцессорных устройств. – 2020.

Куликова Е.М.

**Перспективы и инновации в области материаловедения для гидрокостюмов**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-259

**Аннотация**

В контексте подводных технологий, где безопасность и эффективность играют решающую роль, понимание деформационного поведения материалов имеет важное значение. В ходе исследования были проведены эксперименты с различными материалами с целью оценить их устойчивость к деформациям под воздействием водной среды и давления.

**Ключевые слова:** деформационные свойства, материалы, гидрокостюмы, подводные технологии, устойчивость.

**Abstract**

In the context of underwater technologies, where safety and efficiency play a crucial role, understanding the deformation behavior of materials is important. In the course of the study, experiments were carried out with various materials in order to assess their resistance to deformation under the influence of an aqueous medium and pressure.

**Keywords:** deformation properties, materials, wetsuits, underwater technologies, stability.

Гидрокостюмы, широко применяемые в дайвинге и подводной работе, должны обеспечивать комфорт и безопасность для дайверов. Одним из важных аспектов при создании гидрокостюмов является выбор подходящих материалов и изучение их деформационных свойств. Это позволяет разработать костюмы, которые обеспечивают максимальное удобство и защиту в различных условиях под водой. Исследование деформационных свойств материалов для гидрокостюмов имеет критическое значение для нескольких аспектов:

1. **Комфорт и маневренность:** Гидрокостюмы должны обеспечивать свободу движения для дайверов. Изучение деформационных свойств позволяет выбирать материалы, которые обеспечивают комфорт и удобство во время погружения.
2. **Устойчивость к давлению:** Под водой давление увеличивается с глубиной, и материалы гидрокостюмов должны быть спроектированы так, чтобы выдерживать это давление без деформации.
3. **Изоляция и защита:** Гидрокостюмы также служат защитой от холодной воды и различных океанических факторов, таких как соленая вода и морская живность. Исследование материалов позволяет создавать костюмы, которые эффективно защищают дайверов.

Исследование деформационных свойств материалов для гидрокостюмов включает в себя ряд методов и технологий:

1. **Тянущие испытания (расслабленные и напряженные):**
  - Эти испытания помогают определить уровень растяжимости и прочности материала, а также его способность восстанавливать форму после деформации.
2. **Исследование эластичности:**
  - Эластичность материала определяет, насколько хорошо он может восстанавливать свою форму после растяжения или сжатия.
3. **Изучение сопротивления давлению:**
  - Этот вид исследования помогает определить, как материал гидрокостюма справляется с внешним давлением на разных глубинах.
4. **Анализ абразивной стойкости:**

- Гидрокостюмы могут подвергаться воздействию морских водорослей и животных. Исследование абразивной стойкости помогает выбрать материалы, которые устойчивы к повреждениям.
5. Термические испытания:
- Гидрокостюмы также должны обеспечивать теплоизоляцию. Термические испытания позволяют определить, как материалы справляются с различными температурами воды.

С развитием научных и технологических достижений, исследование деформационных свойств материалов для гидрокостюмов становится более точным и информативным. Новые композитные материалы и технологии обработки открывают новые перспективы в создании гидрокостюмов, которые сочетают в себе легкость, прочность, термическую стабильность и эластичность.

Инженеры и ученые продолжают работать над улучшением материалов для гидрокостюмов, чтобы предоставить дайверам еще более надежную и комфортабельную защиту в подводных условиях. Исследование деформационных свойств материалов играет ключевую роль в этом процессе, и его значимость только увеличивается с развитием подводной технологии. Теплоизолирующие характеристики гидрокостюма обусловлены материалом, из которого он изготовлен, а именно неопреном. Благодаря ячеистой структуре, заполненной азотом, этот материал замедляет поток воды и обеспечивает необходимую защиту от потери тепла. Примечательной особенностью этого материала является его гибкость, что обеспечивает плотное прилегание к телу человека. В местах соединительных швов возникают силы упругости между составными частями конструкции, что приводит к деформации деталей кроя, изменению их формы, искривлению и смещению швов.



Рисунок 1. Модель условной стопы человека.

Главной целью данного исследования было изучение деформационных свойств неопрена – материала, который в настоящее время используется для создания гидрокостюмов. Это исследование было проведено с целью разработки оптимальной конструкции гидрокостюма и его деталей, обеспечивающих плотное прилегание и равномерное распределение давления материала по поверхности тела человека.

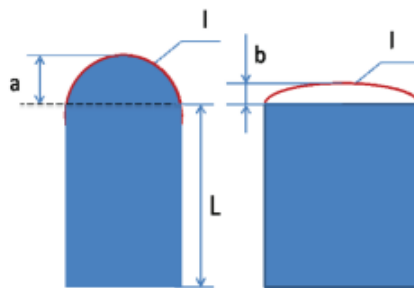


Рисунок 2. Развертка модели условной стопы.

Исследование сфокусировалось на условиях деформации формы элементов одежды, которые определяются свойствами неопрена. В рамках экспериментальных исследований была



создана и протестирована модель гидрокоска, так как он подвергается значительным физическим нагрузкам и деформациям вдоль поверхности. Для обобщения экспериментальных условий была использована модель условного человека с упрощенной геометрией элементов тела, приближенной к геометрическим формам. Например, для моделирования стопы как элемента гидрокостюма был выбран цилиндр с соответствующими параметрами длины и объема. Эта абстрактная модель позволяла определить параметры развертки условной модели гидрокоска.



Рисунок 3. Лабораторные образцы модели условной стопы.

Итак, теплоизолирующие свойства гидрокостюма обеспечиваются материалом, который способен замедлять поток воды и защищать от потери тепла. Важное значение имеют деформационные свойства материала, такие как гибкость и упругость, которые определяют его способность плотно прилегать к телу и поддерживать форму. Исследование деформационных характеристик неопрена позволяет разработать оптимальные конструкции гидрокостюмов с учетом эргономики и комфорта пользователя.

Параметры первоначальной модели имели следующие значения: длина ( $L$ ) составляла 26,4 см, высота выступа полукруга ( $a$ ) составляла 4,7 см, периметр выступа полукруга ( $l$ ) составлял 13,84 см. Начальное значение выступа полукруга ( $b$ ) не было установлено.

На основе разработанных деталей конструкции условной модели гидрокоска из неопрена были созданы лабораторные образцы. Параметр выступа полукруга ( $a$ ) был уменьшен на 0,5 см, в результате чего параметр ( $b$ ) был увеличен на 0,5 см. Остальные параметры пересчитывались в соответствии с правилами геометрического сопряжения срезов соединяемых деталей.

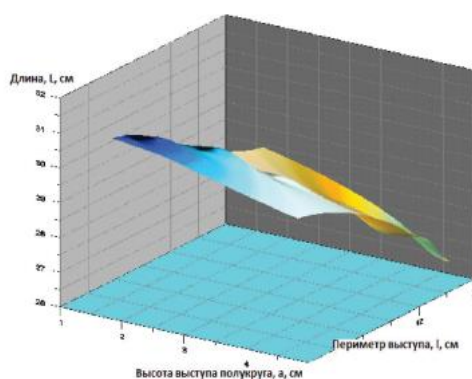


Рисунок 4. График зависимости длины модели ( $L$ ) от высоты выступа полукруга ( $a$ ) и от периметра выступа полукруга ( $l$ ).

Параметр ( $a$ ) изменялся до тех пор, пока силы упругости материала неопрен не перевернули исходную форму детали в противоположное направление. Образцы условной модели стопы (гидрокоска) показаны на рисунке 3.

Таким образом, исходя из полученных данных, можно заключить, что силы упругости, определенные характеристиками материала неопрен, оказывают влияние на взаимодействие компонентов замкнутой поверхности. Следовательно, если требуется спроектировать участки

для облегчения поверхностей тела человека и предотвратить деформацию деталей гидрокостюма, необходимо учитывать эффекты сил упругости материала неопрен и руководствоваться полученными зависимостями в процессе проектирования гидрокостюмов.

\*\*\*

1. Неопрен [Электронный ресурс]: Web– мастера neopren.su, режим доступа <http://neopren.su/index.php/component/k2/item/26-neoprene>, 2009-2013.
2. Смирнов В.В., Ларина Л.В., Черунова И.В., Меркулова А.В., Щеникова Е.А. Методы интенсификации процессов гидротермической обработки для придания материалам легкой промышленно-сти свойств формоустойчивости // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. – М. – 2012. – №6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7971>

**Куликова Е.М.**

**Применение инновационных методов синтеза и модификации для материалов, подходящих для экстремальных условий эксплуатации**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-260

**Аннотация**

В данной работе рассматривается комплексный подход к получению новых материалов, обладающих высокой степенью термической стойкости и эффективной защитой от внешних воздействий. Применение инновационных методов синтеза и модификации позволяет достичь оптимальных характеристик материалов, подходящих для экстремальных условий эксплуатации.

**Ключевые слова:** термостойкость, защитные свойства, синтез материалов, модификация, экстремальные условия.

**Abstract**

In this paper, an integrated approach to obtaining new materials with a high degree of thermal resistance and effective protection from external influences is considered. The use of innovative methods of synthesis and modification makes it possible to achieve optimal characteristics of materials suitable for extreme operating conditions.

**Keywords:** heat resistance, protective properties, synthesis of materials, modification, extreme conditions.

Термостойкие материалы с комплексом защитных свойств играют важную роль во многих промышленных и научных областях. Они обеспечивают надежную защиту от высоких температур, агрессивных химических воздействий и механического износа. Получение таких материалов – это многозадачная задача, которая требует инновационных методов и технологий.

Термостойкие материалы предназначены для работы в экстремальных условиях. Они применяются в различных отраслях, начиная от аэрокосмической промышленности и заканчивая нефтегазовой и энергетической сферами. Однако, помимо высокой термостойкости, они часто должны обладать и другими защитными свойствами, такими как химическая стойкость, электрическая изоляция, и механическая прочность. Примерами применения термостойких материалов могут быть:

1. Аэрокосмическая промышленность: Термостойкие материалы используются для создания огнеупорных оболочек и изоляционных покрытий на ракетах и спутниках.
2. Нефтегазовая промышленность: Они применяются для изготовления оборудования, подверженного высоким температурам и агрессивным средам, например, при бурении скважин или переработке сырья.

3. Энергетическая отрасль: Термостойкие материалы необходимы для строительства энергоблоков, котельных и высокотемпературных трубопроводов.

Для создания термостойких материалов с комплексом защитных свойств сегодня используются различные методы и технологии. Ниже представлены некоторые из них:

1. Синтез керамических материалов:
  - Керамические материалы известны своей высокой термостойкостью и химической стойкостью.
  - Процесс синтеза керамических материалов может включать обжиг и спекание при высоких температурах.
  - Добавление различных добавок позволяет улучшить другие защитные свойства материала, такие как механическая прочность и электрическая изоляция.
2. Использование композитных материалов:
  - Композитные материалы создаются путем сочетания разных материалов, чтобы объединить их положительные свойства.
  - Например, сочетание керамики и металла может дать материал с высокой термостойкостью и механической прочностью.
3. Химическое покрытие:
  - Нанесение химических покрытий на поверхность материала может улучшить его химическую стойкость.
  - Такие покрытия могут быть осаждены с использованием методов, таких как химическое осаждение из паровой фазы (CVD) или химическое осаждение из раствора (CVD).
4. Инженерное проектирование структуры:
  - Инженеры могут разрабатывать структуры материалов на микро- и нануровне для улучшения их свойств.
  - Например, пористые структуры могут увеличить теплоизоляционные свойства материала.

Получение термостойких материалов с комплексом защитных свойств - это сложная задача, которая требует постоянного исследования и инноваций. С появлением новых технологий и материаловознания, возможности создания таких материалов продолжают расширяться. Согласно экспертам, в настоящее время российский рынок спецодежды активно развивается, становясь одним из самых динамичных сегментов текстильной промышленности. Этот сектор отличается постоянным расширением ассортимента и совершенствованием своих характеристик, стремясь стать более современным и ориентированным на потребности клиентов. Одежда, изготовленная на основе термостойких и огнестойких химических волокон, имеет широкий спектр применения, особенно в областях, требующих защиты от термических рисков. Это касается сотрудников энергетической отрасли, металлургических предприятий, пожарных, нефтяников, газовиков, спасателей, сварщиков и других профессионалов. Востребованным в сфере повседневной носки являются материалы на основе волокон Номекс, благодаря оптимальному сочетанию защитных характеристик, включая физико-механические, термические, огнезащитные и химическую стойкость.

Старение полимерных материалов – это совокупность физико-химических процессов, происходящих при хранении, переработке и эксплуатации, приводящих к изменению свойств материалов. Для изучения этого процесса было проведено исследование старения ткани Номекс с разной поверхностной плотностью (180 г/м<sup>2</sup>, 220 г/м<sup>2</sup>), модифицированной путем пропитки и покрытия с целью улучшения защитных свойств.

Исследования включали:

- проведение 50 бытовых стирок;
- проведение 50 стирок в мыльно-содовом растворе;
- воздействие ксеноновой лампы в течение 100 часов;

- фотоокислительную деструкцию в течение 100 часов.

Для анализа изменений были проведены следующие измерения:

- оценка прочностных характеристик ткани и пряжи;
- измерение изменения цвета ткани;
- испытания на износ пряжи.

Исследования показали, что наиболее сильное снижение прочности пряжи в ткани Номекс происходит при воздействии света (до 27%). Влияние стирок и фотоокислительной деструкции на прочностные характеристики не оказалось значительным.

Для анализа изменения разрывной нагрузки текстильных материалов после их старения, предпочтительно использовать испытания на стойкость к свету. Эти испытания показали, что данные, характеризующие потерю свойств после облучения, имеют схожие значения, что указывает на равномерное изменение свойств всех волокон при облучении. Этот метод предоставляет более сопоставимые результаты, чем стирки или фотоокислительная деструкция. Следует отметить, что стирка и фотоокислительная деструкция приводят к увеличению поверхностной плотности тканей за счет усадки, что, в свою очередь, влияет на разрывные характеристики.

Изменение цвета тканей при старении вызвано светом и стиркой. Стирка в мыльно-содовом растворе оказывает более сильное воздействие на цвет, чем бытовые стирки. Выгорание ткани наиболее интенсивное у легких тканей с поверхностной плотностью 180 г/м<sup>2</sup> под воздействием света.

Для продления срока службы тканей Nomex, применяемых в летних костюмах, рекомендуется защищать их поверхность от воздействия света. Были также проведены исследования по нанесению керамического покрытия на поверхность ткани, содержащего добавки, поглощающие ультрафиолетовое излучение. Исследования подтвердили, что светостойкость ткани Номекс с разработанным керамическим покрытием способствует повышению устойчивости к свету на 1–2 балла. Для изучения деструкции текстильных материалов после их старения использовались термогравиметрический анализ, электронная микроскопия и ИК-спектроскопия. С использованием метода термогравиметрического анализа (ТГА) были исследованы образцы исходной ткани номекс (образец №0) и ткани после старения, подвергшейся совместному воздействию стирок и света (образцы №1, №2). Исследования выявили, что ткани номекс проходят сложный механизм термодеструкции, состоящий из 5 основных стадий, которые происходят в следующих температурных интервалах:

1. Первая стадия (50–200°C) – удаление связанной воды и капиллярной влаги.
2. Вторая стадия (200–400°C) – разложение низкомолекулярных соединений, содержащихся в полимере.
3. Третья стадия (400–500°C) – интенсивное разложение полимера с выделением горючих газов.
4. Четвертая стадия (500–650°C) – разложение полипарааамида, составляющего часть ткани.
5. Пятая стадия (800–1000°C) – окисление остатков кокса.

Состав и структура полимера в ткани Номекс варьируют из-за второй и третьей стадий деструкции.

Из графика (рис. 1) видно, что разложение тканей после воздействия света и стирок начинается при более низких температурах. Максимальные скорости разложения на второй и третьей стадиях термодеструкции значительно превышают аналогичные параметры для исходной ткани.

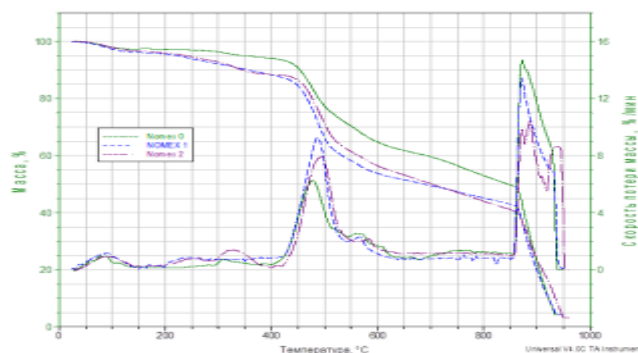


Рисунок 1. Данные ТГ- и ДТГ-анализа исходной ткани номекс (0), ткани после воздействия света и стирок (№1, №2) (скорость нагрева 20 град/мин, атмосфера – азот до 850 оС, далее воздух).

С применением метода ИК-спектроскопии был проанализирован состав исходной ткани номекс (№0) и тканей после старения (№1, №2). Исследование показало увеличение числа концевых групп в полимерах после воздействия стирок и света. Это указывает на фотоокислительную деструкцию полимеров, что приводит к их разрушению. Эти изменения снижают физико-механические свойства тканей. Например, потеря прочности на разрыв для ткани №1 составляет 52%, а для ткани №2 – 39%.

Связывая максимальные скорости разложения полимера на второй и третьей стадиях термодеструкции с показателями, характеризующими снижение прочностных характеристик, можно оценить степень старения материала.

\*\*\*

1. Юрцев О.О. Оценка изменения свойств тканей, предназначенных для специальной одежды работников нефтедобывающего комплекса, в процессах эксплуатации: Дисс...канд. тех. наук: 05.19.01. – М.: МГТУ, 2012. – 216 с

## РАЗДЕЛ XXI. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Гайнанов И.И.

### Оптимизация эксплуатации нефтегазовых скважин за счет инновационных решений в конструкции труб

Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-261

#### Аннотация

Основное внимание уделено разработке инновационных методов и технологий, направленных на повышение надежности и эффективности данных соединений. Результаты данного исследования имеют потенциал для оптимизации производства и эксплуатации нефтегазовых скважин.

**Ключевые слова:** резьбовые соединения, трубы нефтегазового сортамента, забойные двигатели, надежность, эффективность.

#### Abstract

The main attention is paid to the development of innovative methods and technologies aimed at improving the reliability and efficiency of these connections. The results of this study have the potential to optimize the production and operation of oil and gas wells.

**Keywords:** threaded connections, oil and gas grade pipes, downhole motors, reliability, efficiency.

Нефтегазовая промышленность остается одной из ключевых отраслей мировой экономики. Для обеспечения непрерывной добычи и транспортировки нефти и газа на мировом рынке необходимы надежные и эффективные конструкции резьбовых соединений труб и забойных двигателей. С постоянно растущими требованиями к производительности, безопасности и экологической устойчивости, инженеры и ученые активно занимаются совершенствованием этих конструкций. Существующие конструкции резьбовых соединений и забойных двигателей сталкиваются с рядом проблем, которые необходимо решить для повышения их эффективности и надежности:

1. Утечки и потери: Нефтегазовые производства часто сталкиваются с проблемами утечек, что не только снижает производительность, но и представляет угрозу для окружающей среды.
2. Износ и коррозия: Работа в агрессивных условиях может вызывать износ и коррозию соединений и компонентов, что требует регулярного обслуживания и замены.
3. Низкая эффективность: Старые конструкции могут не соответствовать современным требованиям по эффективности и экологической устойчивости.

Для решения этих проблем инженеры и ученые разрабатывают современные конструкции резьбовых соединений труб и забойных двигателей:

1. Усовершенствованные уплотнительные решения: Внедрение новых материалов и технологий для создания надежных уплотнительных элементов помогает снизить утечки и потери.
2. Использование высокопрочных материалов: Применение современных композитных материалов и сплавов повышает устойчивость к коррозии и износу.
3. Автоматизация и мониторинг: Внедрение сенсоров и систем мониторинга позволяет реагировать на потенциальные проблемы до их ухудшения, что

повышает надежность и уменьшает необходимость в регулярном обслуживании.

4. Экологически устойчивые решения: Разработка более чистых технологий и уменьшение вредных выбросов помогают снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Совершенствование конструкций резьбовых соединений труб и забойных двигателей в нефтегазовой промышленности играет ключевую роль в обеспечении устойчивости и эффективности этой отрасли. С постоянным развитием новых материалов, технологий и методов мониторинга, инженеры продолжают работать над улучшением этих конструкций, что способствует повышению надежности, производительности и экологической безопасности процессов добычи и транспортировки нефти и газа.

В бурении нефтяных и газовых скважин применяется множество технических устройств, части которых объединяются с помощью конической резьбы упорного или безупорного типа. Коническая резьба (КР) представляет собой значимую альтернативу цилиндрической резьбе, и она широко используется в буровой технике. КР обладает рядом преимуществ, включая возможность создания нужного напряжения при сравнительно простом монтаже, улучшенное выравнивание соединяемых деталей и быструю сборку.

Эта резьба применяется на бурильных трубах в виде замковых соединений, обсадных и насосно-компрессорных трубах, а также в конструкции турбобуров, винтовых забойных двигателей и технологической оснастке буровых колонн. Учитывая, что количество таких соединений в одной скважине может достигать нескольких сотен и их надежность существенно влияет на общую производительность и безопасность оборудования и инструмента для бурения скважин, КР имеет важное значение и требует внимания в процессе строительства и эксплуатации нефтяных и газовых скважин.

Современные технологии и увеличение глубины скважин, а также повышение пластовых давлений, предъявляют более строгие требования к качеству и надежности КР. При этом необходимо учитывать разнообразие геолого-технических условий, которые могут меняться в процессе бурения скважин. Это требует применения различных типов КР с разной эксплуатационной производительностью.

В связи с этим постоянно идет поиск новых конструктивных решений, направленных на улучшение технических характеристик КР. Кроме использования треугольного профиля витков стали, внедряются более сложные типы резьб с трапецеидальным контуром. Для увеличения прочности вводятся дополнительные конструктивные элементы, такие как уплотнения типа "металл-металл" для лучшей герметичности и разгружающие зарезьбовые канавки, конические стабилизирующие элементы для увеличения статической и динамической прочности.

Значительная часть этой работы выполняется специализированной лабораторией резьбовых соединений (ЛРС) в нефтегазовой отрасли. ЛРС занимается разработкой новых типов КР, контролем их качества и безопасности, проведением исследований на усталость и статическую прочность, а также созданием рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности КР. Лаборатория также занимается контролем и сертификацией резьбовых калибров и разработкой нормативно-технической документации для производства и эксплуатации КР. Эта работа позволяет обеспечить высокую надежность и безопасность буровых операций и оборудования.

Лаборатория резьбовых соединений (ЛРС), специализирующаяся на разработке и совершенствовании конструкций конических резьбовых соединений (КРС), заслуживает высших наград и признаний за свой вклад в нефтегазовую промышленность. Множество разработанных ЛРС конструкций КРС были удостоены медалей ВДНХ, что подтверждает их значимость и важность.

Использование разработок ЛРС привело к значительному увеличению объема выпускаемых нарезных труб нефтегазового сортамента с улучшенными соединениями, что в разные периоды составляло около 30% от общей массы выпускаемых в России нарезных труб. Внедрение бурильных и обсадных труб с улучшенными характеристиками позволило успешно



осуществлять бурение глубоких и сверхглубоких скважин, а также значительно снизило количество отказов и аварий при строительстве скважин.

За многие годы работы ЛРС было разработано множество нормативных документов и рекомендаций по контролю и эксплуатации КРС, которые широко используются буровыми предприятиями и постоянно совершенствуются с учетом развития техники и технологии строительства скважин.

Лаборатория провела обширные исследования, в рамках которых было защищено множество кандидатских и докторских диссертаций, а также опубликовано много научных материалов. Она обладала современным техническим оборудованием и высококвалифицированным персоналом, что позволило ей успешно выполнять научно-исследовательские работы и контроль качества конических резьбовых калибров.

Лаборатория резьбовых соединений считается лидером в нефтегазовой отрасли и продолжает активно внедрять инновационные решения для совершенствования конструкций КРС и обеспечения надежности и безопасности бурения скважин.

Лаборатория резьбовых соединений (ЛРС) провела научный анализ и современную обработку обширных данных экспериментальных исследований, на основе которых разработала оригинальную методику расчета и оптимизации конструкции замковых резьбовых соединений (ЗРС) элементов бурильной колонны и КРС с резьбой типа МК забойных двигателей. Эта методика позволяет достичь высоких технических характеристик соединения, включая статическую прочность, сопротивление усталости, герметичность и ресурс при многократном свинчивании, исходя из заданных начальных параметров и условий.

Важно отметить, что разработанная методика имеет широкий спектр применения и может использоваться как для прямых расчетов, так и для обратных задач расчета, что позволяет оптимизировать технические характеристики ЗРС в процессе эксплуатации. Это особенно актуально для конструкций ЗРС, работающих в сложных условиях и при предельных нагрузках.

ЛРС также предложила пакет руководящих документов и практических рекомендаций для рациональной эксплуатации и контроля технического состояния ЗРС. Эти рекомендации могут быть внесены в эксплуатационную документацию, что позволит буровым предприятиям более эффективно управлять состоянием ЗРС и продлить их срок службы.

ЛРС также предложила несколько новых конструктивных и технологических решений для улучшения характеристик ЗРС, включая высокоэффективные разгружающие элементы резьбы, индикаторы усталостных повреждений, установки упрочнения резьбы и другие. Эти решения способствуют повышению стойкости ЗРС в экстремальных условиях.

В целом, ЛРС сделала значительный вклад в развитие нефтегазовой промышленности России и продолжает активно работать над совершенствованием конструкций ЗРС и КРС, обеспечивая их надежность и безопасность в процессе бурения скважин.

\*\*\*

1. Щербюк Н.Д., Якубовский Н.В. Резьбовые соединения труб нефтяного сортамента и забойных двигателей. М., Недра, 1974 г.
2. Семин В.И. Определение ресурса замкового резьбового соединения при многократном свинчивании. НТЖ Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. № 12, 2004 г. (с.11-12)
3. Семин В.И. Анализ герметичности замкового соединения при статическом нагружении с учетом степени износа резьбы. НТЖ Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. №4, 2004 г. (с.13-18)

**Гайнанов И.И.**

**Роль и принципы работы газопоршневых станций**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет  
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-262

**Аннотация**

Статья рассматривает газопоршневые станции как важное решение в сфере энергетики. Анализируются принципы работы, технические характеристики и области применения

газопоршневых станций. Газопоршневые станции продолжают оставаться ключевым элементом современной энергетической инфраструктуры, обеспечивая эффективное и устойчивое производство электроэнергии.

**Ключевые слова:** энергетика, газопоршневые станции, технические характеристики, эффективность, интеграция.

### Abstract

The article considers gas piston stations as an important decision in the field of energy. The principles of operation, technical characteristics and applications of gas piston stations are analyzed. Gas-piston stations continue to be a key element of modern energy infrastructure, ensuring efficient and sustainable electricity production.

**Keywords:** energy, gas piston stations, technical characteristics, efficiency, integration.

В современном мире энергия играет ключевую роль в обеспечении различных сфер жизни. Она требуется не только для поддержания быта, но и для работы промышленных предприятий, транспортных средств и многих других секторов экономики. В этой связи, вопрос эффективной генерации и распределения энергии стоит на переднем плане. Газопоршневые станции являются одним из ключевых элементов современной энергетической инфраструктуры, предоставляя надежное и эффективное решение для производства электроэнергии.

Газопоршневые станции (ГПС) представляют собой совокупность оборудования и систем, предназначенных для преобразования природного газа или других видов газовых топлив в электроэнергию. Основной компонент ГПС - газовые двигатели с поршневой системой, которые работают на сжатом природном газе. Эти двигатели приводят в действие генераторы, производящие электроэнергию. Газопоршневые станции могут быть использованы как для централизованной генерации электроэнергии, так и для децентрализованных систем, например, для обеспечения электроэнергией удаленных районов или промышленных предприятий.

Газопоршневые станции отличаются высокой КПД (коэффициентом полезного действия). Они могут достигать КПД более 40%, что делает их одними из самых эффективных среди всех типов энергетических установок. ГПС работают на природном газе, который считается более чистым топливом по сравнению с углем или нефтью. Это позволяет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Газопоршневые станции могут быть легко масштабированы в зависимости от потребностей. Это позволяет адаптировать производство электроэнергии к изменяющемуся спросу.

ГПС характеризуются высокой надежностью и долговечностью оборудования. Они могут работать без перебоев в течение долгих периодов времени, что делает их привлекательным решением для обеспечения непрерывности энергоснабжения.

В сравнении с некоторыми другими типами энергетических установок, газопоршневые станции могут быть более экономически выгодными, особенно при использовании дешевого природного газа.

Газопоршневые станции играют важную роль в современной энергетической инфраструктуре, обеспечивая эффективное и экологически чистое производство электроэнергии. Их преимущества включают высокую эффективность, надежность и экономическую эффективность, что делает их привлекательным выбором для различных отраслей и задач энергетики. С учетом растущей потребности в устойчивых и надежных источниках энергии, газопоршневые станции будут продолжать играть важную роль в обеспечении нашего энергетического будущего.

В сфере энергетики наблюдается растущая популярность газопоршневых электростанций, которые, несмотря на относительную новизну на рынке, уже заслужили признание благодаря своей экономичности, производительности и удобству эксплуатации.

Современные газопоршневые электроагрегаты, ориентированные на технологии когенерации и тригенерации, предоставляют возможность не только эффективно генерировать электрическую и тепловую энергию, но также производить холод. Они способствуют созданию выгодных технико-экономических условий для потребителей и достижению приемлемых экологических показателей в отношении выбросов в окружающую среду.

Газопоршневые электростанции находят применение в качестве постоянных или резервных источников электроэнергии как для предприятий, так и для небольших населенных пунктов. Одной из их сильных сторон является надежная и простая конструкция, доказавшая свою эффективность при длительной эксплуатации в разнообразных климатических условиях. Наиболее эффективное функционирование они демонстрируют при мощностях ниже 3 МВт, и их установка в торговых центрах, коттеджных поселках и складских помещениях приводит к быстрой окупаемости.

Газопоршневые агрегаты оперируют на основе газопоршневых электродвигателей, использующих внутреннее сгорание природного газа для производства электроэнергии. Их высокая КПД (42–45%) обеспечивает более экономичную и выгодную эксплуатацию по сравнению с газовыми турбинами. Для получения одинаковой электроэнергии газопоршневые станции требуют на треть меньше природного газа, чем турбины. Кроме того, они сохраняют свой КПД даже в условиях, при которых другие установки быстро выходят из строя.

На сегодняшний день в индустрии существует два типа поршневых двигателей, работающих на газе: газовые двигатели с электрическим зажиганием и газодизели с воспламенением газозооной смеси путем впрыска жидкого топлива. Газовые двигатели стали популярными в энергетике благодаря широкому использованию газа как дешевого топлива (природного газа, промышленного газа, пропан-бутановых смесей) с учетом более безопасных экологических показателей выбросов. Тем не менее, важно обеспечить чистоту газа от примесей, способных вызвать коррозию. Газопоршневые станции также могут использовать тепло выхлопных газов и тепло от охлаждения двигателя для когенерации – одновременной генерации тепла и электроэнергии.

Помимо вышесказанного, следует отметить, что газовые двигатели меньше подвержены воздействию окружающей температуры на их КПД по сравнению с газовыми турбинами. Это делает их более устойчивыми к климатическим изменениям и поддерживает высокую эффективность даже при повышенных температурах.

Газопоршневые электростанции предоставляют ряд преимуществ в сравнении с газовыми турбинами, особенно при учете окружающей температуры. Газопоршневые установки обрели заслуженное признание в энергетической сфере благодаря своим многочисленным достоинствам, включая возможность проведения ремонта на месте, низкие эксплуатационные расходы и компактные размеры. Эти факторы снижают инвестиционные затраты, способствуют кластеризации (параллельной работе нескольких установок) и делают газопоршневые установки более конкурентоспособными.

При возникновении неисправностей газопоршневых двигателей ремонт может быть выполнен непосредственно на месте, что представляет значительное преимущество. Эксплуатационные издержки также остаются на низком уровне, а компактные размеры установок позволяют сократить первоначальные инвестиции. Кроме того, возможность кластеризации, при которой несколько установок работают параллельно, способствует дополнительной экономии.

Однако, если рассматривать сравнение капитальных затрат на газопоршневые двигатели и газовые турбины, видно, что станции, генерирующие тепловую и электрическую энергию в диапазоне 1–40 МВт с использованием газовых двигателей, требуют меньше капитальных вложений, чем аналогичные установки с газовыми турбинами. Например, для электростанции мощностью 10 МВт, использование газового двигателя потребует около 7,5 миллионов

долларов США, в то время как газовая турбина потребует вложений в размере 9,5 миллионов долларов США. Важно отметить, что для работы газового двигателя требуется намного меньшее давление газа (до 4 атмосфер), в то время как для газовой турбины необходимо как минимум 20 атмосфер, что может потребовать дополнительных инвестиций в газовую компрессорную станцию.

С точки зрения экологических аспектов, газопоршневые электростанции также имеют значение. В процессе работы на природном газе они выбрасывают в окружающую среду оксиды азота и оксид углерода. Чтобы соответствовать экологическим требованиям, газопоршневые установки должны быть оборудованы катализаторами для выхлопных газов. Кроме того, высота дымовой трубы определяется уровнем вредных выбросов и составляющих эмиссий. Также следует учитывать, что газопоршневые установки могут генерировать достаточно сильные вибрации и шум, требующие использования специальных технических решений.

Газопоршневые электростанции выпускаются как в России, так и за рубежом. Зарубежные компании, такие как Caterpillar, Cummins, Deutz AG/MWM, MAN B&W, Mitsubishi Heavy Industries, и другие, предлагают высоконадежное оборудование с длительными сроками службы. В России также имеется множество производителей газопоршневых электростанций, отличающихся более низкой стоимостью оборудования и возможностью выполнения ремонта с использованием отечественных комплектующих.

На сегодняшний день газопоршневые электростанции представляют собой перспективное решение в области энергетики. Они сочетают в себе экономичность, низкие эксплуатационные расходы, возможность проведения ремонтных работ на месте и более доступные инвестиционные затраты. Однако важно учесть и экологические аспекты, такие как выбросы вредных веществ и необходимость установки адекватных систем очистки выхлопных газов.

\*\*\*

1. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. – Москва - Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. - 416 с.
2. Гимранова Г. Г., Бакиров А. Б. Особенности профессиональной заболеваемости работников нефтедобывающей отрасли. Нефть и здоровье. Уфа, 2015. Стр. 156–160.

**Конобраткина В.А.**

**Дефекты вальцовочных соединений и рекомендации для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации оборудования**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-263

**Аннотация**

Вальцовочные соединения играют важную роль в промышленности, особенно в технических системах, работающих с высокими давлениями. Однако, такие соединения могут подвергаться различным деформациям, трещинам или прочим дефектам, которые могут привести к аварийным ситуациям и потере эффективности работы оборудования.

**Ключевые слова:** дефекты, вальцовочные соединения, избыточное давление, оборудование, деформации, трещины, безопасность, контроль, эксплуатация.

**Abstract**

Rolling joints play an important role in industry, especially in technical systems operating with high pressures. However, such joints may be subject to various deformations, cracks or other defects that can lead to emergencies and loss of equipment efficiency.

**Keywords:** defects, rolling joints, overpressure, equipment, deformations, cracks, safety, control, operation.

В мире промышленности существует множество видов оборудования, работающего под избыточным давлением. Это могут быть котлы, реакторы, сосуды высокого давления и многие другие устройства, используемые в различных производственных процессах. Однако при работе такого оборудования возникают риски, связанные с возможностью дефектов вальцовочных соединений.

Вальцовочные соединения представляют собой один из наиболее распространенных способов соединения металлических деталей, работающих под давлением. Этот метод основан на прокатке металла для создания устойчивых соединений между деталями. В промышленности вальцовочные соединения применяются широко, и их надежность играет критическую роль в обеспечении безопасности и эффективности работы оборудования.

Одним из наиболее серьезных дефектов, которые могут возникнуть в вальцовочных соединениях, являются трещины. Эти трещины могут возникнуть из-за недостаточной прокатки или некорректных параметров работы оборудования. Трещины могут привести к утечке рабочей среды и даже к аварии.

В случае, если вальцовочное соединение дополняется сварными швами, дефекты сварных швов могут стать серьезной проблемой. Это могут быть неправильные параметры сварки, недостаточное качество сварочного материала или нарушения технологии сварки. Дефекты сварных швов также могут привести к утечке рабочей среды и повреждению оборудования.

К поверхностным дефектам в вальцовочных соединениях относятся царапины, вмятины и другие поверхностные повреждения. Они могут быть вызваны неправильными параметрами прокатки или плохим качеством металла.

Коррозия может оказать существенное воздействие на вальцовочные соединения, особенно если оборудование эксплуатируется в агрессивных средах. Недостаточная защита от коррозии может привести к преждевременному старению и разрушению вальцовочных соединений.

Для обеспечения надежности и безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением, необходимы тщательные меры предотвращения дефектов вальцовочных соединений:

- 1) Осуществление строгого контроля качества на всех этапах производства, начиная с выбора металла и заканчивая контролем сварных швов и поверхностей.
- 2) Важно строго соблюдать технологические процессы прокатки и сварки, включая правильные параметры работы оборудования.
- 3) Предусмотреть меры по защите от коррозии, такие как покрытия и регулярная проверка состояния поверхностей.
- 4) Проводить регулярное техническое обслуживание оборудования и контроль состояния соединений.

Поэтому необходимо уделять повышенное внимание контролю качества и техническому обслуживанию, чтобы обеспечить безопасность и надежность работы данного оборудования в промышленных процессах. Прочность соединения качением повышается за счет отбортовки выступающего конца трубы в форме раструба. Основание часов предотвращает натяжение, действующее на трубопровод во время работы котла. Для получения соединения используются наклонное крепление и наклонные боковые ролики. Плотность и прочность являются основными требованиями к рулонным соединениям. Из-за неудовлетворительного выполнения проекта прокатки и повторной прокатки трубопровода повреждается конец трубопровода и нарушается плотность прокатанного соединения. Плотность прокатных соединений в решетках и кипящих трубах, которые работают в нормальных условиях и не имеют конструктивных и производственных дефектов, разрушается редко. В основном эти соединения дают течь при

внезапном и частом охлаждении свернутого конца трубы. Этот тепловой эффект возникает во время работы котла. Если котел используется с холодной водой, по крайней мере, в течение короткого периода времени, быстрое охлаждение и быстрое воспламенение котла после выключения, а также потеря воды в котле означают, что трубопровод неправильно промыт водой.

Часто ослабление сварных соединений обнаруживается в пароперегревателе и, как правило, в коллекторе перегретого пара. Это связано с тем, что температура перегретого пара часто меняется во время работы котла, а насыщенный пар во впускном коллекторе всегда имеет постоянную температуру. Температура стенки выходного коллектора в какой-то момент будет значительно отличаться от температуры стенки конца рулона, закатанного в коллектор, и это приводит к нарушению плотности скрученного соединения. На барабанах котла, которые крепят кипящие трубы при прокатке, после длительного периода работы их концы часто подвергаются повторной прокатке (или прокатке вновь установленных труб) во время ремонта. В то же время, из-за пластической деформации трубы, она прилипает к стенке барабана (камеры или трубной пластины). Труба уплотняется в радиальном направлении и удлиняется в осевом направлении. Металл стенки барабана (или другого элемента), прилегающий к отверстию трубы, подвергнется аналогичной деформации. В результате стенки отверстий труб на определенной глубине испытывают остаточную деформацию, и их диаметры становятся на 5-10% больше номинальных. Частая прокатка (иногда прокатка труб) приводит к образованию заклепок в металле отверстия трубы. По мере увеличения степени заклепки пластические свойства снижаются, а твердость и прочность увеличиваются. Металл стенки трубы становится хрупким, и в такой отверстию трубы невозможно получить прочное и плотное рулонное соединение. Поэтому при ремонте котла вместо таких соединений используются сварные соединения. Последствия деформации и заклепывания стенки отверстия трубы называются усталостью металла при качении.

На качество сварного соединения влияет овальность и конусность отверстия для трубы. Диаметр трубы диаметром 51 мм не должен превышать 0,23 мм, а трубы диаметром 83 мм – 0,27 мм. Овальность отверстия выпускной трубы решетки не должна превышать 0,5 мм. Максимальное увеличение диаметра варочной трубки и решетчатой трубки, определенное с помощью специального шаблона, составляет 5%, легированной стали -2,5% и углерода -3,5%. Наиболее существенные дефекты прокатки: дефекты самого инструмента для прокатки - конусность ролика и шпинделя не совпадает, угол установки слишком велик (более 1-20), а гладкость закругленных углов кромки ролика недостаточна (радиус менее 10 мм); дефекты в подготовка и выполнение процесса прокатки - недостаточный отжиг конца трубы и его очистка, нецентральная установка трубы в гнездо, неправильная установка прокатки, связанная с внешним краем пластины, разрыв раструба из-за недостаточной гладкости разборки, попадание масла или грязи в гнездо трубы, а также острый край патрубка врежется в корпус трубы. В соединениях качения не допускаются следующие ситуации: расслоение, защемление, трещины на конце трубы; растрескивание участка качения; подрезание и перекачивание точки перехода ленты качения в форму раструба; вмятины и выступы на внутренней поверхности трубы; неплотное прилегание между труба и внутреннее отверстие для трубы ленты качения; отклонение угла разборки на 150 (допустимое отклонение +30, -70) и отклонение максимального и минимального значений выступающего конца трубы; трещины и грязь между трубой и гнездом качения; недостижение основания ленты качения. боковой раструб к краю трубной пластины или расстояние за краем превышает 4 мм; при разборке толщина стенки на конце трубы уменьшается более чем на 20%, а прокатка на конце трубы. Проведенные диагностические мероприятия позволяют сделать следующие выводы:

1. При неплотном соединении качения вода из котла испаряется в зазоре, что сопровождается резким повышением щелочности, в результате чего происходит коррозионное растрескивание корпуса барабана (межкристаллитная или щелочная коррозия). Перед прокаткой необходимо использовать метод MPD, чтобы проверить область вокруг отверстия на

предмет выявления возможных трещин, но этого не делается. Положение канала шарнира качения также не указано.

2. При замене трубы конвекционной балки через шесть месяцев после прокатки не была указана причина замены трубы, не был проведен МРД участка вокруг отверстия трубы, и не были приложены документы на вновь установленную трубу, что также не позволило идентифицировать возможные трубы в барабане.

Отложения соли на внешней поверхности барабана указывают на то, что солевой раствор подается в деаэратор, а затем в котел во время регенерации катионного фильтра натрия (неисправность вспомогательного оборудования, ошибка оборудования), что ухудшает ситуацию и ускоряет растрескивание. При проведении исследований и технической диагностики необходимо учитывать требования к соединениям качения, возможные дефекты при их изготовлении и дальнейшей эксплуатации и причины этих дефектов, а также экспертизу промышленной безопасности оборудования (технических устройств), работающего под избыточным давлением, в котором используется данный тип соединения.

\*\*\*

1. СО 153-34.17.469-2003 Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением до 4,0МПа включительно и водогрейных котлов с температурой воды выше 1150С. Утверждена Приказом Минэнерго России от 24.06.03 г. № 254, согласована Госгортехнадзором России от 02.06.03 г. № БК-03-35/182
  2. РД 10-69-94 Типовые технические условия на ремонт паровых и водогрейных котлов промышленной энергетики. Утверждены Госгортехнадзором России 04.07.1994 г.
-



## РАЗДЕЛ XXII. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Чеботарь И.Т., Мельник В.Н., Басыня В.А., Вахненко И.В.

Актуальные решения в средствах связи, мониторинга и навигации беспилотных летательных аппаратов

Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного  
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-264

**Аннотация**

В статье проводится анализ современных технологических решений в области средств связи, мониторинга и навигации для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Описываются последние современные методы и применяемые технологии для более эффективного управления БПЛА. Статья также подчеркивает важность безопасности и киберзащиты в этой области и обсуждает интеграцию с другими технологиями, способствующими развитию мониторинга и управления БПЛА.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, навигация, мониторинг, безопасность и киберзащита, искусственный интеллект и машинное обучение, интеграция с другими технологиями.

**Abstract**

The article analyzes modern technological solutions in the field of communication, monitoring and navigation for unmanned aerial vehicles (UAVs). The latest modern methods and applied technologies for more efficient control of UAVs are described. The article also highlights the importance of security and cyber defense in this area and discusses integration with other technologies that contribute to the development of UAV monitoring and control.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, navigation, monitoring, security and cyber defense, artificial intelligence and machine learning, integration with other technologies.

В современном мире беспилотные летательные аппараты становятся все важными в различных сферах, начиная с военных операций

и заканчивая коммерческим применением. Актуальность этой темы обусловлена необходимостью обеспечения надежной связи, эффективного мониторинга и точной навигации для БПЛА.

Средства связи играют ключевую роль в управлении беспилотными аппаратами. Современные решения включают высокоскоростные спутниковые каналы связи, использование сетей мобильной связи и технологии беспроводной передачи данных. Это обеспечивает операторам возможность удаленного управления и мониторинга аппаратов в режиме реального времени.

Роль средств связи включает в себя:

- управление и контроль: операторы могут отправлять команды на управление БПЛА и получать обратную связь через средства связи. Это позволяет контролировать и мониторить статус аппарата в режиме реального времени;
- телеметрия и сенсорные данные: средства связи передают данные о положении, скорости, высоте и других параметрах БПЛА. Эти сведения помогают операторам принимать решения и корректировать маршруты;
- видеопередача: важной частью управления БПЛА является видеопередача с его камер и сенсоров. Это позволяет операторам видеть окружающую обстановку и принимать решения на основе визуальной информации;

- связь с системой навигации: средства связи могут обеспечивать обратную связь с системами GPS и другими системами навигации для точного позиционирования и навигации БПЛА;
- безопасность и аварийное управление: связь также играет важную роль в обеспечении безопасности. Она позволяет операторам вмешиваться и принимать меры в случае аварийной ситуации.

Общая надежность и скорость передачи данных через средства связи существенно влияют на эффективность и безопасность управления БПЛА.

В настоящее время имеются заметные тенденции в части развития мониторинга БПЛА:

1. Искусственный интеллект и машинное обучение: применение алгоритмов искусственного интеллекта, таких как нейронные сети и алгоритмы машинного обучения, для более точного анализа данных, получаемых от БПЛА, и автоматизации процессов мониторинга.
2. Сенсоры и камеры с улучшенными характеристиками: использование более продвинутых сенсоров и камер с высоким разрешением, более широким динамическим диапазоном и возможностью ночного видения для получения более детальных данных.
3. Безопасность и киберзащита: развитие методов обеспечения безопасности данных, передаваемых между БПЛА и операторами, а также защиты от потенциальных кибератак на системы управления.
4. Интеграция с другими технологиями: взаимодействие между БПЛА и другими технологиями, такими как дроны, сети Интернета вещей, облака и блокчейн, для более полного мониторинга и анализа данных.
5. Улучшенное программное обеспечение для анализа данных: разработка специализированного программного обеспечения для обработки, анализа и визуализации данных, получаемых от БПЛА, с целью эффективного мониторинга и принятия решений.

Мониторинг БПЛА осуществляется с помощью передовых систем датчиков, включая GPS, LIDAR, радары и камеры. Эти системы позволяют собирать информацию о местоположении, окружающей среде и состоянии аппарата. Искусственный интеллект и машинное обучение используется

для анализа и интерпретации данных, что улучшает безопасность и эффективность БПЛА.

БПЛА использует различные системы навигации для точного определения своего положения и выполнения задач. Навигация БПЛА требует высокой точности и надежности. Современные системы включают интегрированные GPS, ГЛОНАСС и ГАЛИЛЕО, что обеспечивает высокую точность при определении местоположения. Кроме того, аппараты используют инерциальные системы навигации и алгоритмы автономной навигации для работы в условиях ограниченной доступности спутниковых сигналов. Наиболее распространенными методами навигации в БПЛА являются:

1. Глобальная система позиционирования (GPS): GPS является одним из наиболее широко используемых методов навигации для БПЛА. Он использует сеть спутников для определения точных координат и высоты аппарата. GPS позволяет достичь высокой точности навигации, особенно открытых пространствах.
2. Инерциальная навигация (IMU): IMU использует гироскопы и акселерометры для измерения изменения скорости и углового положения аппарата. Эти данные интегрируются для определения положения и перемещения. IMU особенно полезен в местах, где GPS-сигнал может быть ограничен, например, внутри зданий или при низких высотах.
3. Визуальное позиционирование и определение ориентации (VIO): VIO использует камеры и сенсоры для определения положения аппарата на основе

визуальных данных. Это особенно полезно при выполнении миссий в зданиях, городах или вблизи объектов, когда GPS-сигнал может быть недоступен.

4. Локальные навигационные системы: в некоторых случаях БПЛА могут использовать локальные навигационные системы, такие как радиолокация, сверхширокополосное радио (UWB), акустическая навигация и другие, чтобы определить свое положение внутри определенных областей или структур.

Обычно в БПЛА применяется комбинация разных систем навигации, например GPS и ГЛОНАСС, чтобы обеспечить высокую надежность и точность в различных условиях. Эти системы работают вместе, чтобы обеспечить стабильное и безопасное управление БПЛА при выполнении различных миссий.

В заключение, актуальные решения в средствах связи, мониторинга и навигации беспилотных летательных аппаратов играют важную роль в развитии этой технологии. Они способствуют улучшению безопасности, эффективности и широкому внедрению БПЛА в различных сферах деятельности, что делает эту тему весьма актуальной и перспективной для дальнейших исследований и разработок.

\*\*\*

1. Усов Д.В. Выбор перспективной системы управления беспилотным летательным аппаратом // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации, сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2023
  2. Гулай Е.С. Мониторинг системы управления БПЛА // Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия, сборник статей XXII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023
  3. Левашова А.А. Разработанные методы по управлению БПЛА // Охрана труда и техносферная безопасность на объектах промышленности, транспорта и социальных инфраструктур, сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2023
-

## РАЗДЕЛ XXIII. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Богачева А.А., Мустафин И.И.

Энергосберегающие технологии в системах управления космическими аппаратами

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-265

### Аннотация

В статье рассмотрены актуальные требования и подходы к разработке ресурсо- и энергоэффективных систем управления для долгосрочных космических миссий. Освещены вопросы основных причин потери энергии в традиционных системах управления, текущие инновации в сфере энергоэффективных технологий. Акцентируется внимание на необходимости повышения устойчивости систем к сбоям, стандартизации протоколов.

**Ключевые слова:** ресурсоэффективность, энергоэффективность, космические миссии, космические аппараты, системы управления, стандартизация.

### Abstract

The article discusses current requirements and approaches to the development of resource- and energy-efficient control systems for long-term space missions. The main causes of energy loss in traditional control systems and current innovations in the field of energy efficient technologies are covered. Attention is focused on the need to increase the resilience of systems to failures and standardize protocols.

**Keywords:** resource efficiency, energy efficiency, space missions, space vehicles, control systems, standardization.

**Введение.** Современные космические исследования направлены не только на изучение ближайших космических объектов, но и на другие небесные тела, находящиеся за пределами нашей Солнечной системы. Такие исследовательские полеты рассчитаны на длительное время пребывания аппаратов в космосе, что создает ряд проблем. Одной из них является невозможность эффективного управления долгосрочными миссиями в условиях ограниченности ресурсов и энергии. Повышение энергоэффективности космических аппаратов (КА) играет важную роль, поскольку даже небольшое количество энергии, экономящееся на управлении, может быть использовано для выполнения научных экспериментов или обеспечения дополнительной безопасности аппарата [1].

Системы управления (СУ), разработанные для краткосрочных миссий, зачастую не могут эффективно функционировать во время долгосрочных космических полетов из-за высокого энергопотребления или потребности в регулярном обслуживании [2]. Возникает потребность в новых методах и технологиях, которые позволили бы минимизировать потребление ресурсов без ущерба для надежности и функциональности.

Таким образом, целью данной статьи является рассмотрение современных способов повышения энергоэффективности СУ, а также анализ их применения в долгосрочных космических миссиях [3].

### Основная часть

**Причины потери энергии в традиционных СУ.** Традиционные системы управления КА часто разрабатывались на основе технологий, предназначенных для краткосрочных космических миссий. Поэтому такие аппараты недостаточно эффективны для осуществления долгосрочных миссий [1]. В том числе на их эффективность влияют:

Физические причины: Аппаратура и материалы, использовавшиеся в прошлом, могут потерять свои характеристики в условиях вакуума, космического излучения или

экстремальных температур [2]. Это может привести к потере эффективности и, как следствие, к увеличению энергопотребления.

Технические причины: СУ могут быть перегружены лишними функциями или компонентами, которые не всегда необходимы для выполнения основных задач. Например, постоянное поддержание связи с Землей может потреблять больше энергии, чем периодическая передача данных [3].

Программные причины: Неоптимизированные алгоритмы управления и принятия решений могут привести к чрезмерному энергопотреблению. В некоторых случаях, алгоритмы, оптимизированные для работы в определенных условиях, могут работать неэффективно или вовсе не работать в изменчивом космическом пространстве [4].

**Инновации в области ресурсоэффективного управления.** Учитывая количество проблем, связанных с долгосрочными космическими миссиями, исследователи и инженеры активно разрабатывают новые методы и СУ.

Модульный дизайн: Создание СУ на основе модульного принципа позволяет легко заменять или модернизировать отдельные компоненты без необходимости менять всю систему. Это может значительно увеличить продолжительность жизни аппарата и уменьшить потребление ресурсов [5].

Адаптивные системы: Системы, способные адаптироваться к меняющимся условиям, могут оптимизировать свою работу в реальном времени, учитывая актуальные потребности и условия окружающей среды. Такие системы могут, например, автоматически переключаться на режим энергосбережения в периоды простоя или в условиях недостатка энергии [3].

Также, в последние годы было разработано множество технологий, направленных на повышение энергоэффективности космических СУ. Например, технологии сбережения энергии: новые методы управления питанием, такие как улучшение заряда батареи, эффективное использование солнечной энергии и оптимизация систем хранения энергии, которые могут существенно увеличить автономность КА [6]. Также распространена оптимизация алгоритмов, то есть использование искусственного интеллекта (ИИ), которое может значительно улучшить производительность СУ, уменьшив при этом энергопотребление [4].

**Методы оптимизации СУ для экономии энергии.** Помимо методов разработки и оптимизации, существует несколько новых подходов, которые позволяют повысить энергоэффективность.

Обучение с подкреплением: Использование методов машинного обучения для определения наилучших стратегий управления позволяет системе адаптироваться к новым условиям без человеческого внимания [6].

Системы предсказания: Предсказание возможных будущих условий и соответствующее изменение действий КА может значительно снизить энергопотребление [5].

СУ для долгосрочных космических миссий продолжают развиваться, адаптируются к возрастающим требованиям и предоставляют эффективные решения для сложных исследовательских задач.

**Гибридные СУ.** Сочетание различных технологий управления должно обеспечивать баланс между надежностью, энергоэффективностью и функциональностью. Гибридные системы могут комбинировать классические методы управления с инновационными технологиями, такими как ИИ, что позволяет достигать высокой степени автономности и эффективности [4].

Автономные системы: Используя ИИ, автономные системы могут принимать решения на основе анализа внутренних и внешних данных без прямого участия человека. Это может быть особенно полезно в долгосрочных миссиях, с существенной задержкой передачи данных между Землей и КА [6].

Интеграция с облачными технологиями: Современные облачные платформы позволяют обрабатывать большие объемы данных, что может обеспечить дополнительную оптимизацию СУ, особенно при анализе сложных сценариев и условий [5].

**Перспективы и предложения по улучшению СУ.** Несмотря на значительные успехи в разработке ресурсо- и энергоэффективных СУ, существует множество областей, требующих дальнейших исследований. В том числе, например, необходимо повышать устойчивость к сбоям. Это важно, потому что одной из главных задач для любой СУ является ее способность функционировать в условиях неожиданных сбоев или аномалий. Новые методы диагностики, самовосстановления и адаптации к непредвиденным обстоятельствам могут сделать будущие космические миссии еще более надежными и предсказуемыми. Также важно работать над совместимостью и стандартизацией, так как разработка универсальных стандартов и протоколов может упростить интеграцию различных СУ и обеспечить гибкость при проектировании новых КА [6].

СУ для долгосрочных космических миссий представляют собой сложное и многообещающее направление исследований, которое объединяет технические инновации, алгоритмическую оптимизацию [7] и новые методы анализа данных для создания систем, способных поддерживать КА за пределами нашей Солнечной системы на протяжении длительного периода времени.

**Выводы.** Современные технологические требования к долгосрочным космическим миссиям выдвигают перед СУ летательными аппаратами ряд сложных задач. Основной из них на протяжении последних лет остается сбережение ресурсов и энергии, так как именно эти параметры часто определяют продолжительность и успешность космических экспедиций.

Такие инновации как модульный дизайн, адаптивные системы и гибридные подходы, демонстрируют потенциал для создания гибких и устойчивых СУ. Тем не менее, остаются области, требующие дополнительных исследований, такие как устойчивость к сбоям и стандартизация протоколов.

Значение оптимизации СУ для космических миссий не может быть переоценено. В условиях ограниченности ресурсов и необходимости долгосрочной автономной работы, эффективность этих систем напрямую влияет на возможность успешного достижения научных и исследовательских целей за пределами нашей Солнечной системы.

\*\*\*

1. Соболев Д.А. Повышение энергоэффективности системы электропитания космического аппарата // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2019.
2. Дорофеев Р. Ю. Повышение энергоэффективности системы электропитания космического аппарата за счет использования энергии электростатического заряда поверхности космического аппарата в орбитальных условиях эксплуатации // Труды МАИ. 2013. №68.
3. Голяков А. Д., Ричняк А. М., Фоминов И. В. Исследование точности навигационных параметров космического аппарата с адаптивной системой автономной навигации // Труды МАИ. 2022. №126.
4. Меркурьев С. А. Методика отработки алгоритмов управления угловым движением космических аппаратов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2020. №6 (102).
5. Карпенко Е.А., Кравчин М.В., Сергиенко А.В., Андрашитов Д.С. Проблемы реализации облачных технологий в низкоорбитальных космических системах персональной спутниковой связи и передачи данных и телеуправление // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2023. №1.
6. Шайхулов Э.А. ANALYSIS OF THE IMPACT OF MANUAL TESTING ON THE ECONOMIC EFFICIENCY OF IT PROJECTS IN THE USA// Proceedings of the XXXII International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World». Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2023.
7. Жарницкий, В. Я. Анализ долговечности инженерных барьеров безопасности из бентонитовых глин / В. Я. Жарницкий, А. П. Смирнов // Природообустройство. – 2020. – № 4. – С. 92-98

Походина М.А

«Глобальные проблемы водных ресурсов и их воздействие на региональные экосистемы»

ФГБОУ ВО "Брянский государственный университет  
имени академика И. Г. Петровского"  
(Россия, Новозыбков)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-266

**Аннотация**

В статье рассматриваются актуальные проблемы водных ресурсов и их влияние на экосистемы регионов. Разберем существующие водные проблемы и пути их решения.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, сохранение, доступность, пресная вода, загрязнение, очистка воды, осведомленность, экологические проблемы, устойчивое использование.

**Abstract**

The article discusses the current problems of water resources and their impact on the ecosystems of the regions. Let's analyze the existing water problems and ways to solve them.

**Keywords:** water resources, conservation, accessibility, fresh water, pollution, water purification, awareness, environmental problems, sustainable use.

Водные ресурсы являются одним из самых важных и необходимых для жизни на планете. Однако в настоящее время многие регионы мира сталкиваются с проблемами нехватки воды и загрязнениями водных ресурсов. Эти проблемы не только негативно влияют на экосистемы регионов, но и могут иметь глобальный эффект на всю планету.

Одной из главных проблем водных ресурсов является нехватка воды. Согласно отчету ООН, более 2 миллиардов человек на планете сталкиваются с проблемой нехватки чистой питьевой воды. Эта проблема особенно актуальна для развивающихся стран, где доступ к чистой воде ограничен. Ее нехватка может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, что может повлечь за собой голод и бедность.

Истощение водных ресурсов происходит из-за их неэффективного использования, недостаточного контроля потребления и изменения климата. Например, в некоторых регионах мира, таких как Средний Восток и Северная Африка, водные ресурсы используются сверх меры, что приводит к их быстрому истощению. Кроме того, изменение климата также оказывает негативное влияние на водные ресурсы, вызывая засухи, наводнения и изменение уровня грунтовых вод. Повышение температуры воздуха приводит к таянию ледников и снега, что может привести к повышению уровня мирового океана и наводнениям в прибрежных городах.

Воздействие глобальных проблем водных ресурсов на региональные экосистемы может быть катастрофическим. Загрязнение может происходить из-за различных источников, таких как промышленные выбросы, сельское хозяйство, муниципальные отходы и неэффективное использование химических веществ. Все это может привести к гибели многих видов животных и растений, а также к ухудшению качества почвы. Нехватка воды может привести к вымиранию многих видов животных и растений, а также к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала мышьяк и фтор наиболее серьезными неорганическими загрязнителями питьевой воды во всем мире. Металлоид мышьяк может произойти в грунтовых водах, как видно, наиболее часто в Азии, в том числе в Китае, Индии и Бангладеш [3]. На равнине Ганг на севере Индии и Бангладеш от сильного загрязнения подземных вод естественным мышьяком страдают 25% водозаборных скважин на мелководье двух региональных водоносных горизонтов. Фторид может особенно выделяться из кислых вулканических пород и дисперсного вулканического пепла при низкой жесткости воды.



Высокий уровень содержания фтора в грунтовых водах является серьезной проблемой для аргентинских пампасов, Чили, Мексики, Индии, Пакистана, ВосточноАфриканского разлома и некоторых вулканических островов (Тенерифе) [3]. В районах с естественным высоким содержанием фтора в грунтовых водах, которые используются для питья, флюороз зубов и скелета может быть распространенным и тяжелым. Подземные воды довольно уязвимы и надо острее воспринимать малейшие изменения, так как это один из источников пресной воды.

Чтобы решить проблему водных ресурсов, необходим комплексный подход и координация международных усилий. Один из ключевых элементов такого подхода - устойчивое управление водными ресурсами. Это означает, что необходимо обеспечить эффективное использование водных ресурсов, контроль потребления и защиту экосистем от загрязнения. Важно также разработать адаптационные меры для минимизации негативного влияния изменения климата на водные ресурсы.

Одна из немногих вещей, которые человек может сделать для решения этой проблемы, — это изменить свою стратегию использования воды. Необходимо изолировать антропогенный водный цикл от природного. На практике это означает переход к замкнутому водоснабжению, к маловодным или малоотходным технологиям, затем к «сухим» или безотходным технологиям, сопровождающийся массовым сокращением больших объемов потребляемой и очищаемой воды и очищенных сточных вод. Необходимо проводить постоянный мониторинг воды. Кроме того, если затронуты острова отходов, необходимо улучшить качество переработки или хранения на полигонах, построенных по стандартам. Укрепить стандарты водопотребления и сброса использованной воды, совершенствуя качество очистных мощностей и строго контролируя их работу.

Глобальные проблемы водных ресурсов являются серьезной угрозой для жизни на планете. Необходимо принимать меры для сохранения водных ресурсов и борьбы с загрязнением. Это может быть достигнуто через внедрение новых технологий, повышение осведомленности общественности и создание международных соглашений для защиты водных ресурсов. Для преодоления водного кризиса необходимы новые сценарии мировых,

государственных и региональных водохозяйственных инфраструктур, а также инновационные решения в управлении водными ресурсами [1].

\*\*\*

1. Шикломанов И. А. Водопотребление в мире: современные тенденции и оценка на перспективу до 2025г. / И. А. Шикломанов, Ж. А. Балонишникова, Н. В. Пенькова // Доклады VI Всероссийского гидрологического съезда. – Секц. 3, ч. II. – М. : Метеоагентство. – С.17 – 29.
  2. Проблема пресной воды [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ECOPORTAL – Режим доступа: <https://ecoportal.info/problema-presnoj-vody/>, свободный. – Загл. с экрана.
  3. Экологическая карта мира. Современная карта экологических проблем мира [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Maps – Режим доступа: [http://konturmap.ru/map1513328\\_0\\_0.htm/](http://konturmap.ru/map1513328_0_0.htm/), свободный. – Загл. с экрана.
-

## РАЗДЕЛ XXIV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белый В.А., Крынкина К.Д., Гребнева О.А.

### Анализ существующих программных комплексов для оценки энергоэффективности зданий

*Иркутский национальный исследовательский технический университет  
(Россия, Иркутск)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-267

#### Аннотация

В представленной статье проведен анализ программных комплексов, позволяющих выполнить оценку энергоэффективности рассматриваемого объекта исследования – здания. К основным факторам, определяющим энергоэффективность зданий относятся климатологические условия эксплуатации рассматриваемого здания, архитектурно-планировочные решения; теплотехнические свойства материала наружных ограждающих конструкций, технология монтажа элементов здания и др. Возможность определения характеристик всех составляющих элементов для оценки энергетической эффективности объекта строительства является важной и сложной задачей.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, программные комплексы, теплопотери, жизненный цикл, теплопроводность, энергетический паспорт здания.

#### Abstract

The presented article analyzes software packages that allow to assess the energy efficiency of the object under study - a building. The main factors determining the energy efficiency of buildings include climatological conditions of operation of the building under consideration, architectural and planning solutions; thermal properties of the material of external enclosing structures, technology of installation of building elements, etc. The ability to determine the characteristics of all components for the assessment of energy efficiency of the object is a complex task. The possibility of determining the characteristics of all components to assess the energy efficiency of the object is an important and complex task.

**Keywords:** energy efficiency, program complexes, heat losses, life cycle, thermal conductivity, building energy passport.

Содержание здания в соответствии с нормативными документами, а также его правильное техническое обслуживание при эксплуатации обеспечивает долговечный жизненный цикл, и, как следствие, может увеличить расчетный срок службы. Для создания благоприятных условий для нахождения людей внутри помещений рассматриваемого объекта строительства требуется произвести энергетические затраты, в том числе на отопление здания, вентиляцию, кондиционирования и др. [1].

В современных условиях проблема повышения энергоэффективности зданий различного типа и назначения имеет большое значение. Исследования по изучению возможных способов снижения энергетических затрат находят отражения в работах многих исследователей [1,2]. При проектировании и строительстве приоритетным является, соответственно, моделирование и возведение энергоэффективных зданий, а также снижение энергетических затрат уже существующих объектов в соответствии с существующими законодательными актами [3].

В Российской Федерации для обеспечения зданий тепловой энергии затрачивается 43% от общей выработки. Таким образом вопросы ресурсо- и энергосбережения являются одними из основных направлений технической политики в Строительстве. Создание информационных моделей (систем) зданий, а также критический анализ программных комплексов дающих рациональную оценку энергоэффективности – это подход к снижению энергетических затрат на

всех этапах жизненного цикла зданий. Основной частью таких информационных систем должно являться моделирование энергопотребления здания – Building Energy Modeling (BEM) [4]. BEM представляет собой комплекс технических расчетов, основная цель которых показать характер функционирования здания в течение года в виде описывающих потребление энергии параметров.

Методами моделирования энергопотребления зданий могут быть решены следующие задачи: 1) повышения энергоэффективности зданий; 2) проведение оценки срока окупаемости мероприятий по внедрению энергосберегающих технологий и мероприятий; 3) подбор оптимального тарифа на соответствующий энергоресурс; 4) расчет стоимости потребления энергоресурсов здания в любом временном разрезе.

Для моделирования энергопотребления зданий существуют следующие иностранные программные комплексы IES Virtual Environment или EcoDesigner Star в среде ArchiCAD, модуль Energy Analysis в Autodesk Revit. Если рассматривать проблему моделирования и оценки энергопотребления для здания в целом, то основным средством расчета может являться Green Building Studio от Autodesk. С помощью данного программного обеспечения можно оценить количество подаваемой и потребляемой энергии по всем помещениям рассматриваемого объекта строительства. Целый ряд возможностей представляет программа Multi Comfort Designer. Используя большой набор исходных параметров здания: строительный объём, этажность, площадь этажа и др., данная программа производит анализ ресурсосбережения зданий (энергоэффективность проектируемого здания выдается в процентах, в соответствии со стандартами GREEN ZOOM).

Однако, использование данных комплексов в настоящее время невозможно в связи с введенными санкциями против России.

Одним из российских аналогов комплексов для оценки энергоэффективности зданий является комплекс SmartCalc [5] (рис. 1).

Данный программный комплекс представляет собой набор онлайн-калькуляторов для расчета тепловые потери через перекрытия, светопрозрачные конструкции и здания в целом (укрупненный расчет).

Результаты расчета *SmartCalc* предоставляет либо на форме (рис. 2), либо для удобства пользователей может выдать отчет в формате ПДФ.

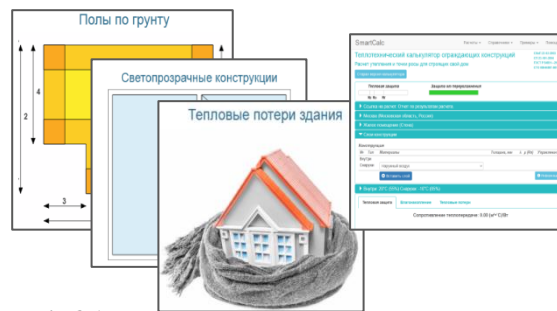


Рисунок 1. Общий вид онлайн-калькуляторов теплотехнических расчетов ограждающих конструкций SmartCalc.

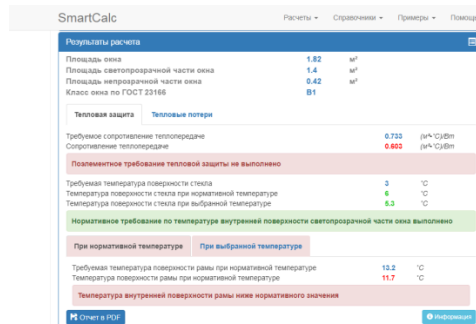


Рисунок 2. Результаты расчета тепловых потерь светопрозрачной конструкции.

На основе анализа данного программного комплекса можно сказать, что его преимущество заключается в том, что он базируется на отечественных нормативных, законодательных документах и стандартах.

Однако, недостатками представленного выше программного обеспечения можно назвать:

- 1) разрозненность программного обеспечения по отдельным онлайн-калькуляторам;
- 2) отсутствие возможности расчета любой ограждающей конструкции выбранного здания;
- 3) отсутствие подробного расчета теплопотерь здания в целом.

Перечисленные выше недостатки существенно усложняет проводить оценку энергоэффективности исследуемого объекта.

Таким образом анализ существующих вычислительных комплексов показал отсутствие единого программного обеспечения, которое бы обеспечивало решения всего широкого спектра задач по оценке энергоэффективности зданий.

В заключении можно сказать, что при оценке энергоэффективности зданий, вычислительные комплексы будут иметь приоритетное значение. Процесс анализа исследуемых объектов с точки зрения минимизации потерь энергии с помощью такого программного обеспечения позволит существенно сэкономить денежные средства, уменьшить трудоемкость специалистов за счет возможности проведения еще до начала строительства тестирования характеристик элементов, свойств используемых материалов, функционирования инженерных коммуникаций и др.

\*\*\*

1. Сташевская Н.А., Флаксенберг Г.В. Факторы, влияющие на энергоэффективность здания // Системные технологии. – 2020. – № 34. – С. 66-72.
2. Семенова Э.Е., Думанова В.С. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ». – 2020. – № 2 (32). – С. 72-75.
3. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция).
4. Вербицкий В.А. Анализ программных комплексов и опыт внедрения BIM-технологий // International Journal of Advanced Studies, Vol. 9, No 2, 2019. С. 14-28.
5. Светопрозрачные конструкции. URL: <https://www.smartcalc.ru/windows?&gp=229&rt=0&ti=20&ww=120&wh=140&cm=1&cs1=0&cw1=120&gid=25&pid=1> (дата обращения 12.09.2023г.).

**Гилев М.А.**

### **Современные робототехнические системы**

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(Россия, Москва)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-268*

#### **Аннотация**

Данная статья представляет обзор современных подходов и разработок в области космической робототехники, с акцентом на свободнолетающих космических манипуляционных роботах и сервисных спутниках с робототехническим обеспечением. В статье рассматривается пример успешной демонстрационной миссии, такая как эксперимент ETS-VII, а также возможные концепции и потенциальные применения этих технологий в сфере сборки космических конструкций, обслуживания орбитальных станций и других задач. Автор отмечает конструктивные особенности таких роботов и выделяет многообразие и перспективы развития данной области технологий в ближайшем будущем.

**Ключевые слов:** космическая робототехника, робототехническое оборудование, обслуживание спутников, робототехнические манипуляторы, космические технологии.

### Abstract

This article presents an overview of modern approaches and developments in the field of space robotics, with an emphasis on free-flying space manipulation robots and service satellites with robotic support. The article considers an example of a successful demonstration mission, such as the ETS-VII experiment, as well as possible concepts and potential applications of these technologies in the field of assembly of space structures, maintenance of orbital stations and other tasks. The author notes the design features of such robots and highlights the diversity and prospects for the development of this field of technology in the near future.

**Keywords:** space robotics, robotic systems, satellite servicing, robotic manipulators, space technology.

**Введение.** Одним из подходов к проектированию современных космических роботов является минимизация доработок при модернизации отлаженных комплексов с целью расширения функционала. Эффективность данного подхода нашла подтверждение на практике. При проектировании манипулятора Canadarm-2 (рис. 1б) за основу был взят манипулятор Canadarm (рис. 1а), в результате Canadarm-2 сейчас является основой мобильной системы обслуживания, используемой на МКС.



а)



б)

Рисунок 1. Манипуляторы серии Canadarm.

Функционал манипулятора был расширен за счет добавления возможности его перемещения как сторонним транспортером, так и посредством шагового принципа движения непосредственно манипулятора.

**Основная часть.** Проблемам разработки, создания и эксплуатации подобных модулей посвящено множество публикаций [1-2]. Устройства, называемые «свободнолетающие космические манипуляционные роботы» либо «свободнолетающие космические роботизированные модули» [3], как отмечается в [4], относятся к новому классу маломерных объектов космической техники. Они предназначены для выполнения различных работ в открытом космосе, в том числе для сборки больших космических конструкций различного назначения, а также для технического обслуживания внешних устройств пилотируемых орбитальных станций и других функционирующих на орбите объектов. Как отмечается в [5], основные идеи и принципы проектирования свободнолетающих манипуляционных роботов были сравнительно давно сформулированы, теоретически развиты и частично реализованы. Вместе с тем отмечается многофункциональность и многорежимность подобных роботизированных модулей, отсутствие на текущий момент успешно эксплуатируемых прототипов. Как следствие, в настоящий момент отсутствует опыт решения реальных задач обслуживания космических объектов с помощью подобных устройств. Однако имеется важный опыт осуществления нескольких орбитальных экспериментов (демонстрационных миссий).



Эксперимент ETS-VII (рисунок 2) был проведен в 1997–1999 гг. [1]. Он считается первым демонстрационным полетом с целью верификации технологий автономного сближения и стыковки для роботизированного обслуживания в космосе. Отрабатывались операции сближения и стыковки как с применением стыковочной системы без использования установленного на базовом спутнике манипулятора, так и посредством захвата спутника-клиента манипулятором базового спутника. Проводились эксперименты по автономной замене блоков на спутнике-клиенте, орбитальной сборке, разворачиванию трансформируемых элементов. Отрабатывался режим телеуправления из наземного пункта. Экспериментально изучалась динамика управляемого движения свободнолетающей системы «базовый спутник – манипулятор – спутник-клиент», сочетающего перемещения подвижного основания манипулятора (базового спутника) с процессом манипулирования.



Рисунок 2. Эксперимент Orbital Express [6].

Известен также ряд аналогичных проектов, не доведенных до стадии летного эксперимента. В качестве примера может быть приведена изложенная в [6] концепция сервисного спутника, оснащенного средствами робототехнического обеспечения (СРТО), разработанная в ЦНИИ РТК. В составе СРТО выделяются базовый блок, манипуляционная система, обзорный блок, магазин сменного инструмента, отсек полезной нагрузки, стыковочное устройство. Для поддержания рабочего диапазона температур в условиях открытого космического пространства в составе СРТО предполагается наличие системы обеспечения теплового режима. Энергообеспечение и связь с наземным или орбитальным пультом управления предполагается реализовывать средствами сервисного спутника. С помощью сервисного спутника, имеющего в составе СРТО, предполагается выполнение сервисных операций, относящихся к перечисленным выше группам: устранение отказов, продление срока эксплуатации, прочие операции. На рис. 3 представлен проектный облик двух вариантов СРТО (с одним манипулятором и с тремя манипуляторами). Известно, что операции орбитальной сборки посредством одного манипулятора могут быть реализованы по двум сценариям: сборка происходит непосредственно на целевом КА-клиенте (наращивание габаритов, установка дополнительных секций, разворачивание солнечных батарей или антенн) либо сборка происходит по сегментно на сервисном КА с последующей установкой готовых сегментов на КА-клиент.

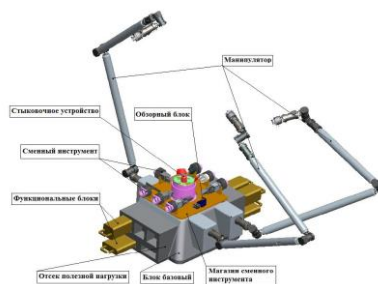


Рисунок 3. Средство робототехнического обеспечения для использования в составе сервисного спутника разработки ЦНИИ РТК.

Наиболее общие элементы конструктивного облика таких модулей: наличие подвижного основания – обладающего достаточно высокой степенью автономности космического модуля, способного самостоятельно перемещаться в космическом пространстве и приспособленного для контактного взаимодействия с другими космическими объектами, например базовыми станциями или монтируемыми (обслуживаемыми) объектами; наличие установленных на основании одного или нескольких манипуляторов, обеспечивающих возможность управляемого перемещения захваченного груза, в общем случае достаточно массивного относительно основания.

### **Выводы**

Таким образом, может быть сделан вывод о потенциальном конструктивном многообразии перспективных устройств космической робототехники, а также о весьма вероятной в ближайшей перспективе тенденции интенсивного развития упомянутых выше монтажно-сервисных автономных роботизированных модулей.

Многообразие потенциальных применений свободнолетающих космических манипуляционных роботов и сервисных спутников предоставляет обширные возможности для будущих исследований и разработок. Эти технологии могут играть ключевую роль в сборке и обслуживании космических структур, обеспечивая более эффективное и безопасное выполнение задач в открытом космосе.

\*\*\*

1. Angel Flores-Abad, Ou Ma, Khanh Pham, Steve Ulrich. (2014) A review of space robotics technologies for on-orbit servicing // Progress in Aerospace Sciences. № 68. P. 1–26.
2. Лысый С.Р. (2015) Научно-технические проблемы и перспективы развития робототехники специального (космического) назначения // Экстремальная робототехника. Труды международной научно-технической конференции. С. 29–32.
3. Определение технологических параметров строительных процессов : методические указания / Ю. С. Приходько, А. Г. Прозоровский, А. П. Смирнов [и др.] ; Московский государственный университет природообустройства. – Москва : МГУП, 2009. – 86 с.
4. Даляев И.Ю., Шардыко И.В., Кузнецова Е.М. (2015) Перспектива создания роботизированных сервисных спутников для технического обслуживания и продления сроков активного существования космических аппаратов // Робототехника и техническая кибернетика. № 3. С. 27–31.
5. Рутковский В.Ю., Суханов В.М., Глузов В.М. (2010) Уравнения движения и управление свободнолетающим космическим манипуляционным роботом в режиме реконфигурации // Автоматика и телемеханика. № 1. С. 80–98.
6. Белоножко П.П. (2018) Космическая робототехника. Опыт и перспективы развития // Воздушно-космическая сфера. № 1. С. 84–93.

**Гусарова О.Ф., Сеницын С.А., Шумейко Г.С.**

### **Прочностной и геометрический расчет продольных и поперечных швов герметичных клепаных сосудов высокого давления**

*Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ))  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-269

### **Аннотация**

Для изготовления герметичных сосудов больших объемов, работающих в атмосферных условиях, в диапазоне переменного давления высокой величины, необходимо выбирать материалы с учетом допустимого напряжения и конструктивных особенностей клепаных швов. Величины элементов прочно-плотных швов выбираются по таблицам, составленным с учетом опыта и практики эксплуатации изделий. Части цилиндрических сосудов, так называемые барабаны, могут быть выполнены из одного листа с одним продольным швом. При этом в месте поперечного шва внахлестку появляется зазор, который можно убрать за счет дополнительной обработки края листа наружного барабана. Продольные швы герметических соединений могут



быть выполнены внахлестку или встык с двумя накладками. Поперечные швы, как правило, выполняются внахлестку.

**Ключевые слова:** клепаные соединения, прочно-плотные швы, сосуды высокого давления, запас прочности, коэффициент скольжения, удельное сопротивление скольжению, многорядные швы.

### Abstract

For the manufacture of sealed vessels of large volumes operating in atmospheric conditions, in the range of high variable pressures, it is necessary to select materials taking into account the permissible stress and the design features of riveted seams. The values of the elements of strong-tight seams are selected from tables compiled taking into account the experience and practice of operating the products. Parts of cylindrical vessels, the so-called drums, can be made of one sheet with one longitudinal seam. In this case, a gap appears in the place of the transverse overlap seam, which can be removed by additional processing of the edge of the outer drum sheet. Longitudinal seams of hermetic connections can be made overlapped or end-to-end with two overlays. Transverse seams are usually overlapped.

**Keywords:** riveted joints, strong-tight seams, high-pressure vessels, safety factor, slip coefficient, specific slip resistance, multi-row seams.

Для изготовления герметических сосудов, работающих под давлением, применяется так называемая котельная сталь трех марок: Ст.2, Ст.3, Ст.4 с различными пределами прочности: от 3300 до 5000 кг/см<sup>2</sup> с относительным удлинением от 25 до 10%.

Ст.2 предпочтительна для изготовления конструкций подвергающихся воздействию пламени и горячих газов. Ст.3 пригодна для изготовления котлов подверженных нагреванию при изготовлении. Ст.4 обычно применяется для изготовления герметичных сосудов высокого давления не подверженных сильному нагреванию ни при каких обстоятельствах [1, с.57].

Запас прочности конструкции выбирается в зависимости от типа шва.

Для шва внахлестку или с одной накладкой принимается значение  $n = 4,75$ . Для шва клепаного встык с двумя накладками и ассиметричным расположением заклепок  $n = 4,25$ . Для шва встык с двумя накладками при двух и более рядах заклепок принимается  $n = 4,0$ .

Также запас прочности выбирается с учетом высоких температур эксплуатации. Так для прочно-плотного двухрядного шва с двумя накладками для стали с пределом текучести  $\sigma_{пч} = 3,00$  кг/см<sup>2</sup> запас прочности  $n = 5,7$  при температуре 3500С. А для температуры 4500С запас прочности увеличивается до  $n = 8,9$ .

При расчете конструкции допускаемое напряжение принимается равным:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_{пч}}{n} \text{ кг/см}^2. \quad (1)$$

Коэффициент прочности  $\phi$  обычно принимается для выбранного типа шва  $\phi = 0,7$  [2,с.73].

Для проверки шва (рис.1) на плотность используют опытные величины усилий, отнесенных к единице площади поперечного сечения заклепок, расположенных в пределах одного шага заклепочного шва:

$$R = \frac{P_t}{z \frac{\pi d_0^2}{4}} \leq R_T, \quad (2)$$

где  $R$  – величина коэффициента скольжения;

$z$  – число заклепок на один шаг;

$P_t$  – усилие, приложенное к листу на участке шага;

$d_0$  – диаметр заклепки;

$R_T$  – допускаемая величина коэффициента скольжения. Для выбранного шва

$$R_t = 650.$$

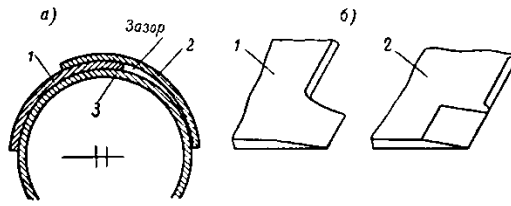


Рисунок 1. Технологические приемы уменьшения зазоров между листами.

При заданном диаметре сосуда  $D$  и избыточном давлении  $P$  кг/см<sup>2</sup> в нем, тип шва выбирается в зависимости от усилия, приходящегося на один сантиметр длины стенки сосуда. Величина этого усилия:

$$C = pD/2 \text{ кг/см}^2. (3)$$

Величины элементов прочно-плотных швов выбираются по таблицам, составленным с учетом опыта и практики эксплуатации изделий.

В целях плотной пригонки внутренний лист оттягивают в горячем состоянии или скашивают, как это показано на рис.1,б. После этого соединение приобретает вид, показанный на рис.2.

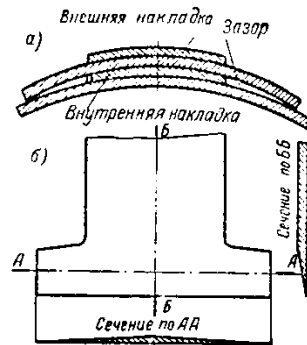


Рисунок 2. Расположение листов накладки, внутреннего и наружного барабана.

В шов с двумя накладками между внутренним и наружным барабанами попадает внутренняя накладка наружного барабана, образуя зазор, рис.2,а. Для устранения зазора внутреннюю накладку оттягивают так, как показано на рис.2,б.

После тщательной пригонки листов и барабанов друг к другу и после постановки всех заклепок швы необходимо дополнительно уплотнить путем подчеканки [3,с.22]. Для этого чекан 1 в форме тупого зубила, выполненного из шестигранной заготовки, следует установить на кромке листа 2 (рис.3). Современные технологии используют автоматическую ударную систему на пневматической основе. Чекан устанавливается примерно на расстоянии  $\delta/3$  от наружной поверхности листа 3. От ударов осаженная часть кромки плотно прижимается к листу. Угол скоса кромки принимается 15 – 18°.

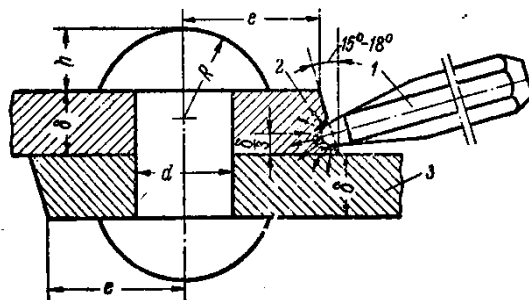


Рисунок 3. Уплотнение заклепочного шва методом точечной чеканки.

Для обеспечения большей плотности шва используются двухрядные или шахматные швы, причем внутреннюю накладку делают шире. Такой прием позволяет получить более прочные швы, так как листы разгружаются по среднему ряду заклепок.

В качестве примера определим тип и размеры продольного шва герметического сосуда при следующих исходных данных: внутренний диаметр сосуда  $D = 1300$  мм; Внутреннее давление в сосуде  $P = 16$  кг/см<sup>2</sup>; материал – сталь Ст.3

При расчете продольного шва находим характеристику шва  $c$ :

$$C = \frac{pD}{2} = \frac{16 \cdot 1300}{2} = 1040 \text{ кг/см. (4)}$$

По графику (рис.4) принимаем продольный шов встык с двумя накладками, двухрядный, шахматный.

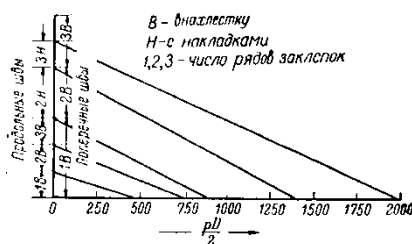


Рисунок 4. Экспериментальные характеристики заклепочных соединений.

Принимаем запас прочности  $n = 4,0$ .

Допускаемое напряжение [4,с.87] для целого листа при пределе прочности при растяжении  $\sigma_{пч} = 3800$  кг/см<sup>2</sup>:

$$[\sigma_p] = \frac{3800}{4} = 950 \text{ кг/см}^2. (5)$$

Коэффициент прочности шва примем  $\varphi = 0,72$ . Тогда толщина стенки  $\delta$  вычисляется по формуле:

$$\delta = \left[ \frac{pD}{2\varphi[\sigma_p]} + (0,1 \div 0,3) \right] = \frac{16 \cdot 1300}{2 \cdot 0,72 \cdot 950} + 0,18 = 17 \text{ мм. (6)}$$

Далее, по соответствующим таблицам подбираем элементы продольного шва: диаметр заклепки  $d = 22$  мм; шаг  $t = 92$  мм; толщину накладки  $\delta_1 = 12$  мм; расстояние между рядами  $e_1 = 46$  мм; расстояние до края листа  $e = 33$  мм. Диаметр отверстий под заклепку 23 мм.

Далее определяем коэффициент прочности шва:

$$\varphi = \frac{t - d_0}{t} = \frac{92 - 23}{92} = 0,75, (7)$$

то есть не меньше принятого при определении толщины стенки сосуда

$$\varphi = 0,72.$$

Определяем удельное сопротивление скольжению:

$$R = \frac{P_t}{z \frac{\pi d_0^2}{4}}, (8)$$

где  $P_t = 9560$  кг;  $z = 2$ .

Подставляя эти значения в формулу (8), получаем:

$$R = \frac{9560}{2 \cdot 4,16} = 1150 \text{ кг/см}^2,$$

Что вполне соответствует выбранному нами типу шва и геометрии расположения заклепок. Аналогичный расчет может быть выполнен для поперечного шва.

\*\*\*

1. Горбунов Р.А., Левчук Т.В. Общие требования, предъявляемые к деталям узлов и агрегатов в транспортном машиностроении. В сб. статей XI международного научно-исследовательского конкурса. Пенза. 2021. С. 55-58.

2. Синецын С.А., Тихомирова Е.Б. Особенности проектирования и расчета гибких передач с оптимизацией упругого скольжения. Оригинальные исследования. 2022, т.12, №1, с.70-75.
3. Синецын С.А. Основные принципы моделирования при проектировании технических объектов. Тенденции развития науки и образования, 2021. № 79-82. С. 21-24.
4. Левчук Т.В., Дубровин В.С., Панченко В.А. Механика, теоретическая механика и прикладная механика. РУТ, Москва, 2021, 190с.

**Дидыч В.А., Ильченко Я.А., Нагучев З.Х.**

### **Моделирование функций роста в программном комплексе Maxima**

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина  
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-270

#### **Аннотация**

В программном комплексе численных вычислений Maxima смоделированы базовые функции роста, применяемые, в частности, в сельском хозяйстве. Графическая интерпретация моделей выполнена с помощью программы gnuplot.

**Ключевые слова:** функции роста, Maxima, компьютерное моделирование в сельском хозяйстве.

#### **Abstract**

In the Maxima software package for numerical computation, a basic growth functions were simulated. Graphical interpretations of models done with gnuplot program.

**Keywords:** growth functions, Maxima, computer modeling in agriculture.

В разделах науки, которые изучают развитие животных и растительных организмов при использовании функций роста решается задача связи времен-ных рядов данных, относящихся к росту организма или его части в рамках единого математического выражения. В настоящее время возможности вычислительной техники позволяют с высокой точностью смоделировать процессы роста и развития биологических объектов с помощью, в частности, функций роста.

Использование функций роста обычно имеет эмпирическую ориентацию, вид модели подбирается исходя из имеющихся экспериментальных данных. Прежде всего это вызвано исключительной сложностью строения биологических объектов и процессов происходящих в них, которые, на данном этапе развития науки невозможно описать аналитическими функциями, которые бы учитывали рост животного либо растения в широком диапазоне внешних условий и параметры которых были бы биологически интерпретируемы. Простое описание растения или животного практически невозможно, но модели имеющие единицы зависимостей (например скорость набора массы и подобное) вполне рабочие и дают адекватные результаты при выборе корректных численных методов.

Поскольку при анализе функций роста количество сухого вещества представляет наибольший интерес, то в дальнейшем мы будем иметь ввиду именно этот параметр. Это потому, что через этот параметр можно выразить живую массу, площадь поверхности листьев, сырую массу и подобные характеристики. Так как процесс роста это длительный во времени процесс, то за единицу измерения времени принимается день, а за единицу измерения массы – килограмм.

Рассмотрим наиболее часто используемые уравнения роста. Наиболее простая двухкомпонентная модель представляет зависимость между питатель-ной средой (субстратом) и сухим веществом. Если допустить, что на рассматриваемом отрезке времени система не получает из внешней среды и не теряет никакого материала, то она описывается следующим уравнением:

$$\frac{dW}{dt} = - \frac{dS}{dt},$$

где  $W$  – масса сухого вещества, кг;

$S$  – масса субстрата, кг.

Уравнение показывает, что увеличение сухого вещества идет за счет убывания питательных веществ субстрата. С помощью дальнейших математических преобразований выражение преобразовывается к следующему виду:

$$\frac{dW}{dt} = v(W, C - W) = h(W),$$

где  $C$  – постоянная величина.

Последнее выражение является общим видом уравнения роста и позволяет уйти от задачи с двумя переменными состояния к одной. Частные решения зависят от моделируемого объекта.

К особенностям простого экспоненциального роста с резкой отсечкой следует отнести сохранение максимального темпа роста пока есть питательная среда и необратимость процесса роста, который прекращается только лишь при истощении питательной среды. В таком случае общее уравнение роста принимает вид:

$$\frac{dW}{dt} = \mu W$$

где  $\mu$  – удельный темп роста, который зависит от вида сухой массы  $W$ , соответствующей ресурсу питательной среды и метаболизма объекта. После интегрирования уравнение принимает вид:

$$W = W_0 e^{\mu t}.$$

При решении уравнения относительно времени  $t$  получаем выражение, которое позволяет оценить момент времени в который прекратится рост:

$$t_f = \ln \frac{W_0 + S_0}{\mu W_0}$$

Физически эта модель отражает простой экспоненциальный рост, ограниченный ресурсом питательной среды.

Для построения модели будем использовать свободное программное обеспечение для численных и символьных вычислений Maxima.

Листинг программы для построения модели экспоненциального роста и результат выполнения представлен на рисунке 1. Особенностью построения модели является использование кусочно-линейной функции.

Следующим частным случаем функции роста является уравнение мономолекулярного роста. При построении данной модели принимаются следующие допущения: количество энергии роста неизменно и не зависит от количества сухой массы  $W$ ; скорость роста пропорциональна ресурсу питательной среды  $S$ ; скорость роста необратима. При принятии таких допущений мономолекулярное уравнение принимает вид:

```

→ W_0:1 $
W_f:100 $
t_f:23 $
mu:0.2 $

→ W(t):= if t>t_f then 100
else W_0*%e^(mu*t) $

→ wxplot2d([W],[t,0,30],[y,0,110],grid2d);

```

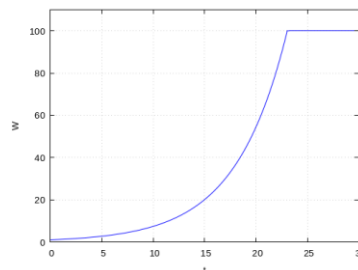


Рисунок 1. Листинг программы для построения модели простого экспоненциального роста с резкой отсечкой.

$$\frac{dW}{dt} = kW,$$

где  $k$  – постоянная величина.

После интегрирования получаем следующее выражение:

$$W = W_f - (W_f - W_0)e^{-kt}$$

Листинг программы для построения уравнения мономолекулярного роста и результат выполнения представлен на рисунке 2.

```

→ W_0:1 $
W_f:100 $
k:0.2 $

→ W(t):= W_f - (W_f - W_0)*%e^(-k*t) $

→ wxplot2d([W],[t,0,30],[y,0,110], grid2d);
    
```

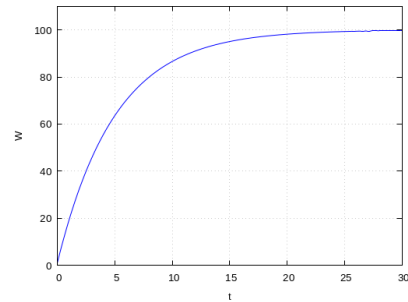


Рисунок 2. Листинг программы для построения модели мономолекулярного роста.

Мономолекулярная химическая реакция является реакцией первого порядка, скорость химической реакции определяется концентрацией компонентов реакции с течением времени. Этот процесс прекрасно описывается уравнением мономолекулярного роста. Уравнение, в частности, адекватно описывает некоторые методы обеззараживания воды или рост/гибель колоний бактериальных клеток.

При использовании модели Ферхюльста делаются допущения, что энергия роста пропорциональна сухой массе  $W$ ; скорость роста пропорциональна ресурсу питательной среды  $S$ ; процесс роста необратим. Уравнение модели Ферхюльста имеет вид:

$$\frac{dW}{dt} = k'WS,$$

где  $k'$  – постоянный коэффициент.

После интегрирования и преобразований уравнение Ферхюльста принимает вид

$$W = \frac{W_0 W_f}{W_0 + (W_f - W_0)e^{-\mu t}}$$

Время, в которое произошел перегиб, можно определить с помощью выражения:

$$t_{\text{пер}} = \frac{1}{\mu} \ln \left( \frac{W_f - W_0}{W_0} \right)$$

Листинг программы для построения модели Ферхюльста и результат выполнения представлен на рисунке 3.

```

→ W_0:1 $
W_f:100 $
mu:0.3 $

→ W(t):= (W_0*W_f)/(W_0 + (W_f - W_0)*%e^(-mu*t)) $

→ t_per = float(1/mu * log((W_f - W_0)/W_0));
(%o5) t_per=15.3170661671153

→ wxplot2d([W],[t,0,30],[y,0,110], grid2d);
    
```

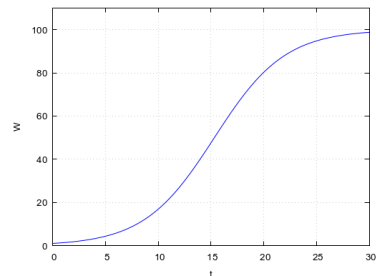


Рисунок 3. Листинг программы для построения модели Ферхюльста.

При использовании уравнения Ферхюльста принимаются допущения, что ресурс питательной среды  $S$  не ограничен, а энергия роста пропорциональна сухой массе  $W$ , эффективность энергии роста падает со временем экспоненциально. Причинами замедления роста могут являться, например, деградация, старение, усложнение объекта. Уравнение роста Гомпертца учитывает замедление роста со временем, причем коэффициент учитывающий замедление имеет сложный закон изменения:

$$\frac{d\mu}{dt} = -D\mu$$

где  $D$  – параметр, характеризующий уменьшение коэффициента  $\mu$ .  
Дифференциальная форма уравнения роста Гомпертца:

$$\frac{dW}{dt} = \mu_0 W e^{-Dt},$$

После интегрирования аналитическое выражение имеет вид:

$$W = W_0 e^{\mu_0(1-e^{-Dt})/D}$$

Точка перегиба может быть определена из выражения:

$$t_{\text{пер}} = \frac{1}{D} \ln\left(\frac{\mu_0}{D}\right)$$

Особенностями модели является замедление роста в начале и в конце рассматриваемого периода. Листинг программы для построения модели Гомпертца и результат выполнения представлен на рисунке 4.

```

→ W_0:1 $
D:0.1086 $
W_f:100 $
mu_0:0.5 $

→ W(t):= W_0*e^(mu_0*(1-%e^(-D*t))/D) $

→ t_per = float(1/D * log(mu_0/D));
(%o6) t_per=14.06019052414693

→ wxplot2d([W],[t,0,30],[y,0,90], grid2d);

```

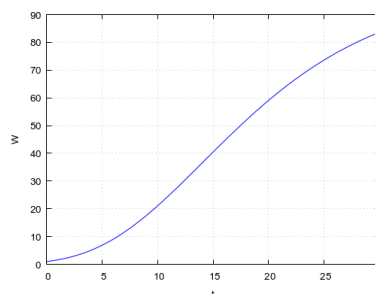


Рисунок 4. Листинг программы для построения модели Гомпертца.

Уравнение роста Чантера является гибридом логистического уравнения и Гомпертца и имеет следующую дифференциальную форму:

$$\frac{dW}{dt} = \mu W \left(1 - \frac{W}{B}\right) e^{-Dt}$$

где  $\mu$ ,  $B$  и  $D$  – некоторые постоянные величины.

Удельный темп роста в уравнении Чантера определяется двумя факторами:  $\left(1 - \frac{W}{B}\right)$  отражает использование ресурса питательной среды, причем характер фактора линейный и параметр  $e^{-Dt}$ , который отражает влияние времени на модель. Физической интерпретацией этих факторов могут быть старение, усложнение, развитие. При  $D \rightarrow \infty$ , модель не подвержена старению, при  $B \rightarrow \infty$  – отсутствуют ресурсные ограничения на питательную среду. После интегрирования уравнение роста Чантера аналитическая форма имеет вид:

$$W = \frac{W_0 B}{W_0 + (B - W_0) e^{-\mu(1-e^{-Dt})/D}},$$

Для построения модели требуется задать параметры  $W_0$ ,  $W_f$ ,  $\mu$ ,  $D$  после чего вычислить параметр  $B$  по формуле:

$$B = \frac{W_f W_0 (e^{\mu/D} - 1)}{W_0 e^{\mu/D} - W_f}.$$

Листинг программы для построения модели Чантера и результат выполнения представлен на рисунке 5.



```

W_0:1 $
W_f:100 $
mu:0.5 $
D:0.05 $

B:(W_f-W_0*(%e^(mu/D) - 1))/(W_0*%e^(mu/D) - W_f);
100.45

W(t):=(W_0-B)/(W_0 + (B - W_0)*
%e^(-(mu*(1-%e^(-D*t))/D)));
    
```

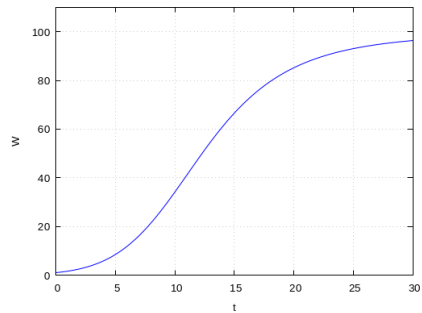


Рисунок 5. Листинг программы для построения модели Чантера.

Вышеприведенные частные случаи общего уравнения роста выводятся из относительно простых предпосылок, но при моделировании биологических объектов не обойтись без класса моделей, которые являются чисто эмпирическими и как правило не поддаются физиологической интерпретации. Они описывают лишь наблюдаемый процесс в реальности. Наибольшее применение нашли модели, содержащие экспоненциальные полиномы. Такие модели довольно легко корректировать под результаты эксперимента и обычно степени 2 старшего члена полинома достаточно для адекватного представления объекта.

Общий вид моделей с экспоненциальными полиномами следующий:

$$W = e^{a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n}$$

Листинг программы для построения экспоненциального уравнения роста и результат выполнения представлен на рисунке 6.

```

→ a_0:0 $
a_1:0.5 $
a_2:-0.0136 $

→ W(t):= %e^(a_0 + a_1*t + a_2*t^2);

→ wxplot2d([W],[t,0,30],[y,0,110], grid2d);
    
```

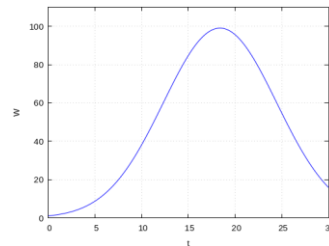


Рисунок 6. Листинг программы для построения экспоненциальной модели роста.

Метод функций роста является простейшим подходом к оценке процессов развития организмов животных и растений и ввиду сложности интерпретируемого объекта при использовании этого метода возникают следующие сложности:

- выбор функции часто произволен;
- нередко случается, что аналитическую функцию невозможно подобрать;
- не всегда результаты и параметры модели возможно верно физически интерпретировать;
- трудно получить эмпирическую модель, соответствующую экспериментальным данным;
- экспериментальные данные часто содержат разрывы, которые не поддаются сглаживанию (например резкое изменение режима питания или заболевание) и которые получается описать существующими моделями.

Несмотря на указанные сложности метод функций роста является эффективным методом и дает адекватное описание биологического объекта.

\*\*\*

1. Франс Дж., Торнли Дж. Х.М. Математические модели в сельском хозяйстве / Пер. с англ. А.С. Каменского; под ред. Ф.И. Ерешко. Предисл. Ф.И. Ерешко и А.С. Каменского.-М.:Агропромиздат, 1987. - 400с.
2. Патент № 2351129 С1 Российская Федерация, МПК А01М 1/04. Мобильная электрооптическая установка для уничтожения летающих насекомых : № 2007149126/12 : заявл. 25.12.2007 : опубл. 10.04.2009 / Н. И.

- Богатырев, В. С. Газалов, А. Г. Григоренко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет". – EDN GIETFS.
3. Патент № 2316880 С1 Российская Федерация, МПК H02K 17/14, H02K 3/28. Статорная обмотка асинхронного генератора : № 2006113472/09 : заявл. 20.04.2006 : опубл. 10.02.2008 / Н. И. Богатырев, В. Н. Ванурин, В. В. Лепетухин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – EDN KKNJXP.
  4. Патент № 2417501 С1 Российская Федерация, МПК H02J 3/42, H02P 9/46, F25B 11/00. Способ управления асинхронным генератором при параллельной работе с сетью и устройство для его осуществления : № 2010119200/07 : заявл. 12.05.2010 : опубл. 27.04.2011 / Н. И. Богатырев, Ю. П. Степура, А. С. Оськина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет". – EDN RLDWCL.
  5. Методика расчета и результаты лабораторных испытаний асинхронного генератора с модулированной обмоткой статора / Н. И. Богатырев, О. В. Вронский, Я. А. Ильченко, Н. С. Баракин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 24. – С. 164-169. – EDN MWCMSJ.
  6. Анализ и синтез параметров обмоток асинхронного генератора / Н. И. Богатырев, П. П. Екименко, А. В. Сеницын [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 8. – С. 33-35. – EDN IAYEMB.
  7. Патент № 2336151 С1 Российская Федерация, МПК B23K 9/10. Автономный источник питания сварочной дуги : № 2006146460/02 : заявл. 25.12.2006 : опубл. 20.10.2008 / Н. И. Богатырев, В. Н. Ванурин, Я. А. Ильченко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – EDN IXOZES.
  8. Новые перспективы применения асинхронных генераторов для ветроэнергетических установок и малых ГЭС / Н. И. Богатырев, А. С. Креймер, В. М. Семенов, Я. А. Ильченко // Промышленная энергетика. – 2006. – № 5. – С. 48-52. – EDN HTAYHR.

**Колтаков А.А., Юршин Н.С., Куделькин В.А.**

### **Методика расчета резиновых виброзащитных систем методом вибродемпфирования**

*Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
им.проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-271

#### **Аннотация**

В статье представлена методика расчета виброизоляторов для установок, источником вибрации в которых являются элементы вращения. Методика учитывает динамические характеристики эластомеров, а также показатель эффективности виброизоляции.

**Ключевые слова:** вибрация, расчетная частота, динамический модуль упругости, эффективность виброизоляции, жесткость виброизолятора.

#### **Abstract**

The article presents a method for calculating vibration isolators for installations, the source of vibration in which are elements of rotation. The method takes into account the dynamic characteristics of elastic materials, as well as an indicator of vibration efficiency.

**Keywords:** vibration, design frequency, dynamic modules of elasticity, vibration isolation efficiency, vibration isolator stiffness.

При проектировании виброзащитных систем методом вибродемпфирования одним из основополагающих методов является установление резонансных частот источников вибрации для подбора эластичного материала с соответствующими свойствами, обеспечивающими снижение уровня вибрации.

Сначала определяют расчетную частоту вращения  $n_r$  и требуемую эффективность виброизоляции  $\Delta L_T$ , для этого необходимо воспользоваться таблицей 1, где представлены примерные значения этих величин [1].

Таблица 1

Расчетная частота вращения  $n_p$  и требуемая эффективность виброизоляции  $\Delta L_T$ .

Расчетная частота вращения $n_p$	Значения $\Delta L_T$ , дБА
<i>Поршневые компрессоры мощностью, кВт:</i>	
до 15	17
от 20 до 60	20
от 75 до 150	26
Центробежные насосы	26
Автономные кондиционеры	20
<i>Вентиляторы с частотой вращения, мин<sup>-1</sup>:</i>	
Более 800	26
500...800	20...26
350...500	17...20
200...350	11...17

Далее находят расчетные частоты возбуждающих сил  $f_e$  (1 - 6) [2]:

- неуравновешенные силы инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс:

$$f_e = kn/60, (1)$$

— посадка клапанов и удары при выборе тепловых зазоров:

$$f_e = kz_kzn/(60m), (2)$$

— процесс сгорания, впуска и выпуска:

$$f_e = kzn/(60m), (3)$$

— пересопряжение зубьев шестерен:

$$f_e = kn_{uz}z_{uz}/60, (4)$$

— частота действия накопленной при изготовлении шестерни ошибки

$$f_e = kn_{uz}/60, (5)$$

— неравномерность потока воздуха, создаваемая вентиляторами и нагнетателями:

$$f_e = kz_vn/60, (6)$$

где  $k$  – номер гармоники,  $k = 1, 2, 3, \dots$ ;  $n$  – частота вращения вала (мин<sup>-1</sup>);  $z$  – число цилиндров;  $z_k$  – число одновременно работающих клапанов одного цилиндра;  $m$  – коэффициент тактности, для 2-х тактных  $m=1$ , для 4-х тактных  $m=2$ ;  $z_{uz}$  – число зубьев ведущей шестерни;  $z_v$  – число лопаток вентилятора.

Если в работающей установке существуют части, вращающиеся с различной частотой, то в качестве расчетной принимают наименьшую из них.

Отношение  $C$  расчетной частоты возбуждающей силы  $f_e$  к предельно допустимой частоте собственных вертикальных колебаний  $f_{од}$  виброизолированной установки принимают в зависимости от требуемой эффективности виброизоляции  $\Delta L_T$  из следующих значений, представленных в таблице 2.

Таблица 2

Требуемая эффективность виброизоляции.

$\Delta L_T$ , дБ	5	7,5	10	15	20	25	30	35
$C = f_e/f_{од}$	1,65	1,8	2	2,6	3,3	4,2	5,4	7

По выбранному значению параметра  $C$  определяют предельно допустимую частоту, Гц,

$$f_{од} = f_e/C..(7)$$

Требуемую общую массу, кг, виброизолированной установки рассчитывают по формуле:

$$m_T \geq 2,5\varepsilon \cdot m_B/A_d (8)$$

где  $\varepsilon$  – эксцентриситет вращающихся частей, мм;

$m_b$  – масса вращающихся с частотой  $n_y$  частей установки, кг;

$A_\partial$  – максимально допустимая амплитуда смещения центра тяжести установки, мм.

Если величины  $\varepsilon$  и  $A_\partial$  неизвестны, то, например, для вентиляционной установки можно приближенно принять  $\varepsilon_\partial = 0,2 \dots 0,4$  мм при динамической балансировке и  $\varepsilon_c = 1 \dots 1,5$  мм при статической балансировке.  $A_\partial$  принимают из значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Максимально допустимую амплитуду смещения.

Частота вращения $n_y$ , мин <sup>-1</sup>	300	400	500	600	700	900	1200	1500	3000
$A_\partial$ , мм	0,2	0,18	0,16	0,145	0,13	0,11	0,09	0,07	0,04

Далее вычисляют суммарную массу, кг установки с рамой, как показано на рисунке [1].

$$m = m_y + m_p, \quad (9)$$

где  $m_y$  – масса установки, кг;

$m_p$  – масса рамы, кг.

При этом должно соблюдаться условие:

$$m \geq m_T \quad (10)$$

После определения массы установки вычисляют площадь поперечного сечения всех виброизоляторов, м<sup>2</sup>:

$$F_B = 9,81m/\sigma, \quad (11)$$

где  $m_0$  – общая масса установки, кг,

$\sigma$  – расчетное статистическое напряжение в резине: для мягкой резины  $(1 \dots 3) \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>, для резины с большой твердостью  $(3,1 \dots 5) \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>.

Рабочую высоту, м, каждого виброизолятора находят по выражению [1]:

$$H_p = \frac{EF_B}{\sum K_B} \quad (12)$$

где  $E$  – динамический модуль упругости резины, Па,

$\sum K_B$  – требуемая суммарная жесткость виброизоляторов Н/м.

Жесткость виброизолятора рассчитывается исходя из значений динамического модуля упругости.

Известно, что расчет жесткости резиновых элементов является необходимым этапом разработки виброизоляторов с требуемыми характеристиками, как при статических, так и при динамических условиях. Для определения жесткости типовых элементов (амортизирующей вставки) виброизоляции при малых деформациях используется линейная теория упругости. Жесткость виброизолятора определяется выражением [1,4]:

$$C = \mathcal{J}ES/h, \quad (13)$$

где  $\mathcal{J}$  – безразмерная жесткость амортизирующей вставки в направлении оси;

$E$  – динамический модуль упругости;

$S$  – площадь поперечного сечения амортизирующей вставки;

$h$  – высота амортизирующей вставки.

Таким образом, при уменьшении высоты амортизирующей вставки  $h$  в 2 раза жесткость  $C$  виброизолятора может увеличиваться в 2 ... 8 раз в зависимости от его формы.

Площадь поперечного сечения одного виброизолятора, м<sup>2</sup>,

$$F_1 = F_B/n_b, \quad (14)$$

где  $n$  – число виброизоляторов.

Далее для виброизолятора призматической формы находят сторону квадрата, м,

$$B = \sqrt{F_1} \quad (15)$$

а для виброизолятора цилиндрической формы – диаметр, м,

$$D = \sqrt{4F_1/\pi}. \quad (16)$$

Для обеспечения устойчивости виброизоляции необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$1,5H_p \leq B \leq 8H_p, \quad (17)$$

или

$$1,5H_p \leq D \leq 8H_p. \quad (18)$$

Если это условие не выполняется, необходимо или взять резину другой твердости, или принять другое число изоляторов, или увеличить площадь их поперечного сечения, или выбрать пружинные виброизоляторы.

Полную высоту, м, виброизолятора определяют по формуле:

$$H = H_p + 0,125B, \quad (19)$$

или

$$H = H_p + 0,125D. \quad (20)$$

После уточнения размеров виброизоляторов следует проверить обеспечиваемую эффективность виброизоляции, дБА:

$$\Delta L_y = 20 \cdot \lg \left( \frac{f_B^2}{f_0^2} - 1 \right), \quad (21)$$

где  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum K_{в.у}}{m_{0.у}}}$  – уточненная частота собственных вертикальных колебаний, Гц;

$\sum K_{в.у} = \frac{EK_{в.у}}{H_p}$  – уточненная общая жесткость всех виброизоляторов, м<sup>2</sup>;

$m_{0.у}$  – уточненная масса вибрационной установки, кг.

Если общая масса установки  $m_0 \geq m_T$ , то  $m_{0.у} = m_0$ .

Полученное значение  $\Delta L_y$  должно быть близко к выбранному  $\Delta L_T$  или меньше его.

\*\*\*

1. Ляпунов В.Т., Лавендел Э.Э., Шляпочников С.А. Резиновые виброизоляторы: справочник. – Л.: Судостроение, 1988. – 216 с.
2. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: учебник для вузов. – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.
3. Юдин Е.Я. Борьба с шумом на производстве: справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
4. Патент RU 2453746 С1 Способ виброзащиты машин / Устинов Ю.Ф., Иванов В.П., Скрынников А.В., Муравьев В.А., Нгуен Лам Хань, Колтаков А.А., опубл. 20.06.2012.

**Колтаков А.А., Юршин Н.С., Куделькин В.А.**

**Общая характеристика источников звуковой вибрации сложных энергетических систем специального назначения**

*Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
им.проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-272

#### **Аннотация**

В статье представлен анализ основных источников шума и вибрации, излучаемые электростанцией ЭСД-200-30Т-400М, расчетным путем по известным формулам определены характерные частоты возмущения виброакустической энергии агрегатами ЭСД-200-30Т-400М.

**Ключевые слова:** шум, вибрация, виброакустическая энергия, характерные частоты излучения.

**Abstract**

The statute presents an analysis of the main source of noise and vibration emitted by the power plant ЭСД-200-30Т-400М. By calculation using the known formulas, the characteristic frequencies of disturbance of vibroacoustic energy by the units ЭСД-200-30Т-400М.

**Keyword:** noise, vibration, vibroacoustic energy, characteristic radiation frequencies.

Многочисленные исследования и повседневная деятельность свидетельствуют, что акустическая нагрузка высокой интенсивности оказывают на человеческий организм вредное влияние: изменяется ритм сердечной деятельности, повышается кровяное давление, ухудшается слух, ускоряется процесс утомления, замедляются физические и психологические реакции. Шум является одним из факторов утомляемости, который приводит к увеличению травматизма, снижению производительности труда [1].

Уровень конструктивного совершенства специальной техники постоянно повышается, появляются более мощные силовые установки, агрегаты и узлы. Рост технологических нагрузок, неизбежно приводит к динамической нагруженности узлов и агрегатов и, как следствие, к шуму высокой интенсивности.

Работа по обслуживанию вылетов авиации выполняется средствами наземного обслуживания общего применения (СНО ОП). Питание электрической энергией ряда образцов СНО ОП осуществляется электростанцией ЭСД-200-30Т-400М, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1. Общий вид электростанции.

Электростанция установлена на шасси прицепа МАЗ-5224В и состоит из двух дизель-электрических агрегатов – один типа АД-200 мощностью 200 кВт и второй типа АД-30 мощностью 30 кВт, смонтированных в кузове КУНГ-П10 и вспомогательного оборудования, необходимого для нормальной работы изделия, при этом, во время генерации электроэнергии, образуется мощный шум и вибрация, оказывающие негативное воздействие на обслуживающий персонал.

Все образцы СНО ОП должны удовлетворять требованиям стандартов, среди которых ГОСТ 31812-2012, согласно которому, допустимый уровень звука (УЗ) на рабочем месте оператора не должен превышать 80 дБА, однако предварительные исследования показали превышение нормативного значения УЗ в на рабочем месте оператора ЭСД-200-30Т-400М.

Для эффективной борьбы с виброакустическим излучением ЭСД-200-30Т-400М изначально необходимо выявить ее основные источники.

Так как в состав электростанции ЭСД-200-30Т-400М входят такие элементы как дизель-электрические агрегаты АД-200 и АД-30, то аэродинамический шум является одним из составляющих шума при ее работе. Кроме этого, эти агрегаты излучают вибрации в виде структурного шума. Этот процесс происходит как непосредственно с поверхностями деталей, так и с элементов конструкции станции, сопряженных с ними. Основными источниками вибрации дизельного двигателя являются аэродинамический и механический шумы. Аэродинамический шум связан с системой впуска и выпуска. Газодинамические импульсы, возникающие в первоначальные периоды выпуска газов, вызывают колебания стенок выпускного тракта в широком диапазоне частот; при жестком креплении этого тракта к корпусным конструкциям указанные колебания передаются в отсек оператора в виде структурного шума.

Процесс шумообразования на электростанции ЭСД-200-30Т-400М, схема которого приведена на рисунке 2, можно представить в виде энергетического суммирования вкладов от различных источников шума.

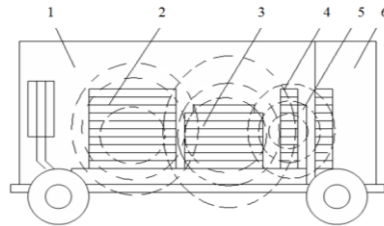


Рисунок 2. Схема излучения шума источниками акустической энергии на электростанции ЭСД-200-30Т-400М

1 – агрегатный отсек электростанции; 2 – дизель 1-Д12 В-300; 3 – генератор ГСФ-200; 4 – дизель ЯАЗ-М204Г; 5 – генератор ДГФ-82-4Б; 6- отсек оператора электростанции.

Основное оборудование излучает виброакустическую энергию на частотах, определяемых известными формулами, представленными в таблице [2].

Таблица 1

Характерные частоты возмущения виброакустической энергии и причины ее генерации на электростанции ЭСД-200-30Т-400М.

Причины генерации виброакустической энергии	Расчетная формула	Частота возмущения $f$ , Гц
1	2	3
<i>Двигатель 1Д12В-300</i>		
1. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции первого порядка и их моментов.	$f_{Д1} = kn_e/60$ , $k$ – номер гармоники, $k=1$ ; $n_e$ – частота вращения коленчатого вала двигателя, $n_e=1500 \text{ мин}^{-1}$	$f_{Д1} = 25$
2. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции второго порядка и их моментов.	$f_{Д2} = 2kn_e/60$ ,	$f_{Д2} = 50$
3. Процесс сгорания топлива.	$f_{Д3} = c/(2D)$ ; $c$ – скорость звука в газе при сгорании, $c = 657 \text{ м/с}$ ; $D$ – диаметр цилиндра (камеры сгорания) двигателя, $D = 0,15 \text{ м}$ .	$f_{Д3} = 2190$
4. Удары клапанов.	$f_{Д4} = kz_k n_e/(60t)$ ; $z_k$ – число одновременно работающих клапанов цилиндра, $z_k=2$ ; $z$ – число цилиндров двигателя, $z=12$ ; $t$ – коэффициент тактности, для 4-х тактных $t=2$	$f_{Д4} = 300$
5. Перекладка зазоров цилиндров поршневой группы.	$f_{Д5} = kBzn/60$ ; $z$ - число цилиндров ДВС, $z=2(2)$ ; $B$ - число перекладок зазора, определяемое по диаграмме нормальных сил, $B=24(8)$	$f_{Д5} = 1200$
6. Трение коренных подшипников вала.	$f^{Д6} = kz_m n/60$ ; $z_m$ -число трущихся пар, $z_m = 7$	$f^{Д6} = 175$
1	2	3
7. Неуравновешенность вращающихся деталей вентилятора.	$f = i^g n_e/60$ ; $i^g$ - передаточное число привода вентилятора, $i^g = 2$	$f = 50$



8. Неравномерность потока воздуха на выходе из вентилятора системы охлаждения	$f_{\delta 2} = z_{\text{л}} n_{\text{он}} / 60;$ $z_{\text{л}}$ – число лопаток; $z_{\text{л}} = 6;$ $n_{\text{он}}$ – частота вращения, $n_{\text{он}} = 2400$	$f_{\delta 2} = 240$
<i>Дизельный двигатель ЯАЗ-М 204 Г</i>		
9. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции первого порядка и их моментов.	$f^{\text{Д1}} = k n_{\text{д}} / 60$	25
10. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции второго порядка и их моментов	$f_{\text{Д2}} = 2 k n_{\text{д}} / 60$	50
11. Процесс сгорания топлива	$f_{\text{ДЗ}} = c / (2D);$ $D = 0,108 \text{ м.}$	3310
12. Удары клапанов.	$f_{\text{БЗ}} = k z_{\text{к}} z_{\text{п}} / (60m)$	100
13. Перекладка зазоров цилиндров поршневой группы.	$f = k B z n / 60$	400
14. Трение коренных подшипников вала.	$f = k z_{\text{м}} n / 60;$ $z_{\text{м}} = 5$	125
15. Неуравновешенность вращающихся деталей вентилятора.	$f = i^{\text{в}} n_{\text{д}} / 60;$ $i^{\text{в}} = 2$	50
16. Неравномерность потока воздуха на выходе из вентилятора системы охлаждения	$f_{\delta 2} = z_{\text{л}} n_{\text{он}} / 60,$ $z_{\text{л}} = 6;$ $n_{\text{он}} = 2400$	240
<i>Электрогенератор ГТС-200 (ДФФ-82-4К)</i>		
17. Неуравновешенность вращающихся деталей.	$f_{\text{з1}} = n_{\text{з}} / 60;$ $n_{\text{з}}$ - частота вращения генератора, об/мин, $n_{\text{з}} = 1500(1500)$	25(25)
18. Погрешности формы деталей (ротор, статор).	$f_{\text{з2}} = 2 f_{\text{з1}}$	50(50)
19. Перемагничивание активного железа генератора.	$f_{\text{з3}} = 2 f_0;$ $f_0$ - частота тока генератора, $f_0 = 50 \text{ Гц}$	100(100)
20. Неуравновешенность воздушного потока вентилятора генератора.	$f_{\text{з5}} = z_{\text{л}} n_{\text{з}} / 60;$ $z_{\text{л}}$ - число лопаток вентилятора, $z_{\text{л}} = 6(6)$	150(150)

Полученные данные из таблицы в спектральном виде представлены на рисунке 2, где цифровые обозначения характеризуют источники виброакустической энергии.

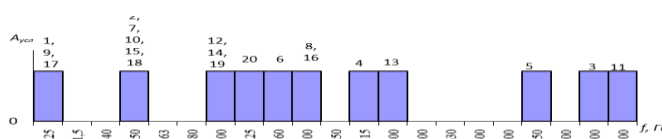


Рисунок 2. Характерные низкие частоты виброакустической энергии, генерируемой источниками электростанции ЭСД-200-30Т-400М.

Таким образом, аналитическим путем установлены основные источники и их характерные частоты, на которых шум и звуковая вибрация электростанции ЭСД-200-30Т-400М наибольшие: двигатель типа 1Д12В-300 – 25 Гц, 50 Гц и 240 Гц, двигатель типа ЯАЗ-М204Г – 25 Гц 50 Гц и 100 Гц, синхронный генератор типа ГСФ-200 (ДФФ-82-4К) – 25 Гц 50 Гц и 100 Гц. Следовательно, звуковиброзащитный комплекс, в первую очередь, необходимо разрабатывать с учетом работы основных источников на характерных частотах.

\*\*\*

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. - М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 424 с.
2. Юдин Е.Я. Борьба с шумом на производстве. - М.: Машиностроение, 1985.- 400 с.

Коннов И.А.

## Применение современных инструментов и технологий для более точного прогнозирования заводнения

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-273

### Аннотация

Гидродинамические исследования в местах нестационарного заводнения имеют особое значение для предсказания и анализа поведения водных тел при переполнении, наводнениях или других нестационарных процессах. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты гидродинамических исследований в условиях нестационарного заводнения, методы моделирования и применение современных инструментов и технологий для более точного прогнозирования гидродинамических явлений.

**Ключевые слова:** гидродинамические исследования, нестационарное заводнение, водные тела, наводнения, моделирование гидродинамики.

### Abstract

Hydrodynamic studies in places of non-stationary flooding are of particular importance for predicting and analyzing the behavior of water bodies during overflow, floods or other non-stationary processes. This article discusses the key aspects of hydrodynamic research in conditions of unsteady flooding, modeling methods and the use of modern tools and technologies for more accurate prediction of hydrodynamic phenomena.

**Keywords:** hydrodynamic studies, unsteady flooding, water bodies, floods, modeling of hydrodynamics.

Гидродинамические исследования в местах нестационарного заводнения являются важным направлением в гидрологии, гидравлике и инженерной геологии. Они предоставляют информацию о поведении водных тел в условиях, когда происходят значительные изменения уровней воды и скорости ее течения. Это позволяет прогнозировать возможные угрозы, связанные с наводнениями, и разрабатывать соответствующие меры предотвращения и управления стихийными бедствиями.

Для изучения гидродинамических явлений в условиях нестационарного заводнения используются различные методы моделирования. Это включает физическое моделирование на макетах, численные методы решения уравнений гидродинамики и компьютерное моделирование. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и ограничения, и выбор метода зависит от конкретных целей и условий исследования.

Результаты гидродинамических исследований в местах нестационарного заводнения находят широкое применение в различных областях. В градостроительстве они помогают определить оптимальное размещение инфраструктуры, чтобы минимизировать риски наводнений. В инженерном проектировании они используются для создания надежных и безопасных гидротехнических сооружений.

Гидродинамические исследования также имеют важное значение при экологической оценке воздействия различных проектов на окружающую среду, особенно в зоне риска наводнений. Они помогают предотвращать ущерб для экосистем и биоразнообразия.

Гидродинамические исследования в местах нестационарного заводнения играют важную роль в обеспечении безопасности и устойчивости инфраструктуры, охраны окружающей среды и предотвращении стихийных бедствий. Применение разнообразных методов моделирования и современных инструментов позволяет получить точные данные и прогнозы, что способствует эффективному управлению рисками связанными с наводнениями и другими нестационарными процессами. Внедрение результатов исследований в практику поможет обеспечить устойчивое развитие и благополучие общества в условиях изменяющегося климата и окружающей среды. В

случае высокой геологической неоднородности объекта разработки и значительных различий в фильтрационных и емкостных характеристиках между слоями разработки закачиваемая вода может прорваться через высокопроницаемый фильтрующий канал. В то же время наблюдается дефицит нефти из-за снижения охвата пластов из-за воздействия системы разработки. Эта проблема наиболее распространена в карбонатных коллекторах с обширной сетью трещин. Понятно, что около 40% мировых запасов нефти приходится на карбонатные коллекторы, а ее доля в добыче составляет 60%. Поэтому, хотя имеется значительный опыт разработки таких месторождений, вопрос извлечения из них нефти по-прежнему актуален в научно-технической литературе.

Спутники и дистанционное зондирование позволяют получать обширную и актуальную информацию о состоянии поверхности Земли. Они могут наблюдать за уровнем воды в реках и озерах, динамикой изменения климата и погодными условиями, которые могут влиять на вероятность заводнения. Эти данные могут быть использованы для более точного прогнозирования и мониторинга возможных угроз.

Современные метеорологические модели используют вычислительные мощности для создания прогнозов погоды с высокой точностью. Они могут предсказывать интенсивность дождей, изменения температуры и атмосферное давление, что важно для определения потенциальных опасностей, связанных с заводнениями.

В условиях высокого содержания воды в добываемом продукте технический коэффициент извлечения нефти может быть достигнут за счет использования нестабильного нефтяного заводнения (NZ). Происходят периодические изменения давления, что приводит к увеличению эластичных запасов коллекторной системы. В результате возникает нестационарный перепад давления, приводящий к перетеканию пластовой жидкости между слоями с различными фильтрационными характеристиками

Эффективность использования нестационарного затопления в значительной степени зависит от выбора пострадавшего места. В то же время скважины-кандидаты отбираются на основе значения стандарта геологической благоприятности, который показывает степень гидродинамической взаимосвязи между низкопроницаемым слоем и высокопроницаемым слоем. Кроме того, важно оценить объем оставшихся запасов нефти, чтобы понять целесообразность использования гидродинамических методов для повышения нефтеотдачи пластов. Эффективность внедрения нестационарного затопления зависит от:

- Степень неоднородности сэндвича с точки зрения проницаемости;
- Гидродинамическое соединение сэндвича;
- Продолжительность стационарного периода затопления;
- Продолжительность полупериода;
- Применить дополнительные геолого-технические мероприятия (ГТМ).

Как мы все знаем, дополнительный ГТМ после первой операции негладкого заводнения нефти приводит к повышению эффективности повторных операций ЧПУ, что связано с включением в процесс фильтрации слаборазвитых участков. Эти меры включают проекты ремонта и изоляции, направленные на изоляцию высокопроницаемых фильтрующих каналов и перенаправление потока пластовой жидкости

При выравнивании профиля забора нагнетательной скважины закачивают гель или седиментационный состав, а также закачивают эмульсионную или суспензионную систему, которая проникает вглубь пласта на значительное расстояние, вызывая перераспределение фильтрующего потока. Объем закачки зависит от конструкции и характеристик коллектора.

При использовании селективных методов закачка изолирующего состава может осуществляться по всей длине перфорированной части буровой скважины. Однако из-за физических и химических свойств пластовой жидкости (нефти и воды) и различий в физиологических и геологических характеристиках структуры добычи объектом, определяющим динамику пластового флюида, засорение нефтенасыщенной толщи происходит не будет. Физико-химический метод устранения притока воды в

эксплуатационные скважины предполагает использование селективных или неселективных материалов. Абсолютным преимуществом селективных материалов является то, что нет необходимости в повторной перфорации скважинных фильтров. Однако такие материалы не являются абсолютно селективными и снижают проницаемость нефтенасыщенной части. Широко распространено использование неселективных материалов, поскольку большинство изоляционных композиций проникают в проницаемый канал и надежно закупоривают его. После перевода участка в режим нефиксированного паводка и осуществления мер по ограничению стока воды и увеличению охвата водохранилища за счет воздействия системы разработки было решено провести гидродинамическое исследование для оценки эффективности выбранной системы.

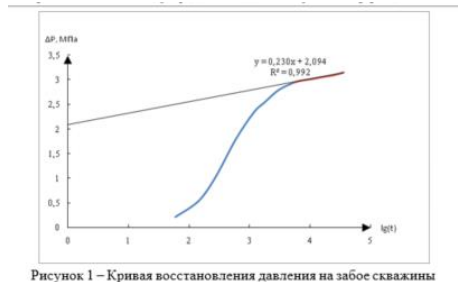


Рисунок 1 – Кривая восстановления давления на забое скважины

Рисунок 1.

Мы берем две точки на прямой части кривой и вдоль этой точки находим угловой коэффициент  $i=0,23\text{МПа}$ . Разность давлений является продолжением асимптоты кривой, соответствующей значению  $2,1\text{МПа}$ . Скважина идеальна, и ее радиус известен с помощью бурового долота, поэтому пьезоэлектрическая проводимость рассчитывается по следующей формуле:

$$\chi = \frac{k}{\mu \cdot \beta} = \frac{r_w^2 \cdot e \cdot i}{2,25} = 2,19 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Рисунок 2.

Теплопроводность определяется как:

$$\varepsilon = \frac{k \cdot h}{\mu} = \frac{Q}{4\pi i} = 2 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{м}}{\text{Па} \cdot \text{с}}$$

Рисунок 3.

Учитывая сложные параметры, это величина, обратная фактической мощности коллектора:

$$\frac{\chi}{\varepsilon} = \frac{k}{\mu \cdot \beta} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} = \frac{1}{\beta \cdot h} = 10,95 \cdot 10^{10} \frac{1}{\text{м} \cdot \text{Па}^{-1}}$$

Рисунок 4.

Заводнения являются одними из наиболее разрушительных природных бедствий, которые могут нанести серьезный ущерб человеческим жизням, инфраструктуре и экологии. Поэтому точное прогнозирование и мониторинг заводнений имеют критическое значение для уменьшения их воздействия и обеспечения безопасности населения. Современные

инструменты и технологии играют важную роль в улучшении способности предсказания и реагирования на потенциальные угрозы от наводнений.

\*\*\*

1. Иванов А.Б., Петров В.Г. Гидродинамические исследования в условиях нестационарного наводнения. // Гидротехника и гидроэкология. 20XX. Т. 5. № X. С. XX-XX.
2. Сидоров В.Д. Моделирование гидродинамики при наводнениях. // Инженерные системы и экология. 20XX. Т. 10. № X. С. XX-XX.

**Коннов И.А.**

**Технологии и стандарты для обеспечения безопасности строений в чрезвычайных ситуациях**

*Самарский государственный технический университет*

*(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-274

**Аннотация**

Пожарная безопасность является одним из ключевых аспектов в области строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Особое внимание уделяется материалам, используемым для утепления, так как они могут стать источником возникновения и распространения огня. В данной статье рассматриваются различные аспекты пожарной безопасности материалов для утепления, а также применяемые технологии и стандарты для обеспечения безопасности строений в чрезвычайных ситуациях.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, материалы для утепления, здания и сооружения, пожарные риски, противопожарные стандарты.

**Abstract**

Fire safety is one of the key aspects in the field of construction and operation of buildings and structures. Particular attention is paid to the materials used for insulation, as they can become a source of the emergence and spread of fire. This article discusses various aspects of fire safety of insulation materials, as well as the technologies and standards used to ensure the safety of buildings in emergency situations.

**Keywords:** fire safety, insulation materials, buildings and structures, fire risks, fire safety standards.

Пожарная безопасность – это неотъемлемая часть процесса проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Каждый год пожары приводят к значительным потерям в жизнях и материальных ценностях, поэтому стремление обеспечить максимальную пожарную безопасность становится важным глобальным приоритетом. Одним из ключевых аспектов, который требует особого внимания, является выбор материалов для утепления зданий и сооружений.

Материалы, применяемые для утепления, разделяются на различные категории в зависимости от своей огнестойкости и пожарной опасности. К примеру, некоторые материалы могут быстро гореть и способствовать распространению огня, тогда как другие обладают высокой огнестойкостью и уменьшают риск возгорания. Оценка пожарных рисков является необходимым этапом при выборе материалов для конкретного проекта.

Для обеспечения высокой пожарной безопасности, необходимо правильно выбирать материалы для утепления в зависимости от типа здания, его функционального назначения, географического расположения и других факторов. Важно учитывать применимость различных материалов к конкретным условиям эксплуатации.

Некоторые из безопасных материалов для утепления включают в себя минеральные утеплители, такие как каменная вата и стекловата, которые характеризуются высокой

огнестойкостью и химической стабильностью. Также в последние годы стали активно разрабатываться биоразлагаемые утеплители, которые показывают хорошие показатели по пожарной безопасности и экологической устойчивости.

Правительственные организации и стандартизационные агентства разрабатывают противопожарные стандарты, которые регулируют использование материалов для утепления и требования к пожарной безопасности зданий. Соблюдение этих стандартов является обязательным для всех строительных проектов.

Благодаря постоянным научным и техническим исследованиям, в строительстве появляются инновации, направленные на улучшение пожарной безопасности материалов для утепления. Например, технологии пассивной пожарной защиты, которые предотвращают распространение огня, становятся все более распространенными и эффективными.

Пожарная безопасность материалов для утепления зданий и сооружений – это комплексный и многогранный вопрос, требующий постоянного внимания и инноваций. Выбор правильных материалов и соблюдение противопожарных стандартов играют ключевую роль в предотвращении пожаров и защите жизни и имущества людей. Благодаря постоянным улучшениям и развитию новых технологий, строительная отрасль сможет обеспечить более высокий уровень пожарной безопасности в будущем.

Мы должны помнить, что тот или иной материал сам по себе не может быть "пожаробезопасным" или "противопожаробезопасной" - это определение может быть применено ко всему зданию. Таким образом, термин "степень воспламеняемости" применим к строительным материалам. Каждый изоляционный материал имеет свою собственную степень воспламеняемости, от NG (негорючая изоляция) до G4 (легковоспламеняющийся), и присваивается им в соответствии с результатами испытаний, определенными национальными стандартами.

Пенополистирол - это жесткий материал с ячеистой структурой, полученный путем спекания частиц. В пенополистирольной плите содержится большое количество частиц, заполненных воздухом. [1] Его содержание достигало 98%. Благодаря пузырькам воздуха материал обладает низкой теплопроводностью, что так ценится при строительстве. Он состоит из основных материалов - полистирола, пенообразователей, красителей, пластификаторов и других добавок. Самостоятельное производство пенополистирола *gorenje* осложняется тем, что в процессе его производства в состав утеплителя входит специальное вещество ан-типирен (обычно это углекислый газ) для подавления возгорания. В результате испытания пенополистиролу присваивается группа воспламеняемости: G2 или G1. Сертифицированный материал является самозатухающим, но температура его воспламенения довольно низкая, 220-450С. Кроме того, при использовании полистирола *gorenje* в воздух выделяется большое количество токсичных веществ. Наиболее опасным полимерным утеплителем является пенополистирол, который активно плавится и образует полосы горения, а выделяемый им дым очень токсичен.

Стекловата - это теплоизоляционный материал, получаемый на основе остатков и отходов стекольного производства. Тончайшие волокна образуют пластины и прокладки, которые служат хорошим теплоизолятором. Сырьем, используемым при производстве стекловаты, являются вещества, используемые при изготовлении обычного стекла: песок, содовая вода, бура, доломит, известняк. Этот вид утеплителя является экологически чистым. Стекловата выдерживает температуру до 270°C без структурных изменений. При воспламенении он выделяет наименьшее количество дыма.

Каменная вата - это обычный теплоизоляционный материал, получаемый из горных пород, именно поэтому каменную вату часто называют базальтовой. Температура плавления базальтовой ваты находится в пределах 1000°C. При этой температуре камень плавится, обычно не достигая такой температуры при пожаре. Кроме того, при высоких температурах каменная вата не выделяет вредных компонентов, что также очень важно, поскольку в случае пожара ущерб наносит не столько высокая температура, сколько токсичные вещества из материала. Согласно всему вышесказанному, базальтовой вате была присвоена горючая группа NG.

Таблица 1

## Сравнительные характеристики изоляционных материалов.

Утеплитель	Горючесть	Дымообразование	Токсичность	Воспламеняемость
Пенополи-стирол	+	+	+	+
Стекловата	-	-	-	-
Каменная вата	-	-	-	-
Экологические утеплители	+	+	-	+

Таким образом, этот вид утеплителя также можно рассматривать как вариант огнеупорных теплоизоляционных устройств для зданий и сооружений.

Поэтому эти материалы обладают разными характеристиками пожарной безопасности. Пенополистирол является горючим материалом, и его применение в строительстве ограничено пятым типом пожарной опасности. Однако добавки антипиренов повышают эффективность их применения. Кроме того, скорость и комфорт укладки пеноматериалов намного выше, чем у хлопчатобумажных материалов. Кроме того, при использовании экологически чистых изоляционных материалов в качестве теплоизоляции зданий и сооружений необходимо обработать их огнетушащими веществами.

Важным аспектом обеспечения пожарной безопасности является обучение и информирование персонала, ответственного за эксплуатацию зданий и сооружений. Регулярные тренировки, инструктажи и семинары по пожарной безопасности помогают повысить осведомленность о том, как предотвратить возникновение пожара и как правильно действовать в случае чрезвычайной ситуации.

Современные здания и сооружения оборудованы системами пожаротушения, такими как пожарные датчики, автоматические пожарные системы, системы пожарной сигнализации и др. Регулярный мониторинг и обслуживание этих систем обязательны для обеспечения их надежной работы в случае возникновения пожара. Ответственные за техническое обслуживание специалисты должны следить за исправностью оборудования и своевременно устранять возможные неисправности.

\*\*\*

1. Комаров А. А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка их воздействия на здания и сооружения. МГСУ, 2001 г.
2. Баранов Е.Ф., Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств для объектов водного транспорта /Речной транспорт (XXI век).№ 3.2010 С.66-71.

**Лепешинский И.А., Зотикова П.В.**

**Способ расчета поля топливо–воздушной смеси в форсажной камере с использованием дополнительного параметра**

*Московский авиационный институт  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-275

**Аннотация**

В данной работе рассматривается способ расчета параметров диспергирования среднего формирования двухфазного газочапельного потока с дополнительным параметром, основанный на использовании коэффициента скорости жидкой фазы. В рамках исследования проведен анализ данного способа расчета параметров потока, вытекающего из форсунки. Были получены результаты экспериментов, представлены зависимости и характеристики двухфазного газочапельного потока.

**Ключевые слова:** двухфазный поток, струйные форсунки, газ, капли, формирование полей параметров, лазерная диагностика.



**Abstract**

This paper discusses a method for calculating the dispersion parameters of the average formation of a two-phase gas-droplet flow with an additional parameter, based on the use of the liquid phase velocity coefficient. As part of the study, an analysis of this method for calculating the parameters of the flow flowing from the nozzle was carried out. The experimental results were obtained, the dependencies and characteristics of a two-phase gas-droplet flow were presented.

**Keywords:** two-phase flow, jet nozzles, gas, drops, formation of parameter fields, laser diagnostics.

Камеры сгорания играют важную роль в работе авиационных двигателей, и их эффективность зависит от множества факторов, включая оптимальное распределение и дисперсию рабочего тела внутри них. В данной статье исследуется актуальный подход к улучшению форсажных камер сгорания – способ расчета диспергирования рабочего тела с дополнительным параметром.

Это способ представляет собой важный элемент инженерных разработок, направленных на улучшение процесса распыла в форсажных камерах сгорания. С помощью использования вычислительных моделей и аналитических методов, мы можем более точно прогнозировать и контролировать процессы, происходящие внутри форсажных камер сгорания. В данной работе мы рассматриваем, как данный способ расчета параметров диспергирования топлива влияет на общую эффективность технических систем.

Этот подход имеет важное значение для совершенствования авиационных систем и обеспечения более эффективной работы форсажных камер сгорания

Используя методы измерения на основе лазера, подробно описанные в работе [3], используя поля скоростей на выходе, был определен экспериментально коэффициент скорости для жидкости. Исследования показали, что его значение больше единицы и отличается от значения, определяемого формулой Альтшуля А.Д. по числу Рейнольдса [4]. Это отличие коэффициента скорости, более детально рассматриваются в работе [5]. Зная коэффициент скорости жидкого компонента смеси, можно построить алгоритм расчета всех параметров для отверстия, из которого истекает двухфазный поток, а также рассчитать его диаметр, если он неизвестен.

При рассмотрении данного способа расчета, когда дополнительно задается диаметр отверстия форсунки, запишем уравнения расхода для каждого компонента в двухфазном потоке так:

$$G_{жс} = (1 - \alpha_2) \rho_{жс} w_{жс} F \quad (1)$$

где  $\alpha_2$  – объемная концентрация газовой фазы;

$\rho_{жс}$  – плотность жидкости;

$w_{жс}$  – скорость жидкости;

$F$  – площадь отверстия форсунки.

$$G_2 = \alpha_2 \rho_2 w_2 F \quad (2)$$

$\alpha_2$  – объемная концентрация газовой фазы;

$\rho_2$  – плотность газа;

$w_2$  – скорость газа;

$F$  – площадь отверстия форсунки.

Тогда, используя значение скорости  $w_{жэ}$  из выражения (2) можно определить значения  $\alpha_2$  на выходе:

$$\alpha_2 = 1 - \frac{G_{жс}}{\rho_{жс} w_{жэ} F} \quad (3)$$

где  $G_{жс}$  – расход газа;

$\rho_{жс}$  – плотность жидкости;

$w_{жэ}$  – реальная скорость истечения жидкости;

$F$  – площадь отверстия форсунки.

Далее, зная  $\varphi_{жс}$  и расход, определим из выражения (1) площадь  $F_{жс}$ , которую занимает жидкость на выходе из форсунки. Далее используем равенства (6) и из (13) определяем скорость газа на выходе:

$$w_{гэ} = \frac{G_2}{\alpha_2 \rho_2 F} \quad (4)$$

где  $G_2$  – расход газа;

$\alpha_2$  – объемная концентрация газовой фазы;

$\rho_2$  – плотность газа;

$F$  – площадь отверстия форсунки.

Зная  $\varphi_2$  можем определить коэффициент скорости газа:

$$\varphi_2 = \frac{w_2}{w_{гэ}} \quad (5)$$

Оценим приведенную методику, используя результаты эксперимента работы [1] и расчетной работы [2]. В работе [1] экспериментально исследовалось

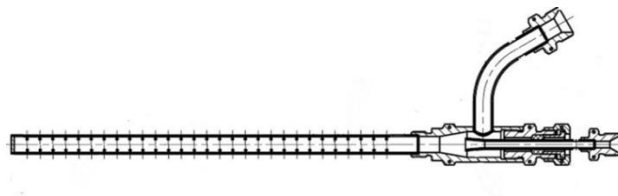


Рисунок 1. Смесительное устройство.

Смесительное устройство в форме цилиндрического канала показанного на рисунке 1. В смеситель подавался воздух и жидкость (вода). В цилиндрическом канале имелись отверстия диаметром 1.5 мм, через которые вытекал двухфазный газожидкостный поток. На ряде режимов с помощью лазерного устройства PIV [3], в вертикальной плоскости определялись поля скорости капель на выходе на различных расстояниях от выходных отверстий форсунок

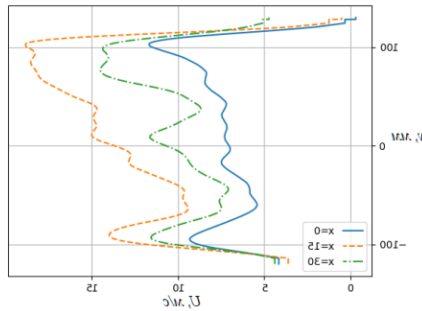


Рисунок 2. Поля скоростей капель в вертикальной плоскости.

На рисунок 2 представлены поля скоростей капель в вертикальной плоскости, снятые на различных расстояниях от среза форсунок. Из рисунка следует, что капли на выходе из смесителя в дальнейшем ускоряются. Это связано с тем, что скорость газа вначале намного больше скорости капель. В работе [2] представлена программа и результаты расчета по ней параметров истекающего из смесителя двухфазного потока. Для тестирования разработанной модели использовалась часть результатов измерения скорости показанных на рисунке 2 в центральной части поля при  $X=0$ , без точек содержащих максимумы. В расчете было задействовано 10 отверстий, через которые истекал двухфазный поток. На выходе из отверстий измерялись скорости фаз, воздуха и капель. Для измерения использовались лазерные и зондовые методы, подробно описанные в работе авторов [3].

Максимумы скорости не характеризуют процесс диспергирования потока, а связаны с устройством формирования потока в смесителе. Более подробно об этом в данном источнике [1]. Надо отметить, что для расчета параметров использовалось значение измеренной скорости на выходе из форсунки из т.е. величина скорости  $W_g$ . На рисунке 3 представлены результаты сравнения расчета по разработанной программе: красная сплошная линия, на которую нанесены экспериментальные точки синего цвета.

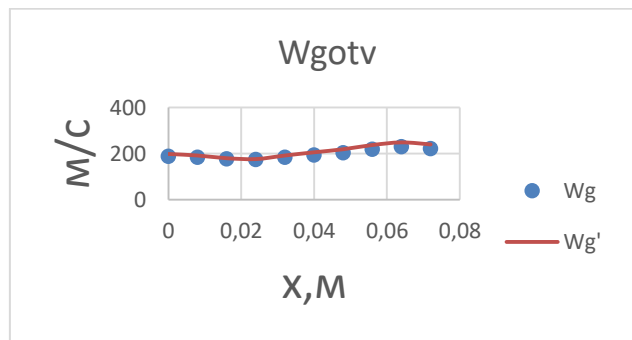


Рисунок 3. Результаты эксперимента с учетом скорости.

Как следует из представленных графиков в источнике [7], полученные расчетные значения совпадают с результатами эксперимента, который был рассчитан со скоростью

$W_{жсэ}$ , которая предполагает знание коэффициента скорости жидкой фазы  $\varphi_2$ . Для этого необходимо решать обратную задачу диспергирования двухфазного газокпельного потока. Как следствие, должна быть получена формула, которая по задающим параметрам диспергирования определяет коэффициент скорости жидкой фазы. Дальнейший расчет проводится по приведенному выше алгоритму. Следует отметить, обратная задача диспергирования двухфазного потока только пузырьковой структуры решалась в работе [6]. На рисунке 3 приведена зависимость и результаты экспериментального исследования размера капель от величины объемной концентрации газа  $\alpha_r$  и диаметра форсунки  $d$ .

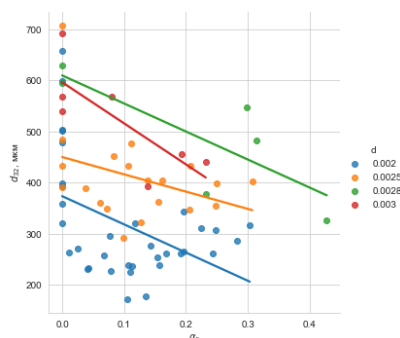


Рисунок 4. Результаты экспериментального исследования в зависимости от размера капель.

График показывает, что пузырьковую структуру двухфазного потока надо использовать только в случаях, когда в результате диспергирования нужны достаточно крупные капли. В тоже самое время в работе [1] экспериментально оценивалась дисперсность капель на основе определения диаметра капель  $d_{32}$  (диаметр Заутера). Он составил величину порядка 25 мкм. На рисунке 6 приведена характеристика распределения размеров капель диспергирования двухфазного потока газок капельной структуры.

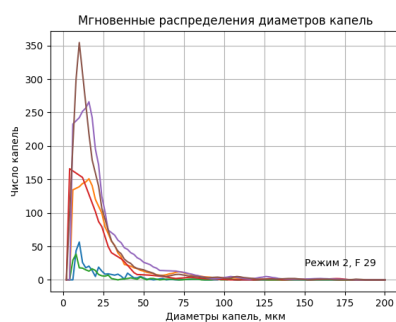


Рисунок 5. Распределения размеров капель диспергирования двухфазного потока газок капельной структуры.

Описан способ расчета с дополнительным параметром диспергирования среднего формирования двухфазного газок капельного потока на основе использования коэффициента скорости жидкой фазы. В основу этого способа расчета входят вычислительные модели и аналитические подходы для более точного прогнозирования и управления процессами внутри форсажных камер сгорания. Расчет параметров диспергирования основан на диспергировании газок капельного потока с использованием коэффициента скорости жидкой фазы и математической модели двухфазного газок капельного потока с учетом неравновесного взаимодействия фаз и монодисперсности капель. Способ расчета дает возможность всесторонне и более полно изучить процессы распределения газового потока, для дальнейших поисков способов повышения эффективности рабочего процесса форсажных камер сгорания.

\*\*\*

1. Лепешинский И.А. Газодинамика одно- и двухфазных течений в реактивных двигателях. М.: Изд-во МАИ. 2003. с. 276.
2. Лепешинский И.А., Антоновский И.В., Гузенко А.А., Истомин Е.А., Решетников В.А., Оптимизация двухфазных течений с помощью решения обратной задачи. МЖГ 2016, №1. с. 72-77.
3. Лепешинский И.А., Решетников В.А., Заранкевич И.А., Численное моделирование и экспериментальное исследование жидкостно-газового двухфазного эжектора со сверхзвуковым профилированным соплом. Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16. №2. С. 164 – 171.

4. Лепешинский И.А., Яковлев А.А., Молессон Г.В., Воронецкий А.В., Онес В.И., Ципенко А.В., Численное и экспериментальное исследование газокапельного течения в сопле с большими концентрациями дисперсной фазы. Математическое моделирование, 14:7 (2002), 121–127.
5. Лепешинский И.А., Ся Сюй. Разработка методики расчета смесителя с двухфазным рабочим телом. Насосы, Турбины. Системы №1 (34) 2020. с.52-59.
6. Лепешинский И.А., Ципенко А.В., Решетников В.А., Кучеров Н.А., Пахомов А.К., Ся Сюй. Совместное измерение газодинамических параметров двухфазных высококонцентрированных потоков лазерно-оптическими и зондовыми методами. М.: Вестник МАИ. 2019. т.26, №3. с.152-158
7. И.А. Лепешинский, В.А. Решетников, Н.А. Кучеров, П.В. Зотикова. Многофорсуночный смеситель с двухфазным рабочим телом. Насосы, Турбины. Системы №1 (38) 2021, с.5-11.

**Непомилова А.Ю., Гребнева О.А.**

**Исследование способов повышения эффективности использования временных зданий и сооружений в условиях Крайнего севера**

*Иркутский национальный исследовательский технический университет  
(Россия, Иркутск)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-276

**Аннотация**

В условиях Крайнего севера, где климатические условия крайне суровые, энергоэффективность играет важную роль в использовании временных зданий и сооружений (ВЗиС). Оптимизация энергетических затрат является важным аспектом проектирования и эксплуатации последних в условиях Крайнего севера. Эффективное использование энергии может не только значительно снизить операционные расходы, но и улучшить условия жизни и работы для людей, находящихся в этих зданиях. В данной статье показана энергоэффективность использования ВЗиС в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), который является важным регионом для нефтегазовой промышленности.

**Ключевые слова:** временные здания и сооружения, энергоэффективность, альтернативные источники энергии, вахтовый жилой городок, Крайний север.

**Abstract**

In the Far North, where climatic conditions are extremely harsh, energy efficiency plays an important role in the use of temporary buildings and structures. Optimization of energy costs is an important aspect of the design and operation of the latter in the Far North. Efficient use of energy can not only significantly reduce operating costs, but also improve living and working conditions for the occupants of these buildings. This paper shows the energy efficiency of the use of temporary buildings and structures in the Yamal-Nenets Autonomous Okrug, which is an important region for the oil and gas industry.

**Keywords:** temporary buildings and structures, energy efficiency, alternative energy sources, shift camp, Far North.

Временные здания и сооружения, такие как вагончики, широко используются в качестве временных жилых помещений для рабочих на строительных объектах. Существующие в настоящее время ВЗиС потребляют много энергии для поддержания комфортных условий внутри них, особенно в условиях Крайнего севера. Для решения этой проблемы требуется применение энергоэффективных материалов и технологий при проектировании и изготовлении ВЗиС.

Одна из возможностей энергоэффективного использования ВЗиС – это установка теплоизоляционных материалов на стены и потолок. Такие материалы могут значительно снизить потребление энергии на отопление помещений и поддержание комфортных условий за счет предотвращения его утечки наружу [1-4]. Вагоны, предназначенные для работы в холодных климатических условиях, обычно имеют хорошую теплоизоляцию для минимизации потерь тепла и защиты от мороза. Теплопроводность материалов, используемых для изоляции

вагонов, является одним из ключевых факторов, определяющих эффективность их теплоизоляции.

Традиционные материалы, используемые для теплоизоляции, включают минеральную вату, пенополистирол, пенополиуретан и многослойные материалы с металлической фольгой. Эти материалы имеют относительно низкую теплопроводность и хорошие изоляционные свойства. Однако при выборе материала для теплоизоляции важно учитывать не только его теплопроводность, но и другие характеристики, такие как стоимость, экологическая безопасность, устойчивость к влаге и долговечность.

В новых модульных вагонах могут быть использованы более современные теплоизоляционные материалы, разработанные с учетом последних достижений в области строительных технологий и энергоэффективности. Это могут быть инновационные материалы, такие как экструдированный пенополистирол с графеновым наполнителем или специальные многослойные композиты с использованием наноматериалов.

Точные сведения о теплопроводности и других характеристиках теплоизоляционных материалов, используемых в старых и новых модульных вагонах, могут быть доступны у производителей этих вагонов [5] или в соответствующих технических спецификациях [6]. Сравнение материалов утепления в старых и современных вагонах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение материалов утепления.

<i>Характеристика</i>	<i>Старый вагон</i>	<i>Современный вагон</i>
<i>Материал утепления</i>	<i>Стекловата</i>	<i>Базальтовая вата</i>
<i>Плотность</i>	<i>30-225 кг/м<sup>3</sup></i>	<i>30-80 кг/м<sup>3</sup></i>
<i>Коэффициент теплопроводности</i>	<i>0,036-0,050 Вт/м °С</i>	<i>0,032 -0,048 Вт/м °С</i>
<i>Горючесть</i>	<i>Плавление при 400-700 °С</i>	<i>Не горючий материал</i>
<i>Гигроскопичность</i>	<i>Поглощение влаги до 15%</i>	<i>Поглощение влаги до 2%</i>
<i>Срок службы</i>	<i>8-10 лет</i>	<i>40-50 лет</i>

Из сравнения качественных характеристик приведенных в таблице материалов можно сказать, что в условиях Крайнего севера предпочтительней использовать базальтовую вату, которая имеет большой срок службы и тем самым увеличивает срок службы ВЗиС.

Еще одним способом повышения энергоэффективности при эксплуатации ВЗиС является использование солнечных панелей для генерации электроэнергии. Это может быть особенно полезно в ЯНАО, где длительные периоды света и темноты могут оказаться проблемой для поддержания электроснабжения в ВЗиС. Установка солнечных панелей может значительно снизить зависимость от генераторов и других источников электроэнергии. Для этого можно установить на крышу здания солнечные панели, которые будут преобразовывать солнечную энергию в электрическую. Это позволит существенно снизить расходы на электричество.

Дополнительного снижения энергозатрат временных зданий и сооружений на севере можно достичь за счет использования энергоэффективного оборудования. Например, можно установить LED-освещение, которое потребляет гораздо меньше электроэнергии, чем обычное освещение. Также можно установить энергоэффективные системы отопления и кондиционирования воздуха. Для обеспечения ВЗиС требуемым количеством тепла возможно использование тепловых насосов. Тепловые насосы могут использовать тепло из воздуха, воды или земли для обогрева помещений. Это может быть особенно полезно в ЯНАО, где температура наружного воздуха может достигать -50°C.

Еще одним способом оптимизации энергетических затрат временных зданий и сооружений на севере является использование экологически чистых источников топлива. Например, вместо использования топлива на основе нефти или газа, можно перейти на использование биотоплива, которое является более экологически чистым и эффективным источником энергии.

Снижение энергетических затрат временных зданий и сооружений на севере можно также достичь созданием автоматических систем управления. Такие системы могут контролировать и регулировать работу различных систем здания, например, системы отопления и кондиционирования воздуха, в зависимости от текущих условий внутри и вне здания. Это позволяет снизить расходы на энергию и повысить эффективность работы здания.

В статье были рассмотрены возможности оптимизации энергетических затрат ВЗиС в Ямало-Ненецком автономном округе. Установка теплоизоляционных материалов, энергоэффективных окон и дверей, использование солнечных панелей и тепловых насосов — все это может значительно снизить потребление энергии в ВЗиС. Приведенные в данной статье рекомендации могут быть особенно полезны для нефтегазовой промышленности, где ВЗиС широко используются для временного проживания рабочих на строительных объектах.

Результаты анализа могут быть полезны для инженеров, проектировщиков и специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией временных зданий и сооружений в условиях Крайнего севера.

\*\*\*

1. Кирнос, В.М. Организация // Временные здания и сооружения. Днепропетровск., 2005. С. 52.
2. Захаров, А. В. Энергоэффективные конструкции в строительстве // Мероприятия по повышению энергоэффективности ограждающих конструкций здания. М., 2017. С. 37-97.
3. Немова, Д. В. Энергомоделирования зданий и сооружений. Ограждающие конструкции // Ограждающие конструкции зданий. Проектирование и теплотехнический расчет. М., 2022. С. 47-95.
4. Гусева, А.Л., Олехнович, Я.А. Энергоэффективность временных сооружений при развертывании военных баз // Безопасность и живучесть объектов наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения. Санкт-Петербург, 2021. С. 35-40.
5. Общая информация о теплоизоляционных материалах и их классификация. URL: <https://nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/teploizolyatsiya/obshchaya-informatsiya-o-teploizolyatsionnykh-materialakh-i-ikh-klassifikatsiya/> (дата обращения 14.09.2023г.).
6. Теплоизоляционные материалы. Справочник. URL: <https://extxe.com/6220/teploizoljacionnyye-materialy-spravochnik/> (дата обращения 14.09.2023г.).

**Пряхин В.Н.<sup>1</sup>, Любимова А.В.<sup>1</sup>, Карапетян М.А.<sup>2</sup>, Горюнова Е.А.<sup>1</sup>**  
**Управление информационной безопасности и моделирование систем и технологий**  
**производства**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Университет «Дубна»  
 (Россия, Дубна)

<sup>2</sup>РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева  
 (Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-277

#### Аннотация

В работе исследованы вопросы управления информационной безопасностью и методологические подходы к моделированию систем и технологий промышленного и сельскохозяйственного производства. Обосновано применение инфраструктурного деструктивизма критической информационной инфраструктуры в различных системах и структурах. Определены основные факторы актуальности поставленных научно-исследовательских задач. Выявлены основные способы обеспечения безопасности человека при взаимодействии с окружающей средой. Намечена стратегия РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития регионов. Разработан комплекс методов, алгоритмов и программного обеспечения по определению технологической структуры оборудования и производственного плана работ.

**Ключевые слова:** критерии оценки здоровья населения, система природа-человек, информационная безопасность; критическая инфраструктура; программного обеспечение; информационный генез.



**Abstract**

The work examines issues of information security management and methodological approaches to modeling systems and technologies of industrial and agricultural production. The use of infrastructural destructivism of critical information infrastructure in various systems and structures is justified. The main factors of relevance of the stated research tasks are identified. The main ways to ensure human safety when interacting with the environment have been identified. The Russian Federation's strategy for environmental protection and ensuring sustainable development of regions has been outlined. A set of methods, algorithms and software has been developed to determine the technological structure of equipment and the production work plan.

**Keywords:** criteria for assessing public health, the nature-human system, information security; critical infrastructure; software; information genesis.

Исследованию вопросов управления информационной безопасностью (СБ) посвящены работы П.Д. Зегжды, Г.Е. Веселова, А.К. Шилова, А.И. Толстой Н.Г. Милославской, М.Ю. Сенаторова, А.А. Замулы, Y.Y Haimes, P.Yiang, D. Shin, H. Zhung . и др. В том числе, в работах П.И. Антонова, Р.Л. Михайлова, А.В. Боговика, В.В. Игнатова - с учетом деструктивных воздействий на системы управления.

Методические подходы к моделированию систем и технологий при решении вопросов ИБ обозначены в работах Н.П. Садовниковой, Е.Н. Тищенко, В.В. Баранова, Ю.Ю. Громова, А. Попович, М. Стембергера и F.S. Roberts, J, L. Castro, N.A. Jones, S.M. Sepasgozar и др.[1, 2].

С учетом вышеизложенного является необходимым методологическое обоснование феномена инфраструктурного деструктивизма критической информационной инфраструктуры (КИИ), с учетом деструктивных воздействий (ДВ) инфраструктурного генеза (ИГ).

В этой связи были решены следующие задачи (рис. 1).



Рисунок 1. Теоретико-методологическое обоснование феномена инфраструктурного деструктивизма КИИ в контексте ИБ.

Определение здоровья сформулировано Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Здоровье – это состояние сохранения и развития биологических, физических и психических функций человека, оптимальной трудоспособности и социальной активности при наибольшей продолжительности активной жизни.

Критерии по которым оценивается здоровье:

- отсутствие болезней;
- нормальная работа организма;
- равновесие организма в системе «природа – человек» (температура тела, формула крови);
- полное физическое, духовное, умственное и социальное благополучие;

- способность приспосабливаться к изменениям ОС;
- способность полноценно учиться, трудиться, общаться с людьми;
- стремление к творчеству.

В общем понятии здоровья имеются две равноценные составляющие: духовное и физическое здоровье. **Социальная** составляющая отражает социальные связи, межличностные контакты и является неотъемлемой частью духовного здоровья человека.

**Духовное** здоровье человека – это здоровье его разума. Она зависит от системы его мышления, отношения к окружающему миру и ориентации в этом мире.

Кроме того, она зависит от умения определить свое положение в ОС, свои отношения к людям, вещам, друзьям, знаниям и прочему и достигается умением жить в согласии с собой, с разными друзьями и другими людьми, способностью прогнозировать различные ситуации и разрабатывать модели своего поведения, с учетом необходимости, возможности и желания.

Важным фактором корректного функционирования АСУ ТП является их информационная безопасность (ИБ).

При этом основными факторами, которые определяют актуальность задач по защите АСУ ТП, являются представленные на рис.2.



Рисунок 2. Основные факторы, определяющие актуальность поставленных задач.

Исследования в этой области оценки и обработки рисков ИБ отражены в работах С.А. Агеева, И.М. Ажмухамедова, И.В. Аникина, Е.К. Барановской, Т.И. Буядаковой, А.П. Гудкова, А.А. Кононова, а так же ряда зарубежных авторов [6].

Однако анализ работ специалистов в области оценки рисков ИБ показал, что при высокой значимости проведенных исследований задача оценки информационных рисков АСУ ТП изучена не в полной мере.

В этой связи представляет интерес работа по разработке средств моделирования угроз и оценки рисков автоматизированных систем газодобывающих предприятий [7] и по математическим методам в технике и технологиях [8].

В условиях перехода России к устойчивому развитию особое место занимает круг методических проблем получения объективных оценок текущего и прогнозируемого состояния ремонта с.-х. техники.

В ходе исследований установлено, что современное состояние активной части основных фондов с.-х. предприятий характеризуется преобладающим количеством изношенного морально и физически устаревшего оборудования а в целом технический уровень с.-х. производства и состояние организационной структуры не позволяет в подавляющем числе случаев выпустить конкурентоспособную продукцию.

Поэтому имеется необходимость в разработке аппарата управления реструктуризацией техническим перевооружением объектов АПК, что достигается разработкой комплекса

методов, алгоритмов и программного обеспечения по определению технологической структуры оборудования и производственного плана.

Воздействие различных отраслей добывающей промышленности на компоненты экологической системы весьма многообразно и провоцирует широкий спектр негативных воздействий.

При этом наиболее наглядно процессы деградации ландшафтов отмечается как при разработке нефтяных месторождений, так и в процессе транспортировки и переработки.

В связи с этим, увеличение добычи производственных углеводородов и расширение сетей трубопроводного транспорта несет собой угрозу загрязнения различных компонентов природной среды в различных многочисленных авариях и утечек.

Поэтому существует необходимость создания новых методологий, позволяющих осуществить комплексные решения экологических и инженерно-мелиоративных задач, касающихся охраны и улучшения экологического состояния территорий.

Важнейшими условиями успешного развития сельского хозяйства является ускорение научно-технического прогресса (НТП), высокоэффективное использование производственного потенциала и усиление материально-технической базы сельского хозяйства.

НТП в с.-х. производстве определяется техническом уровнем применяемых в АПК машин и оборудования, эффективностью их эксплуатации в условиях с.-х. предприятий.

При этом интенсификация сельского хозяйства и последовательное осуществление комплексной автоматизации и механизации непрерывно связаны с разработкой и освоением новых технологий и совершенствования с.-х. техники. Поэтому разработка экологически чистых систем с использованием новейшего оборудования и технологий крайне необходима.

В практике с.-х. производства все более необходимым становится применение информационного моделирования принятия решений в инновационных технологиях и системах. Эти инновации являются неотъемлемой частью автоматизированных, механизированных и компьютерных систем с.-х. производства и требуют постоянного совершенствования в новых условиях эксплуатации техники, т.к. являются потенциальными источниками риска и различных ЧС технического характера.

Научными исследованиями установлено, что деятельность человека с позиции анализа опасностей целесообразно рассматривать как систему, состоящую из двух взаимосвязанных подсистем: человек и среда обитания.

Создание нового поколения машин и оборудования, адаптированных к климатическим, биологическим, ландшафтным, экологическим ограничениям, является актуальным научным направлением в области механизации и автоматизации сельского хозяйства.

При этом методы оптимизации или адаптации параметров в режиме работы АСУ эколого-технологическими процессами применимы как при создании этих систем, так и для выбора их основных элементов и узлов, эффективно функционирующих в различных условиях работы на объектах АПК [3].

Следует отметить, что принципиальной отличительной особенностью указанных методов является **многоуровневый системный подход**, при котором рассматриваются задачи оптимизации как по экономическим, так и по эколого-технологическим критериям (рис.3).



Рисунок 3. Основные способы обеспечения безопасности человека при взаимодействии с окружающей средой.

В процессе эксплуатации систем вследствие старения и износа, параметры случайным образом дрейфуют, т.е. отклоняются от своих расчетных значений. При этом установлено, что это изменение приводит к ухудшению качества работы системы и, в конечном счете, к ее неработоспособному состоянию.

В этом случае как с точки зрения оценки качества, так и с точки зрения контроля эту систему можно рассматривать как систему со случайными параметрами в виде случайных величин. Тогда случайный разброс параметров приводит к ухудшению качества работы системы.

Количественная оценка степени этого ухудшения определения зависимости вероятностных характеристик показателя качества от вероятностных характеристик параметров составляет **содержание задачи анализа**.

Поэтому в условиях неопределенности действующих факторов, характеризующих большинство АСУ, работающих на объектах АПК целесообразно разработать такие обобщенные вероятностные методы расчета с учетом общих показателей работы системы, при которых возможно уточнение недостающих количественных данных уже в процессе подготовки всех элементов АСУ к выполнению поступающего заказа на обслуживание.

При этом выбор методов решения поставленной задачи зависит от характера вероятностного потока требований, поступающих в систему.

В связи с ростом в России добычи полезных ископаемых и увеличением добычи продуктивных углеводородов, а так же с расширением сети трубопроводного транспорта возникает угроза загрязнения различных компонентов природной среды в результате многочисленных аварий и утечек.

Поэтому необходимо постоянно совершенствовать систему поиска и идентификации мест утечек, основанных на периодическом контроле объектов добычи и транспортировки продуктивных углеводородов, а так же состояний прилегающих к ним территорий с использованием методов хроматографического, радиационного и акустического контроля.

При этом повышение их эффективности лежит на пути усовершенствования этих методов, соответствующей аппаратуры, а так же разработки принципов автоматизации процесса управления в рамках стратегии РФ (рис.4).

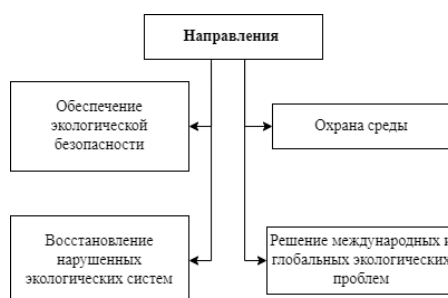


Рисунок 4. Стратегия РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития.

В этой связи, были проведены исследования по разработке и внедрению технологических средств обеспечения эффективного автоматизированного экологического мониторинга для охраны земель на основе комплексирования современных физических методов дистанционного контроля на разных информационных уровнях [4, 5].

Установлено, что область применения, технологические условия и аналоги, цель и задачи (возмущения-несоответствия), функциональные компоненты и взаимосвязи представляют собой достаточно конкретный набор функциональных характеристик, принятый во всем мире для установления приоритета и описания формулы инновации.

Из этого можно сделать предположение, что указанные выше характеристики могут быть приняты за основу информационного отражения составляющих ТП, независимо от его вида назначения. В результате подтверждения этого предположения появилась реальная

возможность разработать такие информационные структуры, которые можно считать типовыми для самых различных процессов.

Все вышеизложенное органически связано со следующими условиями перехода РФ к концепции экологического развития регионов [9]:

- наличие глубоко разработанной единой государственной экологической политики, подкрепленной долгосрочной стратегической программой;
- необходимость глобально проработанного законодательства в области природопользования и охраны ОПС.
- достаточное финансирование и материальное обеспечение;
- участие населения в процессе выработки и принятия решений по наиболее важным практическим задачам экоразвития;
- научно- методическая, информационная и нормативная обеспеченность территориальных эколого-экономических программ;
- правильная кадровая политика, при которой доступ к власти и управлению природопользования определяется профессионализмом и компетентностью;
- международное сотрудничество и поддержка.

В результате проведенных научных исследований были выполнены следующие работы по усовершенствованию ряда технологических операций промышленного и с.-х. производства [10, 11];

- разработана АСУ ТП с.-х. производства с учетом риска возникновения ЧС;
- исследованы основные параметры и средства управления источниками геодезических полей для анализа экологического состояния земель;
- разработана АСУ экологическими процессами с учетом технического воздействия на ОС;
- описан процесс информационного моделирования принятия решений в инновационных технологиях применительно к объектам АПК.

Вышеуказанные научные разработки в достаточной мере выполнены и подтверждены авторскими свидетельствами и патентами на изобретения и полезные модели.

\*\*\*

1. Максимова Е.А. Модели и методы оценки информационной безопасности субъекта критической информационной инфраструктуры при деструктивных воздействиях инфраструктурного генеза. Автореферат дисс. д. т. н., Санкт-Петербург-2022.-42с.
2. Максимова Е.А., Каменков М.Е. Подходы к моделированию деструктивных воздействий на субъектах критической информационной инфраструктуры: свидетельство на государственную регистрацию базы данных.-рег.№2020622354.-20.11.2020.
3. Пряхин В.Н., Иванов Б.В., Шиленко Ю.В., Прожерина Ю.А. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Учеб. пособие.- М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2014.-465с.
4. Пряхин В.Н., Карапетян М.А., Мочунова Н.А. Технологическая и экономическая безопасность на объектах АПК: учеб.пособие.-М.: ООО «Мегаполис», 2018.-117с.
5. Пряхин В.Н., Карапетян М.А. Обеспечение экологичной и техногенной безопасности в условиях промышленного и с.-х. производства. Монография /ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева; Гос. университет «Дубна» - М.; ООО «Мегаполис», 2021, -228с.
6. Римша А.С. Метод и алгоритмы управления рисками информационной безопасности АСУ ТП критических инфраструктур. Автореферат дисс. к.т.н., Санкт-Петербург- 2022,-22с.
7. Римша А.С., Римша К.С. Разработка средства моделирования угроз и оценки рисков автоматизированных систем газодобывающих предприятий //Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI международной конференции.- Самара: ООО «Офорт» 3-6 сентября 2021г.-Т.1.-С.-453-457.
8. Римша А.С. Методы, модель и программный комплекс для анализа информационных рисков АСУ ТП // Математические методы в технике и технологиях.- 2021.-№6.-С.129-136.
9. Пряхин В.Н., Карапетян М.А., Крюков Ю.А. Совершенствование технических средств и технологических процессов с.-х. производства; Монография – М.; Изд-во «Спутник +». – 258 с.
10. Кобозев И.В., и др. Предотвращение критических ситуаций в агроэкосистемах.- М.: Изд-во МСХА, 2005.-264с.
11. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов.- М.: Колос, 2004.-344с.

Ринас Н.А., Буркова А.Г.

**Проблемы и перспективы использования автоматизированных систем управления в сельском хозяйстве**

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина  
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-278

**Аннотация**

Данная научная статья исследует проблемы и перспективы использования автоматизированных систем управления в сельском хозяйстве. Статья оценивает преимущества и ограничения таких систем, а также анализирует вопросы, связанные с их внедрением. В результате исследования подводятся итоги и предлагаются пути для дальнейшего развития автоматизации в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, автоматизация, проблемы, перспективы, развитие.

**Abstract**

This scientific article explores the problems and prospects of using automated control systems in agriculture. The article evaluates the advantages and limitations of such systems, as well as analyzes issues related to their implementation. As a result of the research, the results are summarized and ways for further development of automation in agriculture are proposed.

**Keywords:** agriculture, automation, problems, prospects, development.

Автоматизирование производственных процессов в сельском хозяйстве - применение автоматизированных и автоматических систем и приборов, способных отчасти либо полностью избавить персонал с решения трудовых проблем по контролированию и управлению всевозможными процедурами изготовления продукции. Нужно детально исследовать возможности, вероятные трудности с целью рассмотрения путей введения подобных концепций в сферу сельского хозяйства.

Преимущества автоматизированных систем управления:

1. **Повышение эффективности:** Автоматизация позволяет более эффективно управлять процессами в сельском хозяйстве. Например, автоматические системы полива и подкормки могут точно определять и обеспечивать необходимые условия для растений, улучшая урожайность и сокращая потребление ресурсов. Автоматизированные системы также могут обеспечивать точное распределение удобрений и воды, снижая риск недостатка или избытка их использования.
2. **Снижение затрат:** Автоматизация позволяет сократить расходы на сельскохозяйственное производство. Например, автоматические системы могут уменьшить затраты на трудозатраты, так как ряд операций может быть автоматизирован, что снижает зависимость от ручного труда. Также автоматизация может помочь снизить расходы на энергию, воду и химические вещества, благодаря более точному управлению ресурсами.
3. **Улучшение качества продукции:** Автоматизированные системы могут обеспечить более точное и последовательное выполнение сельскохозяйственных операций, что ведет к повышению качества продукции. Например, системы мониторинга и управления позволяют контролировать и регулировать условия выращивания растений, что может повысить их питательность, вкусовые качества и длительность хранения. Автоматизированные системы также могут помочь в предотвращении и контроле заболеваний и вредителей, что способствует снижению уровня потерь.

4. Улучшение устойчивости и экологичности: Автоматизированные системы могут способствовать более устойчивому и экологичному сельскому хозяйству. Например, они позволяют более точно использовать ресурсы, сокращая излишнее потребление воды, энергии и химических веществ. Автоматизация также может помочь в более эффективном управлении отходами, в частности, в переработке органических отходов и утилизации вредных веществ.
5. Улучшение безопасности и снижение рисков: Автоматизация позволяет сократить риск ошибок и несчастных случаев в сельском хозяйстве. Например, автоматические системы могут предупреждать о возможных проблемах, таких как снижение качества почвы, наличие вредителей или опасных погодных условий. Благодаря мониторингу и автоматическим системам, фермеры могут принимать более оперативные меры для предотвращения ущерба и минимизации рисков.

Это лишь некоторые преимущества, которые могут быть достигнуты с помощью автоматизации в сельском хозяйстве. При этом важно подчеркнуть, что внедрение автоматизированных систем требует определенных инвестиций и обучения персонала, но в долгосрочной перспективе они могут принести значительные выгоды.

Ограничения автоматизированных систем управления:

1. Сложность и стоимость внедрения: Автоматизация требует значительных инвестиций в оборудование, программное обеспечение и обучение персонала. Внедрение систем автоматизации может быть сложным и требовать значительного времени и ресурсов.
2. Зависимость от технических решений: Автоматизированные системы управления требуют от персонала глубокого понимания и обучения в области технологий. В случае отказа или неправильного функционирования технической системы, может возникнуть необходимость в ремонте или замене оборудования, что может вызвать простои и дополнительные расходы.
3. Ограничения технологий: Некоторые задачи сельского хозяйства могут быть сложными для автоматизации или требовать разработки новых технологий. Например, определение оптимальных условий для выращивания определенных культур может быть сложной задачей, так как она включает в себя множество факторов, таких как погодные условия, состав почвы и заболевания. Такие сложности могут препятствовать полной автоматизации в некоторых случаях.
4. Ограничения взаимодействия среды и природных факторов: Автоматические системы управления могут иметь ограничения в оперативной реакции на изменения внешних условий, таких как погодные условия, наводнения или засухи. Неконтролируемые факторы в среде могут снижать эффективность автоматизированных систем.

Пути развития автоматизации в сельском хозяйстве:

Дальнейшее развитие автоматизации в сельском хозяйстве может быть достигнуто через ряд мероприятий. Необходимо активно исследовать и разрабатывать новые технологии, которые могут быть применены в сельском хозяйстве. Например, разработка и внедрение более эффективных и экологически чистых систем полива, улучшение систем мониторинга и контроля качества почвы, развитие автономных систем для ухода за животными и другие инновационные решения. Одним из ключевых моментов успешного внедрения автоматизированных систем управления является обучение персонала. Сельскохозяйственные работники должны быть ознакомлены с новыми технологиями и опытом работы с ними. Для этого необходимо организовать специальные курсы, семинары и тренинги, а также создать доступ к информационным ресурсам и консультациям в этой области. Для успешного развития автоматизации в сельском хозяйстве требуется поддержка государства. Это может включать



финансовую поддержку, предоставление налоговых льгот и грантов, создание инфраструктуры для внедрения автоматизации, разработку нормативно-правовой базы и участие в международном сотрудничестве. Важно создать платформы для обмена опытом и сотрудничества между сельскохозяйственными предприятиями, исследовательскими учреждениями и технологическими компаниями. Это позволит быстрее внедрять новые технологии, совместно решать проблемы и развивать инновационные проекты. Для успешного развития автоматизации в сельском хозяйстве необходимо привлечение новых специалистов и создание благоприятной социально-экономической среды для них. Это может быть достигнуто путем создания интересных и перспективных карьерных возможностей, развития доступного образования и науки в сельской местности, а также формирования партнерских отношений между сельскими общинами, вузами и компаниями.

Развитие автоматизации в сельском хозяйстве представляет собой непрерывный процесс, требующий совместных усилий сельскохозяйственных предприятий, исследовательских учреждений, технологических компаний и государства. Преодоление существующих проблем и внедрение новых технологий позволит повысить эффективность сельского хозяйства, улучшить качество продукции, снизить экологическое воздействие и поддержать устойчивый развитие этой отрасли.

\*\*\*

1. Вечканова, В.С. Сущность организационно – экономического механизма развития сельскохозяйственного производства / В.С. Вечканова // В сборнике: Интеграция науки, общества, производства и промышленности. Сборник статей Международной научно–практической конференции. – 2018.
2. Фомина, Е.А. Источники формирования ресурсов и особенности производства сельскохозяйственного предприятия / Е.А. Фомина // Аллея науки. – 2018. – Т. 2. – № 5 (21)
3. Ринас, Н.А. Организация работы уборочно-транспортного звена / Н.А. Ринас // В Сборнике: Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии. Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022г.. Краснодар, 2023. С. 412-415

**Рожкова Е.А.**

**«Луна-25» покорена гравитацией: последствия крушения миссии РОСКОСМОСА**

*Сибирский государственный университет  
науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-279

**Аннотация**

В данной статье рассматриваются последствия крушения миссии Роскосмоса под названием "Луна-25" из-за воздействия гравитации. Статья анализирует проведенную миссию, которая имела цель осуществить мягкую посадку автоматического аппарата на поверхности Луны.

**Ключевые слова:** луна, орбита, станция, исследования, горизонт.

**Abstract**

This article discusses the consequences of the crash of the Roscosmos mission called "Luna-25" due to the effects of gravity. The article analyzes the mission carried out, which had the goal of making a soft landing of an automatic device on the surface of the moon.

**Keywords:** moon, orbit, station, research, horizon.

В XXI веке наиболее интересными для исследований стали полярные области Луны. Первые посадочные аппараты 1950–1970 годов, автоматические и пилотируемые, созданные в рамках советской и американской космических программ, садились и исследовали Луну вблизи экватора и в умеренных широтах. Однако, как показали дистанционные исследования Луны, проведенные на рубеже XX–XXI веков, условия около лунных полюсов значительно

отличаются от условий в исследованных ранее районах. Главное отличие — полярный реголит (верхний слой грунта) имеет высокое содержание летучих соединений, основным из которых является вода. [1]

Автоматическая межпланетная станция «Луна-25», ранее известная как «Луна-Глоб», является частью российской лунной программы. Она представляет собой первое лунное задание, выполняемое Россией, и разрабатывается НПО имени С. А. Лавочкина. Главная цель станции заключается в исследовании Луны и окололунного пространства, а также практическом использовании полученных данных. Благодаря использованию автоматических межпланетных станций, данное задание должно было быть выполнено без участия людей. Кроме того, в апреле 2013 года станция была переименована из «Луна-Глоб» в «Луна-25».

Миссия "Луна-25" российского космического агентства Роскосмос, первая космическая миссия, направленная на исследование Луны, обрела громкое имя в научном сообществе и привлекла внимание мировой общественности. Ожидания от этой миссии были высокими, так как она открывала новые перспективы для изучения спутника Земли. Однако, недавние события расстроили планы Роскосмоса и привели к крушению этой исторической миссии.

Научно-технологические эксперименты. Система технического зрения СТС-Л: съемки при посадке КА на поверхность Луны, данные которых, в том числе, будут использованы для создания СВБП; координатное и картографическое обеспечение работы ЛМК; визуальный контроль работы ЛМК; панорамная съемка лунного горизонта, данные которой, в том числе, будут использоваться для определения координат точки посадки на основе сопоставления измеренной линии горизонта с предсказаниями численной модели рельефа лунной поверхности; изучение структурных и спектральных свойств поверхностного грунта, пылевых явлений.



Рисунок 1. Борт станции «Луна-25».

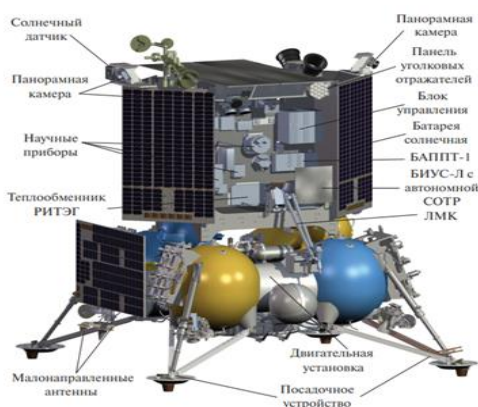


Рисунок 2. Общий вид и основные системы КА «Луна-25».

Общий вид КА и основные системы представлены на рис. 2 [2].

19 августа после 14:57 по московскому времени станция «Луна-25» была потеряна. Согласно данным, предоставленным Роскосмосом, связь со станцией прервалась. Разрыву связи предшествовала очередная коррекция, в результате которой аппарат должен был занять предпосадочную эллиптическую орбиту с периселением 18 км и апоселением 100 км. Коррекция орбиты должна была начаться 19 августа в 14:10 по московскому времени. В тот же день в 18:35 (по московскому времени) Роскосмос объявил о нештатной ситуации, «которая не

позволила выполнить манёвр с заданными параметрами». Попытки восстановить связь не увенчались успехом, и 20 августа было объявлено о столкновении станции с Луной в результате перехода на нерасчётную орбиту. По данным, опубликованным в СМИ, потеря станции «Луна-25» стала следствием слишком продолжительной работы двигателей, которая была в полтора раза дольше необходимого. Скорость в момент столкновения с Луной составила 1,7 км/с. Наиболее вероятной причиной нештатной ситуации называют программную ошибку, из-за которой команда на спуск прошла не в тот момент, когда это было запланировано по программе.

20 августа 2023 года ведущий научный сотрудник ИКИ РАН Натан Эйсмонт сообщил СМИ, что ещё до перехода на предпосадочную орбиту расчётные параметры станции стали отличаться от номинальных. При возникшей проблеме следовало подождать и отложить переход на предпосадочную орбиту, поскольку запас времени имелся. То, что вначале казалось несущественным отклонением, перешло в аварию.

**Последствия крушения.** Крушение миссии "Луна-25" имеет ряд негативных последствий для Роскосмоса и российской космической программы в целом.

1. Материальные потери: Развитие космических программ требует больших инвестиций. Крушение "Луны-25" привело к невозвратным материальным потерям, включая сборку и испытание космического корабля, а также потерю научного оборудования, которое было разработано специально для этой миссии.
2. Утрата научной информации: Целью миссии "Луна-25" было сбор и анализ данных о гравитационном поле Луны. Эти данные являются важными для дальнейшего изучения Луны и понимания процессов, происходящих на ее поверхности. Крушение миссии "Луна-25" означает утрату ценной научной информации, которая могла бы дать новые познания о Луне.
3. Удар по престижу: Успех космических программ имеет огромное значение для престижа страны, открывающей двери в космическое пространство. Крушение "Луны-25" стало ударом по престижу Роскосмоса и вызвало недовольство не только научного сообщества, но и общественности в целом.

Таким образом, можно сделать вывод, что крушение миссии "Луна-25" привело к серьезным последствиям для Роскосмоса. Отказ гравитационной системы оказал негативное влияние на взаимодействие зонда со лунной поверхностью, что привело к потере контроля над миссией и полному провалу проекта. Этот инцидент является серьезным уроком для российской космической индустрии, и подчеркивает важность тщательного тестирования и разработки каждого аспекта миссии перед ее запуском. Для Роскосмоса это также возможность извлечь уроки и совершить улучшения в своей системе качества и безопасности, чтобы подготовиться к будущим космическим миссиям.

\*\*\*

1. ЛУНА-25 [Электронный ресурс]. URL: <https://iki.cosmos.ru/missions/luna-25> (дата обращения: 21.08.2023).
2. Казмерчук, П. В. Космический аппарат "Луна-25" – возвращение на Луну / П. В. Казмерчук, А. Е. Ширшаков // *Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы.* – 2021. – Т. 55, № 6. – С. 509-521.
3. К запуску «Луны-25». Об этапах полета автоматической станции [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/39514/> (дата обращения: 28.08.2023).
4. Хартов В.В. От исследования к освоению ресурсов Луны. Вчера и завтра (к 50-летию космической деятельности АО "НПО Лавочкина") // *Вестн. НПО им. С.А. Лавочкина.* 2015. № 3. С. 8–13.
5. Ширшаков А.Е., Карчаев Х.Ж., Моисеев А.А., Лоханов И.В. На шаг впереди (к 80-ти летию ОКБ НПО имени С.А. Лавочкина) // *Вестн. НПО им. С.А. Лавочкина.* 2019. № 2. С. 3–18.

Рожкова Е.А.

**Передовые материалы и производственные инновации для аэрокосмической отрасли**

*Сибирский государственный университет  
науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-280

**Аннотация**

В статье рассматриваются современные материалы, которые предоставляют новые возможности для создания более эффективных и надежных аэрокосмических компонентов. Статья анализирует примеры успешной интеграции передовых материалов и инновационных производственных подходов в аэрокосмической отрасли.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, композиционные материалы, сверхзвуковые технологии, снижение затрат, оптимизация.

**Abstract**

The article discusses modern materials that provide new opportunities for creating more efficient and reliable aerospace components. The article analyzes examples of successful integration of advanced materials and innovative manufacturing approaches in the aerospace industry.

**Keywords:** additive technologies, composite materials, supersonic technologies, cost reduction, optimization.

В настоящее время аэрокосмическая отрасль трансформируется под влиянием прогрессивных технологий и передовых материалов, которые играют важную роль в развитии производственных инноваций. Открытия и разработки в области аэрокосмической техники и материалов имеют огромное значение для достижения новых вершин в этой отрасли, обеспечивая безопасность, эффективность и экологическую устойчивость.

Одной из наиболее значимых технологий в машиностроении является использование 3D-печати, которая в последние годы приобретает все большую популярность. Эта технология позволяет уменьшить стоимость производства, так как не требуется использовать дорогостоящие инструменты и приспособления.[1]

Важным аспектом является использование передовых материалов в процессе проектирования и производства авиационных и космических средств. Например, применение композитных материалов, таких как углепластик и стеклопластик, в конструкции самолетов и ракет позволяет значительно снизить их вес и улучшить аэродинамические характеристики. Это позволяет значительно повысить эффективность и экономичность воздушных и космических средств.

Применение композитных материалов в аэрокосмической отрасли позволяет снизить вес конструкции без потери прочности и надежности. Это особенно важно для космических аппаратов, где каждый килограмм имеет значение. Кроме того, композитные материалы обладают высокой устойчивостью к воздействию экстремальных условий, таких как радиация, высокие и низкие температуры и вакуум. Это открывает новые возможности для исследования космоса и создания прочных космических аппаратов для миссий длительного срока.

С развитием нанотехнологий аэрокосмическая отрасль получила уникальный инструмент для создания передовых материалов. Наноматериалы обладают уникальными свойствами, такими как высокая прочность, легкость и электропроводность. Это позволяет применять их в создании композитных структур, теплозащитных покрытий и электронных элементов. Например, усиление нанотрубками позволяет повысить прочность композитов, а использование наночастиц в покрытиях защищает от термических и абразивных воздействий.

В ракетно-космической технике имеют применение легкие сосуды и емкости, которые изготавливают из полимерных композиционных материалов, работающие под давлением, а

также создают и эксплуатируют топливные баки, шары-баллоны, корпуса ракетных двигателей, силовые конструкции ракет, аккумуляторы давления, дыхательные баллоны для летчиков и космонавтов. [2]

Вторым аспектом является использование передовых материалов для разработки компонентов и деталей двигателей. Например, применение никелевых сплавов или керамических материалов для изготовления турбин позволяет повысить их температурную стойкость и снизить вес, что в свою очередь положительно сказывается на эффективности и надежности двигателей.

Третьим аспектом является использование производственных инноваций для оптимизации производственных процессов в аэрокосмической отрасли. Например, применение технологии аддитивного производства (3D-печати) позволяет производить сложные детали и компоненты без необходимости сложного оборудования и дорогостоящих инструментов. Это сокращает время и стоимость производства, а также позволяет создавать индивидуальные и оптимизированные решения для конкретных задач.

Значительное количество компонентов, таких как форсунки, камеры сгорания и системы зажигания, были успешно изготовлены с использованием процессов АД, что приводит к значительному снижению стоимости, времени изготовления и количества деталей. [3]

Сверхзвуковые технологии в последние десятилетия приобрели значительное значение в различных областях, включая производство композитных материалов и развитие аддитивных технологий. Эти инновационные методы предлагают уникальные возможности для создания материалов и деталей с высокой производительностью и прочностью, что открывает новые горизонты для множества промышленных отраслей.

Сверхзвуковые решения при производстве композитных материалов и аддитивных технологий включают использование сверхзвуковых волн для улучшения процессов смешивания и формования материалов, а также для повышения их механических свойств.

Примером сверхзвуковых решений является технология сверхзвукового ультразвукового теплового воздействия (Sono-TEC). Она использует сверхзвуковые волны для воздействия на композитные материалы, улучшая их механические свойства и устойчивость к ударам. Другим примером является сверхзвуковая аддитивная технология (SonicAM), которая использует сверхзвуковые волны для создания и сплавления слоев материала при процессе 3D-печати. Это позволяет повысить прочность и качество полученных изделий.

Проведем детальный и наглядный анализ в виде табличного представления с целью осуществления сравнительного анализа технологий (см. таблица 1).

Таблица 1

Сравнение инновационных технологий. [4,5].

<i>Технология</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
<i>Аддитивные технологии</i>	<i>Создание сложных деталей</i>	<i>Высокая стоимость сырья</i>
	<i>Быстрое производство</i>	<i>Ограниченные размеры</i>
	<i>Снижение потерь материалов</i>	<i>Ограниченная прочность</i>
<i>Композитные технологии</i>	<i>Легкий вес</i>	<i>Высокая стоимость материалов</i>
	<i>Высокая прочность</i>	<i>Сложность ремонта</i>
	<i>Устойчивость к коррозии</i>	<i>Ограниченная устойчивость к высоким температурам</i>
<i>Сверхзвуковые решения</i>	<i>Высокая скорость полета</i>	<i>Очень высокие энергозатраты на полет</i>
	<i>Преодоление больших расстояний</i>	<i>Ограниченность использования из-за шума и тряски</i>

На основе данных таблицы 1 можно сделать вывод, что каждая из технологий имеет свои преимущества и недостатки, исходя из которых выбор будет зависеть от конкретных.

Таким образом, использование передовых материалов и производственных инноваций становится все более значимым в аэрокосмической отрасли. Они позволяют не только создавать легкие, прочные и эффективные конструкции, но и разрабатывать более продвинутое радио- и оптические системы, а также защищать аппараты от экстремальных условий. В долгосрочной перспективе это способствует развитию космических исследований и созданию новых поколений воздушных и космических аппаратов. потребностей и задач в аэрокосмической отрасли.

\*\*\*

1. Рожкова, Е. А. Анализ аддитивных технологий в машиностроении и в разработке ракетно-космических комплексов / Е. А. Рожкова, А. В. Кустов // Механика XXI века. – 2023. – № 22. – С. 113-117.
2. Кустов, А. В. Композиционные материалы в ракетно-космической отрасли / А. В. Кустов, Е. А. Рожкова, В. А. Бордачев // Наука, технологии, общество - НТО-II-2022: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научной конференции. – 2022.
3. Бордачев, В. А. Применения аддитивных технологий в ракетно-космической отрасли / В. А. Бордачев, Е. А. Рожкова // Машиностроение: новые концепции и технологии: Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2022.
4. Рожкова, Е. А. Обеспечения герметичности бака из композиционных материалов / Е. А. Рожкова, А. В. Кустов // Механика XXI века. – 2023. – № 22. – С. 125-128.
5. Бордачев, В. А. Актуальность аддитивных технологий в ракетно-космической отрасли / В. А. Бордачев, Е. В. Богачева // НАУЧНЫЙ ИМПУЛЬС - 2022: сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 21 ноября 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 53-58.

**Самойлова А.Р., Непомилова А.Ю., Гребнева О.А.**

**Исследование способов снижения тепловых потерь в системах теплоснабжения при подземной прокладке трубопроводов**

*Иркутский национальный исследовательский технический университет  
(Россия, Иркутск)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-281

**Аннотация**

В статье проведены исследования методов снижения тепловых потерь в трубопроводах сети теплоснабжения при подземной прокладке. В результате качественного выбора теплоизоляционных материалов происходит существенное снижение потерь тепла через стенку в окружающую среду, а, следовательно, эксплуатационных затрат системы теплоснабжения в целом. В зависимости от выбранного типа и способа изоляции происходит увеличение ее общей продолжительности службы без вреда для окружающей среды.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, тепловая сеть, трубопровод, тепловые потери, энергоэффективность.

**Abstract**

The article studies the methods of reducing heat losses in pipelines of heat supply network during underground laying. As a result of qualitative choice of thermal insulation materials there is a significant reduction of heat losses through the wall into the environment, and, consequently, the operating costs of the heat supply system as a whole. Depending on the selected type and method of insulation, its total service life is increased without harming the environment.

**Keywords:** heat supply system, heat network, pipeline, heat losses, energy efficiency.

Системы теплоснабжения являются одним из самых главных объектов любого населенного пункта. Она состоит из множества элементов (агрегатов, технических устройств и подсистем), которые в свою очередь обеспечивают подготовку, транспортировку и распределение теплоносителя по потребителям. Главным фактором оценки энергоэффективности эксплуатации таких систем и их элементов (в том числе трубопроводов)



являются теплопотери, которые можно существенно снизить за счет использования современных теплоизоляционных материалов.

Анализ существующей в настоящее время литературы [1,2] показывает, что совершенствуются как материалы изоляционных покрытий и их конструкции, так и технологии их нанесения и монтажа. Об этом свидетельствует большое число патентов, научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок [3-5].

Срок службы различных видов изоляции трубопроводов зависит от физико-химических параметров исходных материалов, соблюдения технологии выполнения изоляционных работ, возможности осуществления мероприятий по защите изоляции от повреждений в процессе ремонтных работ и эксплуатации. Для правильного выбора теплоизоляционного покрытия необходимо знать основные закономерности. Соответствие материалов, применяемых в качестве теплоизоляционного и кровельного слоев в составе теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, требованиям к их качеству (санитарно-гигиенические, пожарной безопасности и др.) должно быть подтверждено результатами проведения специальных испытаний [6].

В данной работе проведен анализ подходящих способов защиты трубопроводов, проложенных под землей в непроходных каналах. Стоит отметить, что немаловажную роль при рассмотрении поставленной задачи имеет экономическое обоснование: целесообразность с точки зрения затрат применяемых методов и подбор аналогов мирового рынка.

Для изоляции (тепло- и гидро-) магистральных трубопроводов при транспортировке теплоносителя обычно используют материалы, которые должны обладать следующими свойствами: 1) низкой теплопроводностью; 2) долговечностью, которая определяется стойкостью к действию воды, химической и биологической агрессии, морозостойкостью и механической прочностью; 3) пожаробезопасностью; 4) экологической безопасностью; 5) низким влагопоглощением.

При прокладке в непроходных каналах трубопроводов систем теплоснабжения больших диаметров наиболее широко распространена изоляционная конструкция, представляющая собой многослойную изоляцию: минеральная вата, покрытая асбоцементной коркой по металлической сетке. В последнее время, в таких конструкциях на концах участка устанавливают теплоизоляционные цилиндры, которые изготавливаются из минеральной ваты на основе базальтовых пород и кашированными армированной алюминиевой фольгой, дополнительно обработанные гидрофобизирующими составами для снижения их водопоглощения [7,8]. Пространство канала при этом остается не заполненным (рисунок 1а).

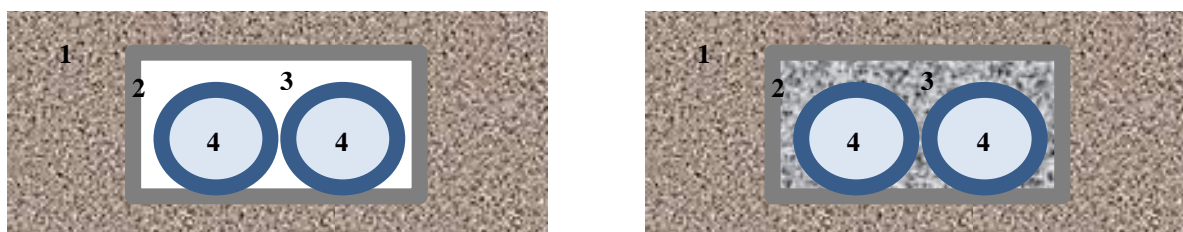


Рисунок 1. Схема засыпки трубопровода вермикулитом (поперечный разрез)  
(1 – земля; 2 – непроходной канал; 3 – засыпка вермикулитом; 4 – трубопроводы системы теплоснабжения (п – подающий, о – обратный)).

В данной работе предлагается дополнительно к изоляционной конструкции трубопроводов выполнить засыпку канала с вермикулитом (см. рисунок 1б).

Свойства и характеристики вермикулита представлены в таблице 1.

Таблица 1

Качественных характеристики вермикулита.

№пп	Характеристика	Старый вагон
1.	Твердость по минералогической шкале	1÷1.5
2.	Теплопроводность	0.04 – 0.062 Вт/м·°С
3.	Плотность	2.4-2.7 г/см <sup>3</sup>



		всученного – 0.065-0.130 г/см <sup>3</sup>
4.	Температура плавления	1350 °С
5.	Истирание	не поддается
6.	Гигроскопичность	«набухает» только при температуре 900-1000 °С, при этом приобретает свойства теплоизоляционного материала
7.	Биологическая стойкость	биологически и химически стоек

Анализ характеристик и свойств предлагаемого насыпного материала показал, что за счет низкой теплопроводности (см. таблица 1) вермикулит будет служить дополнительным теплоизоляционным материалом, тем самым дополнительно уменьшать тепловые потери через стенку трубопровода в грунт. При использовании вермикулита термическое сопротивление теплоотдаче от среды в канале к грунту увеличивается в 160 раз (при коэффициенте теплоотдачи от воздуха в канале к грунту – 8 Вт / (м<sup>2</sup>•°С); коэффициенте теплоотдачи вермикулита к грунту при высоте канала 1 м – 0.05 Вт / (м<sup>2</sup>•°С)). Так как величина коэффициента теплопередачи обратно пропорционально значению термического сопротивления от среды в канале к грунту, следовательно, его значение уменьшится в 160 раз. За счет этого происходит существенное снижение величины тепловых потерь через стенки трубопроводов в окружающую среду. Эффект будет увеличиваться в зависимости от увеличения размера каналов и диаметров трубопроводов (рисунок 2).

Кроме того, вермикулит обладает свойством пожаростойкости, что является одним из основных требований к качественным изоляционным материалам. Данный материал стоек как к изменению температур, так и к воде, поэтому при его использовании не наносится вред окружающей среде, то есть вермикулит является экологически безопасным.

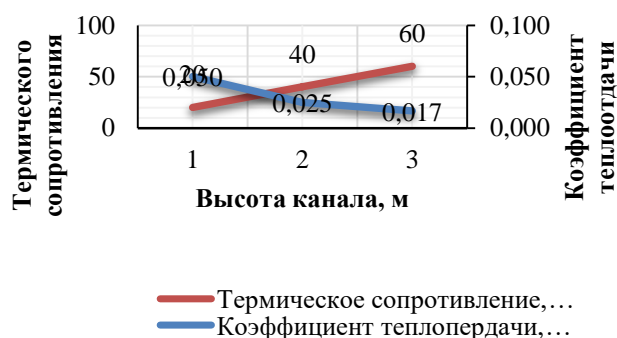


Рисунок 2. Изменение параметров при использовании дополнительного изоляционного материала.

Вермикулит стоек к воде, не подвержен намоканию. При возникновении аварийных ситуациях на системах теплоснабжения, например, при порывах, образовании свищей, которые сопровождаются истечением теплоносителя из трубопроводов в канал, используемый дополнительный материал может быть извлечен из канала без каких-либо трудностей для обеспечения возможности проведения ремонтных работ. После завершения мероприятий по ликвидации аварии вермикулит может быть вновь засыпан в канал без замены.

По результатам выполненной работы можно сказать, что главными факторами, определяющими качество используемых изоляционных материалов и конструкций должна быть долговечная, бесперебойная, надежная и вместе с тем энергоэффективная работа системы теплоснабжения. Применение дополнительного изоляционного материала (засыпка канала) позволяет в разы снизить тепловые потери от стенки трубопроводов систем теплоснабжения в окружающую среду.

Результаты анализа могут быть полезны как для инженеров, занимающихся эксплуатацией рассматриваемых систем, так и для специалистов, занимающихся

проектированием с использованием эффективных методов и подходов снижения тепловых потерь в системах теплоснабжения.

\*\*\*

1. Алексеев, В.А., Грязнов, К.Н. Патент № (19) RU 202190435 U1, МПК F16L59/06, F16L59/08, РФ. Способ теплоизоляции трубопровода.
2. Дремлюков, В.В., Калыбаев, Б.Е. Патент № ЕА 37 492 В1, МПК F24D3/00, КЗ. Способ снижения тепловых потерь и капитальных затрат для трубопроводов распределительной тепловой сети.
3. Общая информация о теплоизоляционных материалах и их классификация. URL: <https://nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/teploizolyatsiya/obshchaya-informatsiya-o-teploizolyatsionnykh-materialakh-i-ikh-klassifikatsiya/> (дата обращения 04.10.2023г.).
4. СП 41-103-2000. Свод правил. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
5. Шойхет, Б.М., Ставрицкая, Л.В. Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей в каналах // Энергосбережение. – 2001. – № 1. – С. 24-25.

**Суфиянов Р.Ш.**

### **Применение алюминия в автомобилестроении**

*Бронницкий филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»  
(Россия, Бронницы)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-282

#### **Аннотация**

Одними из наиболее значимых направлений в автомобилестроении является использование новых материалов, таких как алюминий. Этот металл стал применяться в автомобильной промышленности для создания более легких и прочных узлов и деталей. Применение алюминия в автомобилестроении позволяет снизить вес автомобиля, что приводит к улучшению его топливной экономичности и экологических характеристик.

**Ключевые слова:** алюминий, производство алюминия, автомобиль, экономия топлива, экологичность.

#### **Abstract**

One of the most significant trends in the automotive industry is the use of new materials, such as aluminum. This metal began to be used in the automotive industry to create lighter and stronger assemblies and parts. The use of aluminum in the automotive industry allows you to reduce the weight of the car, which leads to an improvement in its fuel efficiency and environmental performance.

**Keywords:** aluminum, aluminum production, automobile, fuel economy, environmental friendliness.

В автомобильной промышленности постоянно ведутся исследования над разработкой и применением новых материалов, которые позволяют улучшить технико-эксплуатационные характеристики и безопасность автомобилей. Также более широко начинают использоваться и известные ранее материалы, но уже на другой инновационной технологической платформе. Эти материалы играют ключевую роль в различных аспектах автомобильного производства, включая конструкцию кузова, двигателя, подвески, а также внутреннее оборудование и системы.

Одним из наиболее значимых направлений разработки новых материалов является легкие металлы, например алюминий. Этот металл стал применяться в автомобильной промышленности для создания более легких и прочных компонентов. Применение легких материалов в автомобилестроении позволяет снизить вес автомобиля, что приводит к улучшению его топливной экономичности. Кроме того, способствует снижению выбросов диоксида углерода в атмосферу.

При производстве деталей из алюминия применяются различные технологии, среди них: формовка, отливка, экструзия и др. [1].

#### Формовка металла

Лист металла формируется раскатыванием между двумя роликами до придания ему плоской формы (рис.1).



Рисунок 1. Производство листового алюминия [2].

#### Отливка в прессформы

Литье является самым простым и наиболее распространенным, и самым недорогим методом производства алюминиевых деталей во всем мире, в частности деталей для трансмиссии, а также блоков цилиндров двигателей (рис.2). При изготовлении прессформ могут применяться также 3D принтеры.



Рисунок 2. Процесс литья алюминия в прессформы [3].

#### Экструзия

Экструзией алюминия называют процесс прохождения алюминиевого материала через цилиндр (матрицу) с определенным поперечным сечением с получением изделий определенного заданного профиля (рис.3).



Рисунок 3. Экструзия алюминия [4].

Алюминиевые детали производят также при помощи технологий порошковой металлургии, при этом заготовки прессуются из алюминиевых порошков с последующим спеканием. В ряде стран данным методом изготавливают детали компрессоров, воздушных кондиционеров, поршней двигателей, блоков цилиндров (рис. 4).

Алюминий называют «крылатым металлом», т.к. его широко используют в самолетостроении (в фюзеляжах, панелях крыльев, рулях направления, выхлопных трубах, дверях и полах, сиденьях, турбинах двигателей и приборах кабины), но сначала его начали применять для изготовления кузовов автомобилей. В 1899 году на выставке в Берлине был показан первый «спорткар» с алюминиевым корпусом [5] и лишь в 1917 году, был построен первый самолет из алюминиевого сплава, который авиастроители позже заменяли уже на чистый алюминий без примесей.



Рисунок 4. Технология порошковой металлургии.

Автомобилестроители относительно долгое время не применяли алюминий ввиду его более низких прочностных показателей и дороговизны по сравнению со сталью. Однако на новом витке развития автомобилестроения, изменения требований к современным автомобилям и, соответственно, мировых трендов, алюминий вновь становится востребованным материалом. В 1991 году концерн Audi выпустил автомобиль A8 с полностью алюминиевым кузовом.

Из алюминия производят радиаторы, конденсаторы и испарители кондиционеров, разнообразные соединительные трубки, и шасси. К основным преимуществам алюминия, по сравнению со сталью, традиционно используемым в автомобилестроении, являются [6]:

- низкая плотность, примерно в два раза меньшая, чем у стали при равной прочности;
- высокая коррозионная стойкость, благодаря оксидной пленке, которая образуется на поверхности алюминия и защищает материал от дальнейшего окисления. Кроме этого алюминий является достаточно стойким к различным химическим соединениям, что делает его устойчивым к повреждениям от различных реагентов, используемых на автомобильных дорогах;

- высокая теплопроводность, которая предопределяет его применение для производства радиаторов и других систем охлаждения автомобилей, т.к. благодаря значительной теплопроводности, алюминиевые детали быстро разогреваются и остывают, что, безусловно, способствует более эффективной работе двигателя и других систем автомобиля.

Ассоциация автомобилестроителей произвела расчеты [7], согласно которым, алюминий, использованный при изготовлении автомобиля, ведет к значительному уменьшению его массы. Проведены расчеты и показано, что 100 кг алюминиевых деталей (узлов), имеющихся в автомобиле экономят более 1000 л бензина на каждые 200 тысяч километров, что снижает выбросы CO<sub>2</sub> на 2500кг.

К недостаткам алюминия – как материала, применяемого в автомобильной промышленности, относят то, что алюминиевые изделия трудно сваривать между собой. Кроме этого повреждения кузова из алюминия трудно выправить без специального оборудования, имеющегося не на каждой станции технического обслуживания автомобилей.

Тем не менее, использование алюминия в автомобилестроении ежегодно возрастает, а его применение в автомобильном производстве имеет ряд преимуществ, среди них:

- сниженный общий вес автомобиля, что позволяет снизить расход топлива и выбросы вредных веществ;
- высокие прочность и жесткость, что повышает безопасность автомобилей и улучшает их динамические характеристики;
- возможность создания более эффективных и экономичных автомобилей, отвечающих требованиям современного рынка.

Алюминий обладает уникальными свойствами, которые делают его часто незаменимым материалом для использования в различных компонентах автомобиля, но для того, чтобы обеспечить его более широкое применение, необходимо проведение исследований с разработкой инновационных технических процессов, направленных на снижение стоимости производства алюминия и улучшение его технологичности.

\*\*\*

1. «АБС Авто», ноябрь 2012. Электронный ресурс: <https://abs-magazine.ru/article/dinitrol-snachala-bili-samoleti?ysclid=lm8vvp2zly270182515>
2. Алюминий в автомобилестроении: какой материал выбрать. Электронный ресурс: <https://xn--38-bkcaakvzsqni5c5b.xn--p1ai/fakty/alyumini-v-avtomobilestroenii-kakoi-material-vybrat>
3. Алюминий в автомобилестроении. Электронный ресурс: <https://info-autoglass.ru/articles?id=106&ysclid=lm8uf9jfk2288199389>
4. Как делают алюминиевые автомобили. Электронный ресурс: <https://1gai.ru/publ/517582-kak-delayut-alyuminiyevye-avtomobili.html?ysclid=lm90vy8rm6756358168>
5. Фото. Электронный ресурс: <http://aluprocess-en.com/upload/3894/o/13-8-aluminium-cold-rolling-mill-0.jpg>
6. Фото. Электронный ресурс: [https://лада.онлайн/uploads/posts/2021-04/1619162893\\_7.jpg](https://лада.онлайн/uploads/posts/2021-04/1619162893_7.jpg)
7. Фото. Электронный ресурс: <https://spb.alumoknoproekt.ru/wp-content/uploads/2022/11/izgotovlenie-profilya-3.jpg>

**Тимофеев В.Н., Надеждина О.А.**

**Особенности конструкции и работы терморегуляторов прямого и непрямого действия**

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»*

*(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-283*

#### **Аннотация**

Проанализированы терморегуляторы прямого и непрямого действия, влияние их выбора на рабочий процесс, на тепловое состояние судовых дизелей, отражены наиболее перспективные и важные из них.

Рассмотрены основные этапы по повышению эффективности и технико-экономических показателей судовых энергетических установок (СЭУ) за счёт выбора терморегуляторов, режимов работы и влияющих на них факторов.

**Ключевые слова:** дизель, система охлаждения, терморегулятор, температура, вода, масло, режим, оптимизация, теплоноситель.

#### **Abstract**

The thermoregulators of direct and indirect action, the influence of their choice on the workflow, on the thermal state of marine diesel engines are analyzed, the most promising and important of them are reflected.

The main stages of improving the efficiency and technical and economic indicators of marine power plants (SEU) due to the choice of thermoregulators, operating modes and factors affecting them are considered.

**Keywords:** diesel, cooling system, thermostat, temperature, water, oil, mode, optimization, coolant.



Заменой ручного управления автоматическим устройством обслуживающий персонал освобождается от непосредственного наблюдения за температурой в системе охлаждения и от ручного труда. Благодаря этому в комплексе с другими мероприятиями создаются условия для организации труда машинной команды с сокращенным штатом. В то же время автоматизация обеспечивает работу дизеля на наиболее оптимальном температурном режиме.

Эти факторы весьма существенны, так как позволяют повысить экономическую эффективность эксплуатации силовой установки. Поэтому в требованиях к дизельным судовым установкам для новых судов указывается на необходимость оборудования СО (систем охлаждения) дизелей автоматическими ТРГ (терморегуляторами).

ТРГ, также дизель с его СО являются составными частями САРТ (системы автоматического регулирования температуры) охлаждающей воды.

Эффективность АР (автоматических регуляторов) температуры воды в СО дизеля зависит не только от выполненной схемы регулирования. На работу системы регулирования в значительной степени влияет тип установленного ТРГ. Рассмотрим существующие типы автоматических ТРГ, устанавливаемых и эксплуатируемых в СО судовых дизелей [1, 2, 3, 4].

Различие типов ТРГ, схемы их исполнения и конструктивные особенности выполненных узлов предопределяются такими факторами, как принцип действия чувствительного органа и ИМ, род энергии, тип передачи от чувствительного элемента к РО, требуемое перестановочное усилие в РО.

В зависимости от того, применяется или нет усиление сигнала, воспринимаемого чувствительным элементом, ТРГ можно разграничить на две группы: ТРГ прямого и непрямого действия.

В ТРГ прямого действия изменение температуры охлаждающей воды воспринимается чувствительным элементом, который непосредственно без усиления воздействует на РО СО, перемещая его. На первом этапе автоматизации СО преимущественно применялись с парожидкостными и жидкостными ДТ. В настоящее время эти ТРГ используются с ДТ с твердым наполнителем.

В ТРГ непрямого действия чувствительный орган воспринимает изменение температуры, а затем это изменение преобразуется и усиливается, и в зависимости от рода применяемой энергии на РО воздействует ИМ пневматического или электромеханического типа. В автоматических ТРГ прямого действия измерительным органом служит термометр манометрического типа. Чувствительный элемент (ЧЭ) обычно выполняется в виде сильфона, заполненного материалом, обладающим большим коэффициентом объемного расширения или низкокипящей жидкостью [4, 5, 6, 7, 8].

РО непосредственно связан с ЧЭ и приводится в действие им при изменении температуры. В дизельных установках широкое применение нашли ТРГ прямого действия таких типов, как: ТС, РТМ – 32, ТКМ – 50, ТРС – 48, ТПД – 60, РТПДМ, РТП, РТПД отечественного производства и иностранных марок: АКО, Самсон, Клориус, Волтен. Принцип действия ТРГ прямого действия общий для всех (рис.1, а) отличие их в основном заключается в конструкционном выполнении и материалах наполнителя. Поэтому ограничимся рассмотрением действия ТРГ РТП – 32Б (рис.1).

Серийно выпускаемый ТРГ типа РТП – 32Б состоит из жидкостной манометрической недистанционной термосистемы включающей термобаллоны 4 и 2, сильфон перестановки 3) и трехходового регулирующего клапана (включающего корпус 6, клапан 5 и возвратную пружину 7). Для ручного управления положением клапанов имеется ручной дублер 1. Термосистема воспринимает температуру охлаждающей воды (термобаллон 4) и температуру наружного воздуха (термобаллон 2), что позволяет компенсировать влияние температуры окружающего воздуха на точность регулирования [9, 10].

Недостатками ТРГ прямого действия являются большая их инерционность, наличие погрешности, большие габариты и масса, возможна разгерметизация сильфона, не всегда достигается линейная характеристика работы.

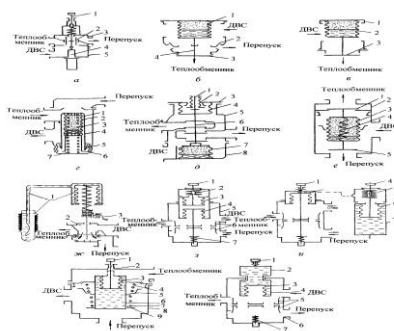


Рисунок 1. Терморегуляторы прямого действия.

В последнее время в качестве преобразователей температуры в перемещение в ТРГ стали широко применяться ДТ (датчики температуры) с твердым наполнителем. Принцип действия датчиков основан на изменении объема наполнителя с изменением его агрегатного состояния (увеличение коэффициента объемного расширения при переходе наполнителя из твердого состояния в жидкое). Изменение объема наполнителя преобразуется в поступательное перемещение штока, пропорциональное изменению температуры. В практике получили наибольшее применение два типа датчиков: мембранные и поршневые (рис. 2).

Преимущества ДТ с твердым наполнителем перед манометрическими ТРГ: малые габариты, вес и стоимость, нечувствительность к изменению давления регулируемой среды, высокая вибро – и ударопрочность.

Недостатком ТРГ прямого действия, в том числе датчиков с твердым наполнителем является то, что при выходе из строя термопреобразователя клапан ТРГ перемещается в положение, соответствующее низкой температуре. При этом прекращается или резко уменьшается отвод теплоты от дизеля, температура охлаждающей воды начинает повышаться и становится выше допустимых значений, что может привести дизель к серьезным авариям (задирке цилиндрических втулок, заклиниванию поршня и обрыву шатуна или шатунных болтов и т.д.).

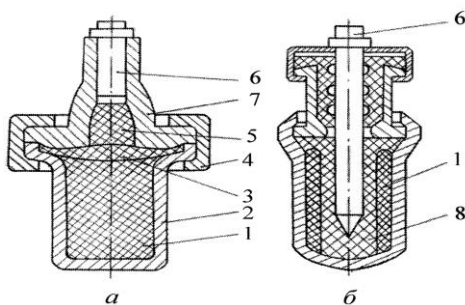


Рисунок 2. Датчики температуры с твердым наполнителем:

а – мембранный (1 – наполнитель; 2 – баллон; 3 – мембрана; 4 – ригид; 5 – буфер; 6 – шток; 7 – втулка); б – подпоршневой (1 – твердый наполнитель; 8 – втулка; 6 – шток).

ТРГ непрямого действия не нашли такого широкого распространения в судовых ДВС, поэтому невелика их разнотипность, используются на судовых дизелях большой мощности. В автоматических ТРГ непрямого действия изменение температуры охлаждающей воды воспринимается чувствительным элементом, затем это изменение температуры преобразуется, усиливается и воздействует на РО ТРГ в СО. ЧЭ в автоматических ТРГ являются термометры манометрического, дилатометрического и биметаллического типов и также термометры сопротивления [11, 12, 13].

В качестве ИМ нашли применение пневматические и электрические сервомоторы.

Нашей промышленностью выпускаются автоматические ТРГ непрямого действия пневматического типа с дилатометрическим измерительным органом типа ТРП –125 и ТРП – 175 (рис. 3). ТРГ состоит из блока управления (БУ) и трехходового РО. Чувствительным



элементом БУ служит дилатометр, состоящий из трубки 1 из материала с большим температурным коэффициентом объемного расширения. Нижние торцы трубки и стержня соединены жестко. Разность удлинения трубки и стержня при изменении температуры передается через рычаги 3 и 4 золотнику 7 пневмопреобразователя, при перемещении золотника непрерываемая площадь щелей 5 и 8 изменяется, отчего в междроссельной полости 6 и связанной с ней дистанционной трубке 9 мембранной полости 10 устанавливается давление, пропорциональное перемещению золотника. Мембранный привод устанавливает клапан 11 в положение, соответствующее давлению в мембранной полости [14, 15].

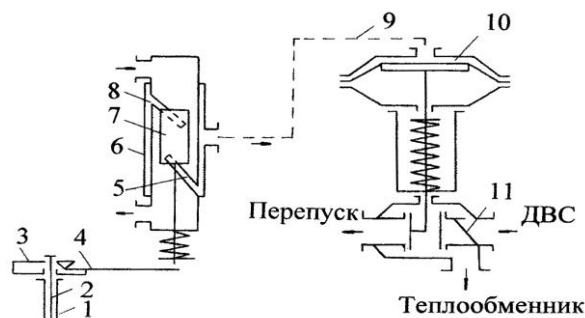


Рисунок 3. Схема пневматического терморегулятора: 1 – трубка; 2 – дилатометр; 3, 4 – рычаг; 5, 8 – непрерываемые площади щелей; 6 – междроссельная полость; 7 – золотник; 9 – дистанционная трубка; 10 – мембранная полость; 11 – клапан.

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о том, что задача создания наиболее эффективных ТРГ для работы в судовых условиях является актуальной и назревшей и требует своего решения.

\*\*\*

1. Тихонов, Н. Ф. Комплексная автоматизация управления судовыми энергетическими установками / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 88-4. – С. 99-103. – DOI 10.18411/trnio-08-2022-166. – EDN HOCGSF.
2. Тимофеев, В. Н. Энергосберегающая установка речного судна / В. Н. Тимофеев, Н. Ф. Тихонов // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие": «НАЦРАЗВИТИЕ», 2019. – С. 277-281. – EDN ERYDIN.
3. Тихонов, Н. Ф. Анализ дизель-электрической гребной установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 93-9. – С. 147-149. – DOI 10.18411/trnio-01-2023-475. – EDN KGNFXD.
4. Тимофеев В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: дис. ... докт. техн. наук / В. Н. Тимофеев. - СПб, 2015, 2015, - 385 с.
5. Васильев, С. А. Анализ судовых энергетических установок (СЭУ) / С. А. Васильев, Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 73-2. – С. 88-90. – DOI 10.18411/lj-05-2021-67. – EDN VXFКMB.
6. Тихонов, Н. Ф. Топливная система / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 89-1. – С. 101-104. – DOI 10.18411/trnio-09-2022-30. – EDN ZI WVUE.
7. Тихонов, Н. Ф. Эффективность системы наддува и утилизации тепловых потерь в тронковых дизелях / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Наукосфера. – 2023. – № 1-2. – С. 276-279. – EDN JWC UZZ.
8. Васильев, С. А. Судовые энергетические установки (СЭУ) / С. А. Васильев, Н. Ф. Тихонов, А. А. Петров // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 72-7. – С. 80-83. – DOI 10.18411/lj-04-2021-285. – EDN BUNQEP.
9. Тихонов, Н. Ф. Судовые тронковые дизели, анализ и совершенствование / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 94-5. – С. 71-74. – DOI 10.18411/trnio-02-2023-250. – EDN FMRFKR.
10. Тихонов, Н. Ф. Анализ гребной электрической установки (ГЭУ) переменного, постоянного и двойного рода тока / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 94-5. – С. 145-148. – DOI 10.18411/trnio-02-2023-272. – EDN CNEY YR.
11. Тихонов, Н. Ф. Типы судовых двигателей Yanmar и их система смазки / Н. Ф. Тихонов, С. С. Сазанов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-2. – С. 113-115. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-69. – EDN KZTGCM.

12. Тихонов, Н. Ф. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 90-93. – EDN IDXUBJ.
13. Тихонов, Н. Ф. Устройство генераторной установки и моторное масло для дизельного генератора Yanmar / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-2. – С. 115-118. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-70. – EDN UWVEMC.
14. Тимофеев, В. Н. Повышение эффективности систем охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания с автоматическим регулированием теплового состояния / В. Н. Тимофеев, Н. Ф. Тихонов // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова: Санкт-Петербург, 11–15 апреля 2016 года – С. 339-347. – EDN WNMMBJ.
15. Тихонов, Н. Ф. Дизель-электрическая силовая установка / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина, Л. С. Секлетина // Заметки ученого. – 2021. – № 9-1. – С. 306-310. – EDN SCVJDX.

**Тихонов Н.Ф.**

**Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей**

*Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-284*

**Аннотация**

Проанализированы системы охлаждения современных судовых дизелей. Рассмотрены основные этапы по повышению эффективности и технико-экономических показателей судовых энергетических установок (СЭУ) за счёт конструктивных особенностей систем охлаждения и условий их эксплуатации, применения передовых систем охлаждения.

**Ключевые слова:** дизель, система охлаждения, процессы, нагрузка, топливо, масло, подогрев, оптимизация, теплота, температура.

**Abstract**

The cooling systems of modern marine diesel engines are analyzed. The main stages of improving the efficiency and technical and economic indicators of marine power plants due to the design features of cooling systems and their operating conditions, the use of advanced cooling systems are considered.

**Keywords:** diesel, cooling system, processes, load, fuel, oil, heating, optimization, heat, temperature.

Система охлаждения (СО) служит для охлаждения деталей, нагреваемых от сгорания топлива и от трения, для отвода теплоты от рабочих жидкостей (масла, топлива, воды) и НВ. Эффективность работы СО в большой мере влияет на надежность и продолжительность ресурса дизеля. Эти факторы не могут не учитываться при разработке схем СО и систем АР (автоматического регулирования) температурного уровня охлаждения.

Как уже было отмечено, что СО отводится около 30 % тепловой энергии, содержащейся в используемом топливе. Существующие схемы СО судовых дизелей отличаются большим разнообразием, анализ эффективности, работы которых может дать определенные выводы по их рациональному выбору. Отвод теплоты от нагреваемых деталей судового дизеля осуществляется с помощью воды, проходящей по полостям охлаждения. Для охлаждения поршней и форсунок на крупных дизелях применяются отдельные СО, где в качестве охлаждающей жидкости применяется вода, топливо или масло.

В судовых дизельных установках новейшей постройки система СО выполняется двухконтурной, т.е. охлаждение деталей осуществляется пресной водой, циркулирующей в СО, затем теплота от пресной воды замкнутого контура отводится в теплообменнике к забортной воде, которая прокачивается через холодильник. При двухконтурной СО деталей производится чистой пресной водой, благодаря чему устраняется возможность загрязнения поверхностей охлаждения, во много раз замедляется процесс образования накипи и, как следствие,

обеспечивается хорошая теплопередача от нагреваемых деталей к воде. При работе дизеля двухконтурная СО позволяет поднять температурный уровень охлаждения, что существенно влияет на повышение эффективности работы установки.

СО и АР температуры охлаждающей воды по своему выполнению на судах отличаются как выбором регулируемого параметра, так и расположением оборудования в системе (ТРГ (терморегуляторов), датчиков, насосов, холодильников и другой арматуры). Вследствие большого разнообразия СО рассмотрим наиболее характерные из них [1, 2, 3, 4].

В системах охлаждения ДВС (двигателей внутреннего сгорания) регулирование осуществляется воздействием на поток охлаждающей воды. При регулировании воздействием на поток охлаждающей воды (рис.1) РО ТРГ выполняет следующие функции:

- дросселирует поток воды, отводимой к теплообменнику (рис.1, а) или проходящий по обводной линии (рис.1, б);

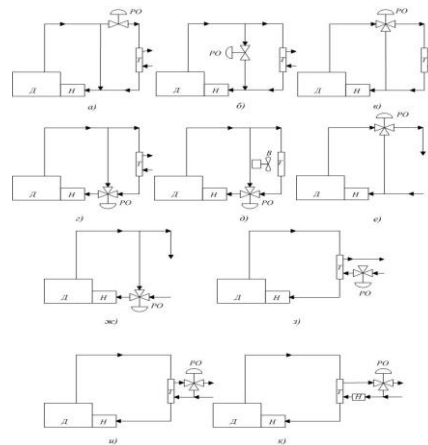


Рисунок 1. Принципиальные схемы систем охлаждения: а) СО способом дросселирования, отводимой к теплообменнику; б) СО способом обвода; в) СО дросселированием перепуска в) СО способом перепуска внутреннего контура; г) СО смешивает поток воды из дизеля и теплообменника; д,е,з) СО смешивает потоки горячей и холодной воды внутреннего контура; ж) СО разделяет поток горячей воды; и) СО разделяет поток охлаждающей воды между теплообменником и обводной линией; к) СО смешивает поток охлаждающей воды.

- разделяет из двигателя (Д) поток горячей воды (рис.1, в, ж);
- смешивает потоки горячей и холодной воды внутреннего контура охлаждения или смазки перед входом в двигатель (рис.1, д, е, з);
- разделяет подаваемый из внешнего контура поток охлаждающей воды между теплообменником и обводной линией (рис.1, и);
- смешивает во внешнем контуре поток охлаждающей среды, поступающий к регулирующему органу из теплообменника и обводной линии (рис.1, к) или разделяет во внешнем контуре охлаждающей среды поток, поступающий из теплообменника на потоки слива и обводной линии (рис.1, и).

Системы, представленные на рис 1, в, б применяются ограниченно, так как гидравлическое сопротивление этих систем изменяется при перемещении подвижной части РО. Кроме того, в системе (см. рис. 1, а) теплообменник должен иметь значительный запас по охлаждающей способности, так как часть охлаждающей среды постоянно протекает по обводной линии. В системе (рис.1, б) наличие постоянного расхода через теплообменник не позволяет обеспечить оптимальный температурный режим ДВС при низких температурах забортной воды и малых нагрузках [5, 6, 7, 8].

Наибольшее распространение получили системы, представленные на рис.1, в, д, ж, и, з. Системы с радиаторными установками, представленные на рис.1, г, е, на судовых дизелях не получили применения.

Наибольшее распространение получила СО судового дизеля по схеме рис. 1, в. Регулирующим параметром является температура выходящей из дизеля охлаждающей воды.

Регулирование температуры осуществляется РО, установленным на трубопроводе замкнутого контура после дизеля, перед теплообменником. Вода в замкнутом контуре в зависимости от положения регулируемого контура может проходить через теплообменник или, минуя его, по обводному трубопроводу. РО осуществляет распределение потоков охлаждающей воды, идущей после дизеля, на два потока – на теплообменник или в обвод его, затем после теплообменника эти потоки горячей и охлажденной воды смешиваются в общем трубопроводе, идущем к дизелю. При этом в контуре забортной воды регулирование количества проходящей через теплообменник забортной воды не предусматривается.

По этой схеме выполнено большинство СО дизелей на морских и речных судах последних лет постройки. Эта схема широко применяется для дизелей 8ДР 30/50, 8ДР 43/68, М401, 3Д6, СКЛ, ЛАНГ, ДОЙТЦ, ШКОДА и др. В СО, выполненной по этой схеме, для АР температуры охлаждающей воды могут применяться ТРГ как прямого, так и непрямого действия [9, 10, 11].

Регулирующим параметром в СО (рис.1, д) является температура воды в замкнутом контуре на входе в дизель. В замкнутом контуре вода после дизеля разделяется на два потока: один поток направляется через теплообменник, а второй – мимо теплообменника по обводному трубопроводу. РО расположен в месте слияния этих потоков после теплообменника, и с его помощью осуществляется смешение потоков охлажденной и неохлажденной воды и регулирование соотношения количества воды, проходящей через теплообменник и мимо него. Так как положение РО зависит от температуры смеси этих потоков воды, то регулирование осуществляется по температуре смеси, т.е. температуре воды на входе в дизель. В контуре забортной воды регулирование количества потока забортной воды через теплообменник не предусматривается. СО по этой схеме может выполняться как с применением автоматических ТРГ прямого действия, так и непрямого, с расположением чувствительного элемента ТРГ на трубопроводе замкнутого контура на входе охлаждающей воды в дизель.

Из всех рассмотренных схем регулирования охлаждения дизелей на судах новейшей постройки, наиболее распространенной является схема, в которой регулируемым параметром принята температура охлаждающей воды в замкнутом контуре на выходе из дизеля. Причем для вспомогательных двигателей и двигателей с высокой тепловой напряженностью, особенно многооборотных, применяется исключительно такая схема. Схема регулирования охлаждающей воды на входе в дизель применяется реже и в основном на тихоходных дизелях большой мощности. Поддержание постоянного оптимального уровня температуры охлаждающей воды на выходе из дизеля повышает надежность работы СО. При всех возможных вариантах изменения нагрузки дизеля не возникает опасения появления парообразования и перегрева деталей, а также на долевых нагрузках дизель не подвергается возможности переохлаждения.

\*\*\*

1. Зубарев, Ю. Я. Автоматизация процессов управления в судостроении / Ю.Я. Зубарев. - М.: Судостроение, 2019. - 264 с.
2. Шумихина, Е. Г. Режимы охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания / Е. Г. Шумихина // НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ и РАЗРАБОТКИ в УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕН: ПРЕДЕЛЫ и ВОЗМОЖНОСТИ: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Рязань, 28 июля 2023 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция", 2023. – С. 249-251. – EDN AQRRMM.
3. Надеждина, О. А. Гребные электрические установки (ГЭУ) переменного и постоянного тока / О. А. Надеждина, Е. Г. Шумихина // Мировые тенденции и перспективы развития науки в эпоху перемен: от теории к практике: Материалы I Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 30 января 2023 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Манускрипт", 2023. – С. 186-188. – EDN GDHDUH.
4. Тимофеев В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: дис. ... докт.техн. наук / В. Н. Тимофеев. - СПб, 2015, 2015, - 385 с.

5. Белоусов, Е. В. Топливные системы современных судовых дизелей / Е. В. Белоусов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-507-45166-1.
6. Simulation of Solar Energy Photovoltaic Conversion / T. V. Myasnikova, A. A. Kirillova, S. P. Ivanova [et al.] // Proceedings of the 2nd 2020 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2020, Moscow, 12–14 марта 2020 года. — Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. — P. 9059149. — DOI 10.1109/REEPE49198.2020.9059149. — EDN RACJAQ.
7. Бурков, А. Ф. Повышение энергоэффективности морского транспорта и транспортной инфраструктуры: монография / А. Ф. Бурков, В. Ф. Веревкин, П. М. Радченко; под общей редакцией А. Ф. Буркова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-3852-5.
8. Тихонов, Н. Ф. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2020 года. — Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. — С. 90-93. — EDN IDXUBJ.
9. Тихонов, Н. Ф. Устройство генераторной установки и моторное масло для дизельного генератора Yanmar / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 81-2. — С. 115-118. — DOI 10.18411/trnio-01-2022-70. — EDN UWVEMC.
10. Тихонов, Н. Ф. Анализ гребной электрической установки (ГЭУ) переменного, постоянного и двойного рода тока / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Тенденции развития науки и образования. — 2023. — № 94-5. — С. 145-148. — DOI 10.18411/trnio-02-2023-272. — EDN CNEYR.
11. Тихонов, Н. Ф. Типы судовых двигателей Yanmar и их система смазки / Н. Ф. Тихонов, С. С. Сазанов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 81-2. — С. 113-115. — DOI 10.18411/trnio-01-2022-69. — EDN KZTGCM.
12. Тимофеев, В. Н. Обоснование выбора теплоносителя для систем жидкостного охлаждения судовых дизелей / В. Н. Тимофеев, О. А. Надеждина // Тенденции развития науки и образования. — 2023. — № 100-5. — С. 48-52. — DOI 10.18411/trnio-08-2023-228. — EDN JQHAEO.

**Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А., Гусев С.С.**  
**Технологический процесс ремонта деталей двигателя**

*РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева  
(Россия, Москва)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-285*

**Аннотация**

При достижении определённой величины износа шеек, вал необходимо восстанавливать. Восстановления коленчатых валов представляет актуальную и не до конца решённую задачу ремонтного производства. В статье приводится технологический процесс восстановления шеек коленчатого вала.

**Ключевые слова:** коленчатый вал; дефектация; технологический процесс; ремонт.

**Abstract**

When a certain amount of wear of the necks is reached, the shaft must be restored. The restoration of crankshafts is an urgent and not fully solved task of repair production. The article describes the technological process of restoring the crankshaft necks.

**Keywords:** crankshaft; defect; technological process; repair.

У поступающих в ремонт коленчатых валов при дефектации обнаруживается множество различных дефектов, но при этом до 95 % всех дефектов валов приходится на коренные и шатунные шейки. Поэтому решение вопроса о ремонте шеек коленчатых валов представляет собой наиболее важную задачу. В качестве изделия представителя выбран коленчатый вал (деталь № 511-1005015-20) двигателя ЗМЗ-511 грузового автомобиля ГАЗ-3307, так как ему присущи все вышеперечисленные закономерности. При разработке технологического процесса его ремонта необходимо учитывать оснащение данного предприятия и его технологические возможности.

Коленчатые валы, поступающие в ремонт, подвергаются мойке и дефектации. В процессе дефектации происходит выбраковка валов не подлежащих ремонту. Выбраковочным признаком служит наличие на шейках коленчатого вала кольцевых трещин или трещин

выходящих на галтели. Валы, не исчерпавшие свой ресурс и, соответственно, годные к ремонту перешлифовываются на один из шести ремонтных размеров. При этом необходимо отметить, что валы изношенные сверх ремонтных размеров восстанавливаются плазменной наплавкой. Общая схема ремонта коленчатого вала 511-1005015-20 приведена на рисунке 1. Правка вала и его последующая токарная обработка, являются взаимосвязанными операциями, то есть, если нет необходимости в правке вала и его не правят, то и нет необходимости в исправлении центровых фасок. Соответственно токарная обработка не проводится. Годные к ремонту валы подвергаются перешлифовке под один из ремонтных размеров. Сначала шлифуются коренные шейки, затем шатунные. Для финишной обработки шеек коленчатого вала обычно применяется полировка, с помощью которой достигается требуемая шероховатость поверхности. В данном случае полировку заменяет алмазное выглаживание, при помощи которого достигается не только требуемая чистота обработки поверхности шеек, но и значительное упрочнение их поверхностного слоя. Сначала упрочняются коренные шейки, затем шатунные. После упрочнения производится мойка коленчатого вала, при которой удаляются продукты обработки вала, такие как стружка, масло, частицы абразива и тому подобное. Завершающей операцией является контроль качества проведённого ремонта коленчатого вала.



Рисунок 1. Схема ремонта коленчатого вала.

Технологический процесс ремонта коленчатого вала методом обработки под ремонтный размер включает в себя следующие операции:

005 Очистная:	010 Дефектовочная:	015 Правочная:
020 Токарная:	025 Наплавочная:	030 Наплавочная:
035 Шлифовальная:	040 Шлифовальная:	045 Упрочнение
050 Упрочнение:	055 Очистная:	060 Контрольная

Выбор режимов и расчет норм времени выполнения операции

#### 005 Очистная

Содержание: загрузить коленчатый вал в контейнер моечной установки, очистить поверхность коленчатого вала от загрязнений. Оборудование: установка моечная ОМ-14266-ГОСНИТИ. Материалы и режимы: 1 % раствор каустической соды  $t = 90^{\circ}\text{C}$ , водяной пар  $t = 120...130^{\circ}\text{C}$

Нормирование: Технологическая норма времени на операцию определяется по формуле:

$$T_n = T_o + T_{всп} + T_{доп} + (T_{пз}/n), \quad (1)$$

где  $T_n$  – норма времени, мин;  $T_{всп}$  – вспомогательное время, мин;

$T_o$  – основное время, мин;  $T_{доп}$  – дополнительное время, мин;

$T_{пз}$  – подготовительно – заключительное время, мин;  $n$  – количество деталей в партии,

шт.

Штучное время на операцию составляет сумма основного, вспомогательного и дополнительного времени /22/, т.е.:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{доп} \quad (2)$$

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время, т.е.

$$T_{оп} = T_o + T_{всп}, (3)$$

Дополнительное время определим из выражения:

$$T_{доп} = (T_{оп} * K) / 100 (4)$$

где  $K$  – процентное отношение дополнительного времени к оперативному,  
 $K = 15$ .

$$T_o = 20 \text{ мин. } T_{всп} = 3,2 \text{ мин. } T_{доп} = ((20 + 3,2) \cdot 15) / 100 = 3,5 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 20 + 3,2 + 3,5 = 26,7 \text{ мин. } T_{пз} = 5 \text{ мин. } T_n = 26,7 + 5 = 31,7 \text{ мин.}$$

**010 Дефектовочная:** Содержание: установить вал в призмы, проверить наличие дефектов, при наличии на поверхности вала трещин вал браковать. Оборудование: стол для дефектации деталей ОРГ-1468-099А-ГОСНИТИ, магнитный дефектоскоп М217. Приспособление, оснастка, инструмент: призмы П-2-1 ГОСТ-5641-86, секундомер, лупа 6-ти кратного увеличения, выводные контакты, штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-90.

Материал: суспензия магнитная, состав: 25...30 г  $Fe_2O_3$ , 1 л керосина ГОСТ 18499-83. Режимы:  $U=15 \text{ В, } I=150 \text{ А}$ .

$$\text{Нормирование: } T_{шт} = 5 \text{ мин. } T_{пз} = 3,4 \text{ мин. } T_n = 8,4 \text{ мин.}$$

**015 Правочная:** Содержание: при наличии биения 4-й коренной шейки более 0,20 мм править вал. Установить вал на призмы прессы, выправить вал до биения не более 0,20 мм. Оборудование: пресс гидравлический ОКС-1671 М. Приспособление, оснастка, инструмент: призмы для правки 70-7304-1006, стойка индикаторная 70-8731-105А, индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88.

$$\text{Нормирование: } T_{шт} = 5,6 \text{ мин. } T_{пз} = 6 \text{ мин. } T_n = 5,6 + 6 = 11,6 \text{ мин.}$$

**020 Токарная:** Содержание: установить вал на токарном станке и исправить центровые фаски. Оборудование: станок токарно-винторезный 1М63. Приспособление, оснастка, инструмент: резец расточной Т15К6, штатив Ш-ПН-8 ГОСТ 10197-85, индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88. Режимы: частота вращения вала  $n = 160 \text{ мин}^{-1}$ , подача ручная.

$$\text{Нормирование: } T_{шт} = 2,5 \text{ мин. } T_{пз} = 11 \text{ мин. } T_n = 2,5 + 11 = 13,5 \text{ мин.}$$

**025 Наплавочная:** Режимы плазменного напыления взятые на основе опытных данных специализированных предприятий лабораторий плазменного напыления ВНИИТУВИД «Ремдеталь».

*Режимы наплавки.* Сила сварочного тока - 200... 210 А. Напряжение дуги - 30.. 35 В. Скорость наплавки 0,12...0,15 м/мин Ток на деталь- 140... 150 А

Колебатель - 1 Гц. Амплитуда - 7 мм.

*Расход:* Защитного газа аргона - 5.. .6 л/мин. Плазмообразующего газа аргона - 1,5.. .2 л/мин. Транспортирующего газа аргона - 2,5.. .3 л/мин. Штучное время - 25,5 минуты Разряд работ - 4.

**030 Наплавочная:** Операцию производят.

*Режимы наплавки:* Сила сварочного тока - 200... 210 А. Напряжение дуги - 30...35 В. Скорость наплавки 0,12...0,15 м/мин. Ток на деталь- 140... 150 А Колебатель - 1 Гц. Амплитуда - 7 мм

*Расход:* Защитного газа аргона - 5.. .6 л/мин. Плазмообразующего газа аргона - 1,5.. .2 л/мин. Транспортирующего газа аргона - 2,5.. .3 л/мин. Воды-4...5 л/мин. Штучное время - 36,6 минуты. Разряд работ - 4.

**035 Шлифовальная:** Содержание: закрепить вал в центросместители, шлифовать поверхности коренных шеек до одного из ремонтных размеров в соответствии с таблицей 3.3, в последовательности 1-2-3-4-5. Оборудование: станок круглошлифовальный 3А423. Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, круг шлифовальный ПП 750-305-30 Э46 СМ<sub>2</sub>-СК ГОСТ 2424-82, индикатор часового типа ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88, микрометр МК 75-2 ГОСТ 6507-88, фартук ГОСТ 12.4.029-86, очки защитные. Материалы: раствор содомыльный 5%.



Режимы: выбор и расчёт режимов работы станка осуществляется по его паспортным данным. 1) глубина шлифования 0,1 мм; 2) скорость вращения 20 м/мин; 3) поперечная подача  $S_{\text{попер}}=0,005$  мм/об; 4) продольная подача при  $\beta=0,2$  и  $V_k=30$  мм

$$S_{\text{пр}} = \beta \cdot V_k, \text{ мм/об (5)}$$

$$S_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ мм/об;}$$

1) число проходов:

$$i = (D_n - D) / (2 \cdot S_{\text{попер}}), \text{ (6)}$$

где  $D_n$  – необработанный диаметр, мм;  $D$  – обработанный диаметр, мм;

$$i = 0,1 / (2 \cdot 0,005) = 10$$

2) число оборотов:

$$n = 318 \cdot V_{\text{ок}} / D, \text{ (7)}$$

$$n = 318 \cdot 20 / 69 = 92 \text{ об}$$

Нормирование:

$$T_o = T_o' \cdot n, \text{ (8)}$$

где  $T_o'$  – основное время на обработку одной шейки, мин;

$n$  – число обрабатываемых шеек.

$$T_o = 1,3 \cdot 5 = 6,5 \text{ мин, } T_{\text{всп}} = 12 \text{ мин. } T_{\text{оп}} = 12 + 6,5 = 18,5 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,09 \cdot 18,5 = 1,7 \text{ мин, } T_{\text{пз}} = 6 \text{ мин, } T_{\text{шт}} = 6,5 + 12 + 1,7 = 20,2 \text{ мин,}$$

$$T_n = 20,2 + 6 = 26,2 \text{ мин}$$

**040 Шлифовальная:** Содержание: закрепить вал в центросместители, шлифовать поверхности шатунных шеек до одного из ремонтных размеров в соответствии с таблицей 3.3, в последовательности 2-3, 1-4. Оборудование: станок круглошлифовальный 3А423. Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, круг шлифовальный ПП 750-305-30 Э46 СМ2-СК ГОСТ 2424-82, индикатор часового типа ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88, микрометр МК 75-2 ГОСТ 6507-88, фартук ГОСТ 12.4.029-86, очки защитные.

Режимы: выбор и расчёт режимов работы станка осуществляется по его паспортным данным.

1) глубина шлифования 0,1 мм;

2) скорость вращения 20 м/мин;

3) поперечная подача  $S_{\text{попер}} = 0,005$  мм/об;

4) продольная подача при  $\beta = 0,2$  и  $V_k = 30$  мм по формуле(5)

$$S_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ мм/об;}$$

5) число проходов по формуле (6)  $i = 0,1 / (2 \cdot 0,005) = 10$ .

6) число оборотов по формуле (7)  $n = 318 \cdot 20 / 59 = 108 \text{ об}$

Нормирование:  $T_o = 2,7 \cdot 4 = 10,8$  мин.  $T_{\text{всп}} = 13,5$  мин.

$T_{\text{оп}} = 10,8 + 13,5 = 24,3$  мин,  $T_{\text{доп}} = 0,09 \cdot 24,3 = 2,2$  мин.

$T_{\text{пз}} = 6$  мин.  $T_{\text{шт}} = 10,8 + 2,2 + 13,5 = 26,5$  мин

$T_n = 26,5 + 6 = 32,5$  мин

**045 Упрочнение:** Содержание: установить коленчатый вал в центросместители, произвести упрочнение поверхности коренных шеек вала алмазным выглаживанием в последовательности 1-2-3-4-5. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20. Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, двухалмазное копирное устройство для выглаживания собственного изготовления.

Режимы: Радиус алмаза 1,5 мм. Подача 0,04 мм/об.

Сила выглаживания 140 Н. Скорость выглаживания 100 м/мин.

Обработка выполняется за один проход

Нормирование:  $T_o = 1,7$  мин (на одну шейку).  $T_o = 5 \cdot 1,7 = 8,5$  мин.

$T_{\text{всп}} = 8$  мин.  $T_{\text{оп}} = 8,5 + 8 = 16,5$  мин,  $T_{\text{доп}} = 16,5 \cdot 0,09 = 1,5$  мин

$T_{\text{шт}} = 8,5 + 8 + 1,5 = 18$  мин.  $T_{\text{пз}} = 12$  мин.  $T_n = 18 + 12 = 30$  мин

**050 Упрочнение**

Содержание: установить коленчатый вал в центросместители, произвести упрочнение поверхности шатунных шеек вала алмазным выглаживанием в последовательности 2-3, 1-4. Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, двухалмазное копирное устройство для выглаживания собственного изготовления.

Режимы: Радиус алмаза 1,5 мм. Подача 0,04 мм/об.

Сила выглаживания 140 Н. Скорость выглаживания 100 м/мин

Обработка выполняется за один проход

Нормирование:  $T_o = 2,5$  мин (на одну шейку)  $T_o = 4 \cdot 2,5 = 10$  мин.

$T_{всп} = 8$  мин.  $T_{оп} = 10 + 8 = 18$  мин.  $T_{доп} = 18 \cdot 0,09 = 1,6$  мин.

$T_{шт} = 10 + 8 + 1,6 = 19,6$  мин.  $T_{пз} = 12$  мин.  $T_n = 19,6 + 12 = 31,6$  мин.

055 Очистная: Выполняется аналогично операции 005.

060 Контрольная: Содержание: произвести комплексный контроль коленчатого вала: контроль геометрических параметров шеек, формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхности шеек, их твердости. Оборудование: стол для дефектации деталей ОРГ-1468-099А-ГОСНИТИ. Приспособление, оснастка, инструмент: скобы СР 15-100, СР 100-125; индикатор часового типа ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88; лупа 6-ти кратного увеличения; микрометр МК 75-2 ГОСТ 6507-88; образцы шероховатостей ГОСТ 9378-85; твердомер ТК-2М ГОСТ 23677-89.

Нормирование:  $T_{шт} = 2$  мин.  $T_{пз} = 1$  мин.  $T_n = 2 + 1 = 3$  мин.

Норма времени на весь технологический процесс ремонта коленчатого вала 511-1005015-20 двигателя ЗМЗ-511, мин

$$T_n = \sum T_n, (9)$$

где  $\sum T_n$ - сумма норм времени на выполнение каждой операции технологического процесса

$$T_n = 31,7 + 8,4 + 11,6 + 13,5 + 26,2 + 32,5 + 30 + 31,6 + 31,7 + 3 = 220,2 \text{ мин} = 3,7 \text{ ч}$$

Таким образом, в данном разделе рассмотрена наиболее приемлемая схема технологического процесса ремонта коренных и шатунных шеек коленчатого вала двигателя ЗМЗ-511, рассмотрена каждая операция этого технологического процесса. Представлены содержания этих операций, применяемое оборудование, приспособления и инструмент, выбранные по данной технологии ремонта. Также в рассмотренном выше разделе проведён расчет режимов и норм времени на каждую операцию технологического процесса, установлено, что норма времени на весь технологический процесс ремонта данной детали составляет 3,7 часа.

\*\*\*

1. Варнаков В.В., Стрельцов В.В., Попов В.Н., Карпенков В.Ф. Организация и технология технического сервиса машин: учебник. М.: «КолосС», 2007. 278 с.
2. Мочунова Н.А., Карапетян М.А. Вопросы оптимизации производственных процессов в ремонтном производстве сельскохозяйственного парка. / Международный технико-экономический журнал. -М.; 2017. № 6. 101-106с.
3. Рыбаков К.В., Дидманидзе О.Н. Автотранспортные процессы и системы: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям 311300 «Механизация сельского хозяйства» и 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство». М.: ООО «УМЦ Триада», 2004. 128 с.
4. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Определение трудоемкости диагностирования автомобилей // Естественные и технические науки. 2019. № 12 (138). С. 386-389.
5. Апатенко А.С. Влияние срока службы машин на их эксплуатационную надежность при выполнении мелиоративных работ // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 4-6.
6. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организаций. Доклады ТСХА: сборник статей. Вып. 291. Ч. II. М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2019. С. 317-322.
7. Тойгамбаев С.К. Повышение надежности изготовления резьбовых соединений. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 3 (59). С. 45-46.

8. В.А., Kerven С., Toigonbaev S. Sources of variation contributing to production and quality attributes of Kyrgyz cashmere in osh and naryn provinces: implications for industry development. Small Ruminant Research. 2009. Т. 84. № 1-3. С. 89-99.
9. Улюкина Е.А., Апатенко А.С., Гусев С.С., Андреев А.А.. Эксплуатационные материалы./ Практикум. Москва, 2022. 188с.

**Шамкаева А.Р.**

**Анализ основных принципов, подходов и компонентов обеспечения безопасности системы охраны труда**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-286*

**Аннотация**

Охрана труда является критическим аспектом для обеспечения безопасной и здоровой рабочей среды. Целью статьи является анализ основных принципов, подходов и компонентов СУОТ, а также рассмотрение их роли в повышении производственной эффективности и снижении рисков для работников.

**Ключевые слова:** охрана труда, система управления, безопасность, здоровье, производственная эффективность, риски, законодательство, комплаенс, обучение.

**Abstract**

Occupational safety and health is a critical aspect to ensure a safe and healthy working environment. The purpose of the article is to analyze the basic principles, approaches and components of the QMS, as well as to consider their role in improving production efficiency and reducing risks for employees.

**Keywords:** labor protection, management system, safety, health, production efficiency, risks, legislation, compliance, training.

Охрана труда является неотъемлемой частью устойчивого развития любой организации. Система управления охраной труда (СУОТ) представляет собой комплексный подход к обеспечению безопасной и здоровой рабочей среды для всех работников. Важность СУОТ заключается в предотвращении несчастных случаев на производстве, снижении заболеваемости, повышении производственной эффективности и содействии социальной ответственности предприятия. Основные принципы СУОТ:

Предвидение- этот принцип подразумевает предотвращение возникновения опасностей и рисков для здоровья и безопасности на рабочем месте. Путем анализа производственных процессов и идентификации потенциальных опасностей можно предвидеть и предупредить возможные несчастные случаи и профессиональные заболевания.

Система управления охраной труда должна быть активной и реагировать на изменения в рабочей среде и производственных процессах. Регулярное обновление и улучшение процедур и политик позволяет минимизировать риски и обеспечить надежную защиту работников.

Вовлечение работников в процесс управления охраной труда является фундаментальным аспектом успешной СУОТ. Работники, которые принимают участие в разработке и применении мер по охране труда, более ответственны и преданы соблюдению правил и норм безопасности.

Компоненты СУОТ:

1. Политика охраны труда: Это основной документ, определяющий цели, задачи и обязательства организации в области охраны труда. Он является отправной точкой для разработки всех остальных компонентов СУОТ и должен быть доступным для всех работников.

2. Определение рисков и оценка опасностей: Определение и оценка рисков является ключевым этапом в СУОТ. Это включает анализ рабочих процессов, оценку опасностей, а также определение мер по снижению рисков и защите работников.
3. Обучение и подготовка: Работники должны быть хорошо обучены в области охраны труда и знать процедуры безопасной работы. Обучение должно быть систематическим и регулярно обновляемым, чтобы отвечать изменениям в рабочей среде и законодательстве.
4. Исполнение и контроль: Определенные меры должны быть предприняты для реализации политики охраны труда. Контроль и аудит позволяют убедиться, что все меры безопасности соблюдаются и выполняются эффективно.

Система управления охраной труда является необходимой составляющей ответственного и эффективного управления любой организацией. Правильная реализация СУОТ позволяет снизить риски производственных аварий и заболеваний, снижает простои и потери, а также улучшает качество рабочей среды и условия труда. Кроме того, эффективная СУОТ содействует улучшению имиджа предприятия, повышает удовлетворенность и мотивацию персонала и способствует достижению более высоких стандартов социальной ответственности организации.

Система управления охраной труда является жизненно важным аспектом управления организацией. Теоретические аспекты СУОТ предоставляют основу для разработки и реализации соответствующих мер и политик, которые обеспечивают безопасную и здоровую рабочую среду. Основываясь на принципах проактивности, предвидения и участия работников, организации могут достичь высоких стандартов охраны труда, что положительно сказывается на их успехе и стабильности в долгосрочной перспективе.

Одной из важнейших задач страны является обеспечение безопасных условий труда в соответствии с законодательством в области охраны труда. До сих пор существовала проблема неудовлетворенности персонала условиями труда, которая все чаще приводила к тому, что многие сотрудники были вынуждены менять свои рабочие места. Из-за потери сотрудников возникают негативные последствия для организации, проявляющиеся в виде увеличения издержек производства, снижения прибыли производителя, нарушений трудовой дисциплины и т.д. Установленные условия труда, в соответствии с требованиями законодательства, благоприятно влияют на состояние работников и защищают организм от опасностей и/или вредных факторов производственной среды, которые положительно влияют на их ритм.

Поэтому при внедрении системы охраны труда в первую очередь необходимо сформировать комплекс мер, направленных на сохранение здоровья и жизни работающих людей. Особенностью системы охраны труда является то, что она является частью общей системы управления организацией и обеспечивает управление рисками в области охраны труда и здоровья работников.

Управление системой безопасности - это подсистема, созданная в рамках единой интегрированной системы управления в организации, которая позволяет значительно снизить экономические потери, вызванные несчастными случаями на производстве, отказами оборудования и профессиональными заболеваниями сотрудников. Кроме того, функционирование системы охраны труда может быть рассмотрено в комплексной структуре нормативных правовых актов организации, а также регистрации соответствующих документов, и действия и операции фиксируются в: правилах поведения, журналах, бухгалтерских документах, мерах организационного управления. Эта формализация может сопровождаться возложением обязанностей по охране труда на должностных лиц и проведением процедур обучения, включая планирование и реализацию мер, важных для улучшения охраны труда и техники безопасности.

Благодаря внедрению соответствующих инструкций, проверке знаний сотрудников, непрерывному обучению и повышению квалификации по технике безопасности и охране труда

сотрудников был достигнут систематический контроль за соблюдением требований охраны труда.

При приеме на работу определенные категории сотрудников проходят регулярные и предварительные медицинские осмотры, главным образом на предмет их состояния здоровья, психологических и физических требований. В процессе изготовления производственного оборудования соблюдайте требования охраны труда, технические требования и технику безопасности. Оборудование повышенной опасности должно проходить регулярные технические осмотры, инспекции и диагностику.

Одной из национальных гарантий нашей страны является предоставление компенсаций и льгот работникам, работающим во вредных и/или опасных условиях труда. Прежде всего, это связано с предоставлением дополнительных отпусков и сокращением продолжительности рабочего времени при вредных и/или опасных условиях труда, а также установлением дополнительных выплат к должностным окладам и тарифным ставкам

Как и любая другая система, охрана труда имеет свои преимущества и недостатки. Мы обнаружили, что единые требования системы управления охраной труда могут предотвратить дискриминацию в отношении определенных категорий работников. Таким образом, управление системой помогает четко разграничить обязанности менеджеров и наладить быструю и точную передачу информации. Это относится к основным преимуществам системы управления охраной труда. Что касается недостатков системы, то к этим недостаткам относятся те моменты, когда производственные потребности часто ставятся выше потребностей отдельных лиц, вовлеченных в производство. Руководство обязано обеспечивать соответствие и оптимальную работу систем охраны труда и производственных комплексов в соответствии с нормативными требованиями деятельности по охране труда. Следует отметить, что все необходимые процедуры для обеспечения успешной работы системы охраны труда должны проводиться с участием всего трудового персонала предприятия.

\*\*\*

1. Горбатенко, А. И. Бригадная форма оплаты труда / А. И. Горбатенко, Д. В. Василенко, И. А. Хронова // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2016. – № 13. – С. 237-251.
2. Хронова, И. А. Проблемы применения профессиональных стандартов в Российской Федерации / И. А. Хронова // Вопросы российского и международного права. – 2020. – Т. 10. – № 1-1. – С. 395-403. – DOI 10.34670/AR.2020.92.1.048.

**Шамкаева А.Р.**

**Основы безопасности объектов опасно-химической промышленности**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-287*

#### **Аннотация**

Химически-опасные объекты представляют значительные угрозы для окружающей среды, здоровья людей и имущества. Целью статьи является рассмотрение основных проблем и рисков, с которыми сталкиваются химические объекты, а также предоставление рекомендаций и подходов для эффективного управления и минимизации возможных опасностей.

**Ключевые слова:** безопасность, химически-опасные объекты, риски, управление, окружающая среда, здоровье, промышленность, предотвращение, аварии, защитное оборудование.

#### **Abstract**

Chemically hazardous objects pose significant threats to the environment, human health and property. The purpose of the article is to consider the main problems and risks faced by chemical

facilities, as well as to provide recommendations and approaches for effective management and minimization of possible hazards.

**Keywords:** safety, chemically hazardous facilities, risks, management, environment, health, industry, prevention, accidents, protective equipment.

В наше время, промышленность играет важную роль в развитии экономики, обеспечивая производство различных товаров и услуг. Однако существует определенный класс промышленных объектов, которые связаны с химическими веществами, представляющими потенциальные угрозы для человека и окружающей среды. Эти объекты включают химические заводы, склады, нефтеперерабатывающие предприятия, а также другие объекты, где хранятся, производятся или транспортируются опасные химические вещества.

Ключевым аспектом обеспечения безопасности на химически-опасных объектах является предотвращение возникновения аварий и минимизация последствий, если такие аварии все же произойдут. Основные риски, связанные с такими объектами, включают взрывы, отравления, пожары, выбросы опасных веществ и контаминацию окружающей среды. Поэтому разработка и реализация эффективных систем безопасности должны быть приоритетом для всех химических предприятий и организаций, работающих с опасными веществами.

Одним из ключевых элементов безопасности на химически-опасных объектах является строгое соблюдение всех правил и нормативов, установленных соответствующими органами и стандартами. Организации, занимающиеся химической промышленностью, должны иметь четкие процедуры и инструкции для обучения персонала, регулярных инспекций, обслуживания и ремонта оборудования.

Проактивное обнаружение и предотвращение потенциальных опасных ситуаций также крайне важно. Использование современных технологий, таких как системы автоматического контроля и мониторинга, позволяет рано выявлять отклонения и предпринимать необходимые меры в случае угрозы безопасности.

Однако даже с самыми передовыми технологиями существует вероятность возникновения аварий. Поэтому применение защитного оборудования, такого как противопожарные системы, системы газоанализа, средства индивидуальной защиты и системы аварийной эвакуации, является обязательным условием для минимизации рисков.

Безопасность на химически-опасных объектах также тесно связана с разработкой и применением современных экологических стандартов. Снижение воздействия производства на окружающую среду и учет экологических аспектов в планировании и управлении химическими предприятиями помогает сократить риск загрязнения окружающей среды и сохранить биоразнообразие.

Обеспечение безопасности на химически-опасных объектах является сложным, но критически важным процессом. Это требует комплексного подхода, включающего обучение персонала, использование передовых технологий, строгое соблюдение нормативов и разработку экологически ответственных методов работы. Только таким образом можно обеспечить безопасность не только для персонала и окружающей среды, но и для общества в целом. Следует сказать, что принято проводить различие между такими понятиями, как экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Этот тип основан на разнице во времени и масштабе действия вероятностных угроз. Например, опасности первой группы проявляются в результате непрерывного действия соединений, выделяющихся в ходе технических процессов, и газовых выбросов. В то же время опасность, вызванная аварией, сначала вызовет так называемую пиковую нагрузку. Поэтому при создании системы безопасности, обусловленной хозяйственной деятельностью химически опасных объектов, необходимо учитывать обе стороны этого вопроса. Поэтому особый интерес к обеспечению безопасности таких опасных объектов в первую очередь связан с высоким риском загрязнения окружающей среды, вызванного выбросами в результате промышленной деятельности, что, в

свою очередь, не может не сказаться на здоровье людей. Например, за очень короткий промежуток времени в мире произошли крупнейшие аварии, такие как Чернобыльская АЭС и АЭС "Фукусима-1", а также аварии, связанные с производством топлива в Японии, химически опасные объекты в Бхопале (Индия) и (Швейцария), крупные промышленные катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС. -Шушенская гидроэлектростанция в Сибири, Ульяновский рудник в Кемеровской области и др. Последствия всех этих крупных аварий проявляются в виде человеческих жертв, материального ущерба и катастрофического загрязнения окружающей среды. Как мы все знаем, сегодня существует несколько способов классификации источников опасности и аналогичных целей безопасности: в области безопасности, в объекте безопасности, в субъекте безопасности и некоторые другие методы. Классификация, предложенная Легасовым, обычно выделяет семь аспектов безопасности, которые охватывают абсолютно все сферы человеческой деятельности

Таблица 1

<i>Аспекты безопасности.</i>	
<i>Объекты и сферы безопасности</i>	<i>Уровни и формы безопасности</i>
<i>Человек</i>	
<i>Индивидуум Социальные группы Нация (общество) Регион Мировое общество</i>	<i>Индивидуальный Социальный Национальный Международный (региональный) Глобальный</i>
<i>Окружающая среда</i>	
<i>Экосистемы Особи и виды Почва, водосборные бассейны Природные ресурсы - возобновляемые; - невозобновляемые; Геологические структуры</i>	<i>Экологический Биологический Географический Ресурсный</i>
<i>Экономика и техносфера</i>	
<i>Экономика Народонаселение Технические системы и сооружения Сельское хозяйство</i>	<i>Экономический Демографический Технический Сельскохозяйственный</i>

Следует отметить, что план основан на трех основных целях и областях безопасности: люди, окружающая среда, технологический круг и экономика (таблица 2) Можно видеть, что в процессе эксплуатации промышленных предприятий отсутствуют различные опасности для населения и окружающей среды, что эквивалентно принятию "нулевого" риска в качестве цели безопасности, что соответствует концепции "абсолютной" безопасности.



Таблица 2

<i>Основные объекты и зоны безопасности.</i>	
<i>Объекты и сферы безопасности</i>	<i>Уровни и формы безопасности</i>
<i>Человек</i>	
<i>Индивидуум Социальные группы Нация (общество) Регион Мировое общество</i>	<i>Индивидуальный Социальный Национальный Международный (региональный) Глобальный</i>
<i>Окружающая среда</i>	
<i>Экосистемы Особии и виды Почва, водосборные бассейны Природные ресурсы - возобновляемые; - невозобновляемые; Геологические структуры</i>	<i>Экологический Биологический Географический Ресурсный</i>
<i>Экономика и техносфера</i>	
<i>Экономик а Народонаселение Технические системы и сооружения Сельское хозяйство</i>	<i>Экономический Демографический Технический Сельскохозяйственный</i>

Следовательно, для создания условий безопасности населения и окружающей среды в рамках производственной деятельности необходим инженерный метод решения проблемы обеспечения промышленной безопасности, то есть создания технологий безопасности. Следовательно, в каждом промышленном секторе должно быть свое собственное определение безопасности, и его обеспечением должен заниматься департамент, ответственный за проектирование, строительство и эксплуатацию объектов. Именно такое отношение в нашей стране и за рубежом до определенного периода времени не позволяло нам достичь определенного уровня безопасности в промышленности. Однако люди понимают, что достичь главной цели - обеспечить "абсолютную" безопасность - невозможно, а только близко к ней. В основном это связано с недавним увеличением числа аварий в атомной энергетике и на других потенциально опасных объектах.

Следовательно, исследуемый вопрос требует нового подхода, учитывающего инженерные, экономические, социальные факторы и общие ценности при выяснении последствий решений, принимаемых в условиях ограниченности всех видов ресурсов. Следует отметить, что эта концепция нуждается в пересмотре и усилении "Системы и элементы безопасности" об

Таким образом, основные аспекты организации производства в области химической технологии для использования или производства опасных химических веществ были изучены

только в той части, которая касается безопасности человека. Что касается воздействия этих объектов на окружающую среду, то все это находится на ранних стадиях.

\*\*\*

1. Alkhadhar S., Alroqi A., Basunbul M., Al-Mansour F., Al-Zahrani A., Al-Blehed M. (2018). Hazard identification and risk assessment for oil and gas industry in Saudi Arabia. *Process Safety Progress*, 37(3), 274-280.
  2. Huang H., Wu C. (2019). Analysis of Chemical Accidents in China (2006-2015). *Process Safety Progress*, 38(3), e12008.
-

## РАЗДЕЛ XXV. ФИЗИКА

Кошман В.С.

**Космология: факты истории, законы физики и замкнутая система «наша Вселенная – окружающая космическая среда»**

*Пермский государственный аграрно – технологический университет  
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-288

### Аннотация

В данной работе в согласии с первым и вторым началами термодинамики, а также законами излучения абсолютно черного тела рассматривается космологическая модель расширяющейся с охлаждением Вселенной. Учитывается энергетический вклад окружающей Вселенную космической среды в формирование реликтового излучения.

**Ключевые слова:** реликтовое излучение, модель Вселенной, законы термодинамики, законы абсолютно черного тела, планковские величины.

### Abstract

In this paper, in accordance with the first and second principles of thermodynamics, as well as the laws of blackbody radiation, a cosmological model of the Universe expanding with cooling is considered. The energy contribution of the cosmic environment surrounding the Universe to the formation of relic radiation is taken into account.

**Keywords:** relic radiation, model of the universe, laws of thermodynamics, laws of a black body, Planck quantities.

В литературе космология порой подразделяется на наблюдательную, математическую и физическую космологии. В наблюдениях установлено красное смещение, которое интерпретируется [1, 5, 6, 8 и др.] как разбегание далеких галактик - расширение Вселенной, а также реликтовое излучение. В основе математической космологии лежит общая теория относительности (ОТО) А. Эйнштейна, методом которой А.А. Фридман (1922 г.) показал, что Вселенная не стационарна, то есть имеет историю. Согласно работе [9], в физической космологии Г.А. Гамов дополнил геометрию и динамику Фридмана идеями ядерной физики и термодинамики и на этой основе предсказал «горячее» начало Вселенной, реликтового излучения, его температуру. Резервы термодинамики, пожалуй, далеко не исчерпаны.

Можно ли как – то осветить физическую сторону вопроса роста массы Вселенной от малой у истока расширения до современной космологически огромной величины? Что можно считать источником столь необходимой для становления нашей Вселенной колоссальной энергии? При поисках ответов на поставленные вопросы выходим за контуры уже сложившихся в космологии представлений о движении материи и мира, в котором мы живем, но следуем традиции инженеров – термодинамиков. Как и ранее, в нынешней атмосфере физической науки желательны [5, с. 849] руководство данными экспериментов и углубление в фундамент физического поведения природы. Естественно ожидать, что Вселенная расширяется во внешнюю по отношению к ней космическую среду. До современной эпохи, в ранний (и весьма короткий по времени) период термоядерных реакций окружающая среда высвобождает доступную для Вселенной энергию. В результате взаимодействия сторон замкнутой системы «наша Вселенная – окружающая среда» Вселенная наполняется элементарными частицами. В замкнутых системах направленность спонтанных природных процессов предопределяется вторым началом термодинамики. Ниже приведем одно из возможных решений.

По данным прецизионных измерений, спектр реликтового излучения представляет собой спектр теплового излучения абсолютно черного тела. Его можно характеризовать

температурой излучения  $T$  согласно закону/уравнению Стефана – Больцмана для объемной плотности энергии излучения абсолютно черного тела  $u_\varepsilon$ :

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = a_B T^4. (1)$$

Здесь  $a_B$  – постоянная излучения, определяемая через постоянные Больцмана  $k_B$  и Планка  $h$ , а также скорость распространения света в вакууме  $c$  как  $a_B = \frac{8\pi^5 k_B^4}{15c^3 h^3}$  [1]. Автор [7, с. 8] характеризует фундаментальные физические постоянные выражением  $\infty^n$ , где отражает бесконечности богатства идей, которые рассеяны и по содержанию научных представлений, и по авторам, и по литературным источникам, и по охватываемым временным интервалам и т. п. Мы ставим цель предпринять попытку разглядеть перспективу путем учета результатов многих замечательных экспериментов, которые заложены в основание основных физических законов, значимы и в проекции на описание хода космологических событий.

Вселенная расширяется с охлаждением. По мере роста заселенного и реликтовыми фотонами объема Вселенной  $V$  температура излучения  $T$  падает. При погружении в прошлое объема газа фотонов  $V = V_a$  отвечают температура  $T_a$  и выражение  $u_{\varepsilon a} = \frac{U_{\varepsilon a}}{V_a} = a_B T_a^4$ . Делим первое из них на второе, получаем

$$\frac{u_\varepsilon}{u_{\varepsilon a}} = \frac{U_\varepsilon}{V} \frac{V_a}{U_{\varepsilon a}} = \left(\frac{T}{T_a}\right)^4. (2)$$

Очевидно, что чем глубже в прошлое Вселенной - при ее возрасте  $t_n = 13,7$  млрд лет - идет погружение, тем меньшими будут числовые значения безразмерных параметров  $\frac{T_n}{T_a}$  и  $\frac{u_{\varepsilon n}}{u_{\varepsilon a}}$ . Задаемся вопросом: до каких глубин целесообразно мысленное погружение в прошлое Вселенной? Полагаем, что записи закона физики (2) следует придать ее естественную форму

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^4 (3)$$

поскольку в (1) постоянная излучения  $a_B$  отвечает связи

$$a_B = \frac{8\pi^5 k_B^4}{15c^3 h^3} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl} T_{pl}^4}, (4)$$

что позволяет выйти далеко за пределы лабораторного опыта. Важно, что описание «Вселенной в планковских единицах... позволяет вычлнить физический смысл задачи» [6, с. 75]. В нашем случае в (3) и (4)  $U_{\varepsilon pl}$ ,  $V_{pl}$  и  $T_{pl}$  – соответственно планковские энергия, объем и температура, то есть известные размерные комбинации из  $c$ ,  $h$ ,  $k_B$  и гравитационной постоянной  $G_H$

Если следовать результату обобщения доступного опыта (1), то при описании эволюции Вселенной вне гипотезы «бесконечной» плотности на планковское время  $t_{pl} = 5,391 \cdot 10^{-44}$  с (до акта появления фотонов) за параметры состояния сгустка первичной материи следует принять планковские величины: длину  $L_{pl} = 1,616 \cdot 10^{-35}$  м, массу  $m_{pl} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{c^2} = 2,176 \cdot 10^{-8}$  кг, температуру  $T_{pl} = 1,416 \cdot 10^{32}$  градусов и т. д. Входящие в уравнение (3) переменные величины  $V$ ,  $T$  и  $U_\varepsilon$  изменяются в естественных пределах:

$$V_{pl} \leq V \leq V_n; (5)$$

$$T_{pl} \geq T \geq T_n; (6)$$

$$U_{\varepsilon pl} \leq U_\varepsilon \leq U_{\varepsilon 0} = U_{\varepsilon n}. (7)$$

Здесь подстрочный индекс “ $n$ ” соотносит параметры к нашей эпохе, а индекс “ $0$ ” отвечает окончанию термоядерных реакций. Зависимости объема  $V$  Вселенной, температуры реликтового излучения  $T$ , а также количества ныне реликтовых фотонов  $\mathcal{N}_\varepsilon$  от времени  $t$  схематично представлены на рисунке.

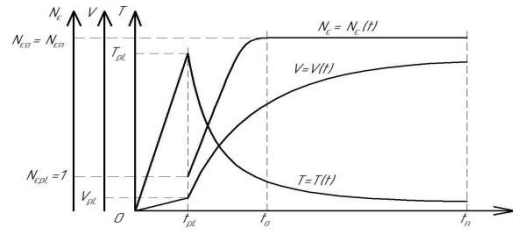


Рисунок 1. Примерный ход кривых  $V = V(t)$ ,  $T = T(t)$  и  $N_\epsilon = N_\epsilon(t)$

Если следовать закономерности (3), а также установленному И. Ньютоном закону тяготения  $F_{пр} = \frac{G_H \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$  в его записи вида

$$\frac{F_{пр}}{F_{pl}} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_{pl}^2} \left(\frac{L_{pl}}{r}\right)^2 \quad (8)$$

( $F_{пр}$  – сила притяжения,  $F_{pl}$  – планковская сила, равная  $F_{pl} = m_{pl} \frac{L_{pl}}{t_{pl}^2} = 1,21 \cdot 10^{44} \text{Н}$ ,  $r$  – расстояние между каждой парой элементарных частиц с массами  $m_1$  и  $m_2$ ), то можно прийти к суждению: реликтовое излучение возникает сразу же вслед за планковским мгновением времени  $10^{-44}$ с. Факт наличия реликтового излучения на рисунке отмечен присутствием кривой  $N_\epsilon = N_\epsilon(t)$ . Возникая в результате ранних термоядерных реакций, реликтовое излучение не исчезает, растет по массе до определенной величины, охлаждается по мере расширения Вселенной и остывшее до криогенной температуры регистрируется аппаратно. За время космологического расширения температура Вселенной понизилась более чем в  $10^{30}$  раз.

На планковское время  $10^{-44}$  с фотонное излучение еще отсутствует, но уже завершена подготовка к глобальному каскаду термоядерных реакций. Уровни температуры в ранней Вселенной достаточны для ядерных процессов. Как отмечает Я.Б. Зельдович [2, с. 238], «выводы об ядерных реакциях при  $t = 1$  с и позже практически не зависят от предположений о более ранней стадии, о природе кварков и антинуклонов и о том, достигалась ли когда-нибудь плотность больше  $10^6 \text{ г/см}^3$  и температура выше  $10^{10}$  градусов. Уже при указанных условиях все процессы идут быстро...развитие событий не зависит от предположений о том, что было при  $t < 1$  с». Как видим, поскольку затронута неподтвержденная в опыте область элементарных частиц и космологии, речь идет о предположениях.

В природе каждый из физических процессов протекает как в пространстве, так и во времени. Во всех областях физических явлений в законах природы явно или не явно содержатся пространственные и временные величины. В формуле Планка для чернотельного спектра – это частота  $\nu$ , в законе Стефана – Больцмана – объем  $V$ , в законе всемирного тяготения – удаление  $r$ . Закономерности появления элементарных частиц в минуты, последовавшие за планковским временем  $10^{-44}$  с, не изучены, но природой представлен конкретный результат: расширяющаяся Вселенная суть дискретное набравшее массу макроскопическое тело. Уже в дозвездной материи, представленной фотонами, барионами, иными элементарными частицами, вещество притягивается сильнее к тем областям, где естественное природное течение обеспечивает его повышенную плотность. В целом же гравитация придает расширяющейся Вселенной сферическую форму.

В попытке пролить дополнительный свет на область, близкую к планковской, обратимся к уравнениям связи между параметрами  $n_\epsilon$ ,  $U_\epsilon$ ,  $N_\epsilon$ ,  $S_\epsilon$ ,  $p_\epsilon$ ,  $V$  и  $T$  абсолютно черного тела как реального фрагмента материи Вселенной.

Если следовать уравнениям (3) и  $u_\epsilon = U_\epsilon^{(1)} n_\epsilon = U_\epsilon^{(1)} \frac{N_\epsilon}{V}$ , то при энергии единичного фотона  $U_\epsilon^{(1)} = k_B T$  их количество во Вселенной

$$N_\epsilon = \frac{N_\epsilon}{N_{\epsilon pl}} = \frac{VT^3}{V_{pl} T_{pl}^3}, \quad (9)$$

где  $\mathcal{N}_{\text{епл}} = 1$ . С другой стороны, уравнение для энтропии газа фотонов  $S_{\varepsilon} = \frac{4a_{\text{Б}}}{3} T^3$  [10] с учетом космологической нагрузки мировых констант (4) и  $U_{\text{епл}} = k_{\text{Б}} T_{\text{пл}}$  (и в простейшем мысленном эксперименте [4]) принимает вид

$$S_{\varepsilon} = k_{\text{Б}} \frac{VT^3}{V_{\text{пл}} T_{\text{пл}}^3}. \quad (10)$$

Не сложно заметить, что

$$S_{\varepsilon} = k_{\text{Б}} \frac{\mathcal{N}_{\varepsilon}}{\mathcal{N}_{\text{епл}}}. \quad (11)$$

Расшифровывая закодированную в (11) фразу, отметим, что энтропия газа фотонов  $S_{\varepsilon}$  прямо пропорциональна количеству фотонов во Вселенной  $\mathcal{N}_{\varepsilon}$ . По ходу термоядерных реакций, то есть в естественном процессе роста численности элементарных частиц  $\mathcal{N}_{\varepsilon}$  энтропия газа фотонов  $S_{\varepsilon}$  возрастает, а в дальнейшем величина  $S_{\varepsilon}$  остается неизменной.

Поскольку в силу объективной закономерности энергия реликтового излучения  $U_{\text{ен}}$  превышает энергию Планка  $U_{\text{епл}}$  – см. (7), то в глубинном космологическом прошлом был природный материальный источник необходимого и достаточного количества энергии. В качестве такового естественно принять окружающую Вселенную космическую среду.

В поисках общности и логической непротиворечивости в естествознании установлено правило без каких – либо исключений: в замкнутых системах направленность самопроизвольных процессов предопределяется энтропией. Рассматриваем систему «наша Вселенная – окружающая ее среда». В период ядерных реакций высвобождаемая окружающей средой энергия ( $dE_{\varepsilon}$ ) переходит во внутреннюю энергию ( $dU_{\varepsilon}$ ) черного фотонного тела и в работу по его расширению в окружающую среду ( $p_{\varepsilon} dV$ ):

$$dE_{\varepsilon} = dU_{\varepsilon} + p_{\varepsilon} dV, \quad (12)$$

( $p_{\varepsilon}$  – давление газа фотонов). Из термодинамики известно, что количество энергии  $dE$ , получаемой системой извне, равно абсолютной температуре, умноженной на дифференциал энтропии  $dS$ , то есть  $dE = TdS$ . При расширении Вселенной приток энергии извне обеспечивает производство и ныне реликтовых фотонов. Для каждого из мгновений можно записать

$$\frac{dU_{\varepsilon} + p_{\varepsilon} dV}{T} = dS_{\varepsilon}. \quad (13)$$

На момент окончания термоядерных реакций  $t_0$  количество реликтовых фотонов  $\mathcal{N}_{\varepsilon}$  достигает своей в дальнейшем неизменной величины  $\mathcal{N}_{\varepsilon 0} = \text{const}$ . Для постоянной энтропии  $S_{\varepsilon 0} = \text{const}$  – см. (11) - ее дифференциал  $dS_{\varepsilon} = 0$ . На время расширения Вселенной  $t_0$  (при температуре  $T = T_0$ ) формирование реликтового излучения завершено. При  $dS_{\varepsilon} = 0$  из (13) получаем уравнение

$$dU_{\varepsilon} + p_{\varepsilon} dV = C_V dT + p_{\varepsilon} dV = 0, \quad (14)$$

где  $C_V$  – теплоемкость при постоянном объеме. Оно интегрируется [3, с. 63] к уравнению адиабаты  $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ , где для газа фотонов показатель адиабаты  $\gamma = 4/3$ . По данным работы [9], в 1953 году закономерность

$$TV^{1/3} = \text{const} \quad (15)$$

учтена Гамовым при теоретическом предсказании близкой к абсолютному нулю температуры реликтового излучения. Не сложно заметить, что уравнение адиабаты фотонного газа (15) родственно уравнению изоэнтропы газа фотонов

$$T^3 V = \mathcal{N}_{\varepsilon 0} V_{\text{пл}} T_{\text{пл}}^3 = \text{const}, \quad (16)$$

которое следует из (10) и (11) при условии  $\mathcal{N}_{\varepsilon 0} = \text{const}$ . Уравнения (15) и (16) указывают на адиабатное течение массива реликтовых фотонов, или, иными словами, на физический процесс, в котором к потоку газа фотонов не подводится и от потока не отводится теплота.

Определяя содержание энтропии, А. Эддингтон (1928 г.) полагал, что она появляется лишь только тогда, когда рассматриваются части в их связи. В записи второго начала термодинамики (13) величина дифференциала энтропии  $dS_{\varepsilon} \geq 0$  (здесь  $\geq$  означает «больше

либо равно»). При  $dS_\varepsilon > 0$  формирование реликтового излучения Вселенной требует подвода энергии извне, а при  $dS_\varepsilon = 0$  адиабатное расширение газа реликтовых фотонов сопровождается его охлаждением. В заключение - с целью выйти на числа - решим три задачи.

- а) Найти средний радиус  $R_0$  сферы Вселенной, считая, что период ядерных реакций завершился при температуре  $T_0 = 10^9$  К [1, 8]. Для «Вселенной с  $10^{80}$  барионами» [5, с. 611] число реликтовых фотонов принять равным  $\mathcal{N}_{\varepsilon 0} = 10^{90}$ .

*Решение.* Если формула (9) верна, то в первом приближении искомый радиус  $R_0 = \frac{\mathcal{N}_\varepsilon^{1/3} L_{pl} T_{pl}}{T_0} \approx \frac{(10^{90})^{1/3} 10^{-35} 10^{32}}{10^9} = 10^{18}$  м.

- б) Принимая функцию  $\frac{T}{T_{pl}} = \frac{1}{f^{1/4}} \left(\frac{t_{pl}}{t}\right)^{1/2}$  [4] за зависимость температуры фотонного излучения  $T$  от времени  $t$ , в согласии с уравнением связи (9) при  $f = 1$ , радиусе  $R_0 = 10^{18}$  м и числе реликтовых фотонов  $\mathcal{N}_{\varepsilon 0} = 10^{90}$  найти время окончания термоядерных реакций.

*Решение.* Здесь, как и ранее, ввиду неопределенности в числовых значениях исходных величин возможна лишь оценка порядка искомой величины. Получаем  $t_0 = \left(\frac{R_0}{L_{pl}}\right)^2 \frac{1}{f^{1/2}} \left(\frac{\mathcal{N}_{\varepsilon pl}}{\mathcal{N}_{\varepsilon 0}}\right)^{2/3} t_{pl} \approx \left(\frac{10^{18}}{10^{-35}}\right)^2 \left(\frac{1}{10^{90}}\right)^{2/3} 10^{-44} = 100$  с, что отвечает данным работы [2, с. 238].

- в) Измерения с борта космического аппарата СОВЕ показали, что температура микроволнового космического фона равна  $T_n = 2,725 \pm 0,002$  К (с доверительной вероятностью 95 %) [1, с. 132]. Найти количество реликтовых фотонов в 1 кубическом сантиметре пространства Вселенной.

*Решение.* В согласии с формулой (6) получаем  $\mathcal{N}_{\varepsilon n=1} = \frac{V_{n=1}}{\frac{4\pi}{3} L_{pl}^3} \left(\frac{T_n}{T_{pl}}\right)^3 = \frac{10^{-6}}{\frac{4\pi}{3} (1,616 \cdot 10^{-35})^3} \left(\frac{2,725}{1,416 \cdot 10^{32}}\right)^3 = 403$  фотона/см<sup>3</sup>. С. Вайнберг [там же] при  $T = 2,725$  К и числом значений дзета – функции Римана  $\zeta(3) = 1,202057\dots$  устанавливает величину  $n_{\gamma 0} = \int_0^\infty \frac{8\pi\nu^2 d\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1} = \frac{30\zeta(3)}{\pi^4} \frac{a_B T^3}{k_B} = 410$  фотонов/см<sup>3</sup>. Количество фотонов в единице объема Вселенной есть статистически закономерный результат ранних термоядерных реакций.

\*\*\*

1. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРОКОМ. 2013. - 608 с.
2. Зельдович Я.Б. «Горячая» модель Вселенной // Я.Б. Зельдович. Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная. М.: Наука. 1985. С.237 – 244.
3. Кириллин В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. М.: Издательский дом МЭИ. 2016. – 496 с.
4. Кошман В.С. Алгоритм и результат поиска уравнений космологической эволюции нашей Вселенной // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86 – 8. С. 113 – 119.
5. Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель / пер. с англ. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2007. – 912 с.
6. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: Едиториал УРСС. 2002. – 240 с.
7. Томилин К.А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2006. – 368 с.
8. Уилл К. Теория и эксперимент в гравитационной физике / пер. с англ. М.: Энергоатомиздат. 1985. – 288 с.
9. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // Успехи физических наук. 1994. Т. 264. № 8. С. 889 – 896.
10. Абсолютно черное тело – Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 2 сентября 2023).



**Кузина Н.А.****Новый лабораторный практикум по физике с применением информационных технологий***Казанский национальный исследовательский технологический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-289

**Аннотация**

Данная статья содержит теоретический материал, посвященный изучению курса общей физики студентов высшего учебного заведения на примере лабораторного практикума с применением информационных технологий в век глобализации и цифровизации. Эффективность внедрения лабораторного оборудования, созданного коллективом кафедры, позволяет повышать уровень знаний и умений студентов младших курсов.

**Ключевые слова:** лабораторная работа, информационные технологии, курс физики, вуз, студенты младших курсов.

**Abstract**

The article contains theoretical material devoted to the study of a general physics course for students of a higher educational institution on the example of a laboratory workshop, based on the application of information technologies in the age of globalization and digitalization. The effectiveness of the introduction of laboratory equipment created by the staff of the department makes it possible to increase the level of knowledge and skills of junior students.

**Keywords:** laboratory work, information technology, physics course, university, junior students.

В основе современного образования двадцать первого века лежат информатизация и цифровизация, которые требуют глобальной реконструкции и трансформации учебного процесса. Такие требования образования ведут к процессу изменения рабочих программ направлений подготовки студентов вузов. В связи с этим количество часов, отводимых студентам на выполнение лабораторного практикума, потребовало разработку новых лабораторных работ с применением информационных технологий. Особенно это касается студентов младших курсов – вчерашних школьников. Таким образом, на кафедре физики Казанского национального технологического университета, была продолжена разработка новых вариантов лабораторных работ по общему курсу физики с применением информационных и компьютерных технологий, которая уже в течение последних пяти лет внедрена в учебный процесс по всем частям читаемого студентам курса физики, включая элективные курсы по всем направлениям и специальностям.

Разработанные и внедренные в учебный практикум лабораторные работы с применением компьютерных и информационных технологий позволяют значительно повысить эффективность самостоятельной работы студентов младших курсов за счет выполнения ими тематических фронтальных работ, идущих на самостоятельное изучение параллельно с читаемым курсом лекций по физике в течение учебного семестра, и проводимых практических занятий по решению задач. Для достижения поставленных задач коллектив авторов разработал и внедрил в учебный процесс ряд лабораторных работ по разделу «Механика, молекулярная физика и термодинамика»:

1. Законы сохранения в механике. Упругие и неупругие соударения.
2. Закон Бойля-Мариотта.
3. Изучение стоячих волн.

Так, для изучения законов сохранения в механике было сконструировано лабораторное оборудование с применением персонального компьютера. Лабораторная работа «Проверка выполнения законов сохранения в механике» включает в себя несколько экспериментов,

проводимых с разными по диаметру и массе металлических шаров. Например, целью одного из экспериментов является проверка выполнения законов сохранения импульса и полной механической энергии в процессах, происходящих при соударении упругих шаров.

Основанием экспериментальной установки (см. рис. 1) является вертикальная магнитная доска (1). В верхней части магнитной доски расположены три горизонтальных стержня с отверстиями, в которых закреплены концы нитей с подвешенными на них шарами разного диаметра. На магнитной доске в определенных положениях с помощью магнитов устанавливают электромагнит (2), соединенный с сетевым блоком питания (3), и фотоэлектронные датчики (4) и (5), подключенные к компьютеру (6). Электромагнит служит для удержания одного из шаров в нужном положении после выведения этого шара из положения равновесия. С помощью фотоэлектронных датчиков измеряют скорость движения шаров – по времени пролета шара через датчик. При движении через датчик, шар на некоторое время перекрывает луч света, идущий от источника (светодиода) к приемнику (фотодиоду), при этом на экране монитора (7) появляется сигнал в виде прямоугольного импульса, длительность которого равна времени пролета. Зная диаметр шара и время пролета, можно рассчитать величину скорости шара.

В нижней части магнитной доски находится направляющая (8), служащая опорой для фотоэлектронных датчиков, а также для треугольника с миллиметровой шкалой, который используется для измерения высоты центра тяжести шаров.

Следует отметить, что перед соударением и сразу после него шары движутся практически прямолинейно, вдоль горизонтальной прямой, поэтому для обработки экспериментальных данных могут быть использованы результаты проведенного выше теоретического анализа прямого центрального соударения шаров.

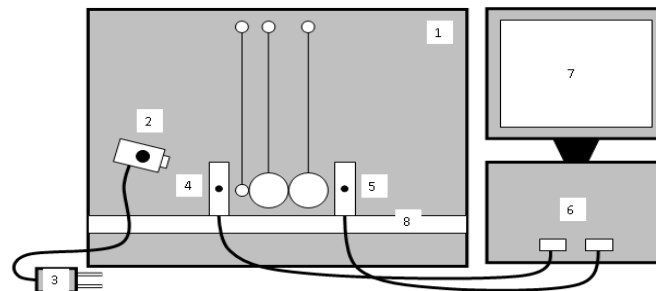


Рисунок 1. Схема лабораторной установки для исследования.

Один из экспериментов – это проверка закона сохранения импульса при соударении двух одинаковых шаров.

В данном эксперименте исследуется центральный упругий удар шара массой  $m_1$ , движущегося со скоростью  $v_{01}$ , с таким же первоначально покоящимся шаром ( $m_2 = m_1$ ,  $v_{02} = 0$ ).

#### Подготовка установки к измерениям

1. С помощью уровня убедиться, что поверхность стола горизонтальна.
2. Левый (малый) шар перенести за магнитную доску – в данном эксперименте он не используется, измерения проводятся с двумя одинаковыми (большими) шарами – центральным и правым.
3. Установить на магнитной доске фотоэлектрические датчики, соблюдая следующую последовательность действий:
4. установить оба датчики вертикально, вплотную к горизонтальной направляющей; первый датчик установить под центральным шаром, второй датчик – под правым шаром, при этом шары должны перекрывать световые лучи в датчиках, индикаторные светодиоды на датчиках должны светиться.

5. медленно и аккуратно сдвигать датчики вдоль горизонтальной направляющей – левый датчик влево, правый датчик вправо до тех пор, пока светодиоды на датчиках не погаснут
6. Установить у левого края магнитной доски электромагнит и включить его.

#### Проведение измерений

1. Правой рукой отклонить центральный шар влево от положения равновесия и, придерживая шар, передвинуть электромагнит левой рукой так, чтобы шар притянулся к металлическому сердечнику электромагнита и зафиксировался в этом положении, при этом нить, на которой подвешен шар, должна находиться в натянутом состоянии.
2. Щелкнуть компьютерной мышью по кнопке «Старт» на экране монитора и сразу же выключить электромагнит – аккуратно, не допуская его сдвига по магнитной доске.
3. После соударения шаров щелкнуть мышью по кнопке «Стоп», затем остановить шары и привести их в положение равновесия.
4. На графике, появившемся на экране компьютера, найти первую пару импульсов и запомнить значение времени их появления.
5. Щелкнуть мышью по кнопке «Масштаб» и на появившейся в левом нижнем углу графика шкале с помощью мыши передвинуть ползунок влево так, чтобы на экране установился масштаб 0,05 с/деление. Щелкая по кнопкам со стрелками, которые расположены рядом с кнопкой «Обзор», передвинуть график на экране так, чтобы первая пара импульсов располагалась в его центре. Убедиться, что время их появления соответствует запомненному ранее значению.
6. Щелкнуть правой кнопкой мыши по фронту первого импульса, при этом появляется курсор – вертикальная линия и надписи со значениями амплитуды и времени (рис. П8).
7. Щелкнуть правой кнопкой по спаду первого импульса, при этом появится второй курсор и соответствующие надписи, кроме того, в нижнем окне справа появится значение разности двух времен – фронта и спада первого сигнала.
8. Значение записать в таблицу 1 как значение  $t_{01i}$  – время пролета через фотоэлектронный датчик первого шара перед столкновением.
9. Выключить оба курсора, щелкнув правой кнопкой мыши по символам  $\times$ , расположенным сверху, рядом с курсорами.
10. Выполнить действия, аналогичные описанным в пунктах 6 – 8, для второго импульса, новое значение записать в таблицу 1 как значение  $t_{02i}$  – время пролета через фотоэлектронный датчик второго шара после удара.
11. Повторить измерения и три раза, изменяя величину отклонения центрального шара от положения равновесия.

Таблица 1

Результаты эксперимента с двумя одинаковыми шарами

$$(m_1 = m_2 = 0,13 \text{ кг}, d_1 = d_2 = 0.032 \text{ м}).$$

$i$	$t_{01i}$	$v_{01i}$	$v_{02i}$	$p_{0i}$	$v_{1i}$	$t_{2i}$	$v_{2i}$	$p_i$	$\varepsilon_i$	$\bar{\varepsilon}$
1			0		0					
2			0		0					
3			0		0					

#### Обработка результатов измерений

1. Рассчитать модули скорости шаров:  
первого шара до удара

$$v_{01i} = \frac{d_1}{t_{01i}},$$

второго шара после удара

$$v_{2i} = \frac{d_2}{t_{2i}}.$$

2. Найти модуль суммарного импульса шаров до и после соударения

$$P_{0i} = m_1 v_{01i} + m_2 v_{02i},$$

$$P_i = m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}$$

3. Вычислить относительное отклонение величин  $P_{0i}$  и  $P_i$

$$\varepsilon_i = \frac{P_{0i} - P_i}{P_{0i}} \cdot 100\%$$

4. Найти среднее значение относительного отклонения

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$$

5. Все полученные значения занести в таблицу 1.
6. Сделать вывод о справедливости закона сохранения импульса в данном эксперименте.

На основании лабораторного оборудования издано методическое указание, а также учебное пособие данного раздела «Законы сохранения в механике поступательного движения» и внедрено в учебный процесс для изучения курса физики.

Применение нового лабораторного практикума с использованием информационных технологий показывает положительную динамику развития у студентов технических и учебно-познавательных компетенций, которая неразрывно связана с умениями самостоятельно ориентироваться в пространстве цифровизации, самостоятельно конструировать свои знания, применять их для решения конкретных практических задач и интегрировать свои знания и умения в других изучаемых дисциплинах, необходимых в личной и будущей профессиональной деятельности.

\*\*\*

1. Темников, А.Н. Законы сохранения в механике поступательного движения: учебное пособие / А.Н. Темников, Н.А. Кузина, В.С. Минкин; Минобрнауки России, Казан.нац.исслед.технол.ун-т – Казань: Изд-во КНИТУ, – 80 с.

## РАЗДЕЛ XXVI. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Лаврин М.С.

### Анализ различных топологий линейных стабилизаторов

Самарский государственный технический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-290

#### Аннотация

Линейные стабилизаторы являются важным элементом в электронных устройствах, обеспечивая стабильное и постоянное напряжение для надежной работы множества потребителей. Цель исследования состоит в анализе различных топологий линейных стабилизаторов, оценке их характеристик и сравнении производительности для выявления наиболее эффективных схем

**Ключевые слова:** линейные стабилизаторы напряжения, схемотехнические решения, топологии, характеристики, электронные устройства.

#### Abstract

Linear stabilizers are an important element in electronic devices, providing stable and constant voltage for reliable operation of many consumers. The purpose of the study is to analyze various topologies of linear stabilizers, evaluate their characteristics and compare performance to identify the most effective schemes

**Keywords:** linear voltage stabilizers, circuit solutions, topologies, characteristics, electronic devices.

Линейные стабилизаторы напряжения работают по простому принципу: они поддерживают стабильное выходное напряжение, несмотря на возможные изменения входного напряжения или нагрузки. Они достигают этого путем управления активными элементами, такими как транзисторы, и регулирования потока электроэнергии через себя.

- Простота: Линейные стабилизаторы обладают простой конструкцией и могут быть реализованы с использованием относительно недорогих компонентов.
- Высокая точность: Они обеспечивают высокую степень стабильности выходного напряжения, что делает их подходящими для чувствительной электроники, такой как медицинские приборы или телекоммуникационное оборудование.
- Малошумность: Линейные стабилизаторы мало подвержены электромагнитным помехам и генерируют меньше шума, что особенно важно для аудио- и видеоаппаратуры.
- Надежность: Безотказная работа линейных стабилизаторов обеспечивает защиту электронных устройств от внезапных скачков напряжения и предотвращает возникновение перенапряжений на их выходе.

Линейные стабилизаторы используются во многих областях:

- В бытовой технике: они обеспечивают стабильное питание для компьютеров, телевизоров, холодильников и других электронных устройств.
- В промышленности: они широко применяются в автоматических системах управления, робототехнике и производственных линиях.
- В медицине: они используются для обеспечения стабильного питания медицинской аппаратуры и оборудования, которые требуют высокой точности и надежности.

- В энергетике: они применяются для стабилизации напряжения в электрических сетях и поддержания постоянного питания в критических условиях.

С развитием технологий, линейные стабилизаторы также претерпевают усовершенствования. Новые материалы и полупроводниковые компоненты позволяют увеличивать эффективность и компактность стабилизаторов. Использование микроконтроллеров и современных алгоритмов управления улучшает их производительность и способность адаптироваться к различным условиям.

С увеличением спроса на стабильную электроэнергию и ростом различных применений электроники, линейные стабилизаторы будут продолжать играть важную роль в поддержании стабильности электроснабжения. Ожидается, что разработки в области энергоэффективности и миниатюризации позволят создавать более мощные и компактные стабилизаторы, способные удовлетворить все более растущие потребности рынка.

Линейные стабилизаторы напряжения являются незаменимой технологией для обеспечения надежного и стабильного электроэнергетического снабжения. Их простота, надежность и высокая точность делают их предпочтительным выбором для множества приложений в бытовой, промышленной и медицинской сферах. Это связано с возрастающими требованиями бытовой и промышленной электроники к стабильности напряжения питания и обеспечению высокого выходного тока источника питания. Благодаря простой конструкции и наименьшей стоимости компонентов линейный стабилизатор напряжения не утратил своей актуальности и в настоящее время. В этой статье будут сравнены и проанализированы экспериментально два линейных стабилизатора напряжения, собранных на разных компонентных базах, и будут сделаны выводы о рабочей зоне каждого стабилизатора. Принципиальная схема стабилизатора на стабилитроне показана на рисунке 1.

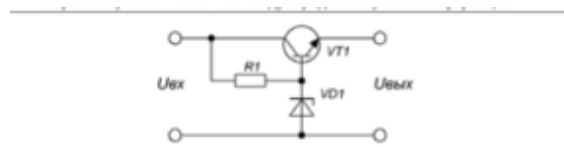


Рисунок 1 – Схема стабилизатора напряжения на транзисторе и стабилитроне

Рисунок 1.

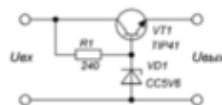


Рисунок 2 – Схема параметрического стабилизатора напряжения с рассчитанными номиналами компонентов

Рисунок 2.

Исследование стабилизатора напряжения на базе логического элемента:

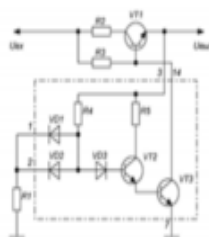


Рисунок 3 – Схема стабилизатора напряжения на логическом элементе

Рисунок 3.

Задача тестирования схемы, рассчитанной выше, упрощается подачей напряжения питания на вход и использованием вольтметра и амперметра для измерения параметров входного и выходного тока и напряжения. Основными изучаемыми характеристиками являются: зависимость максимального выходного тока стабилизатора от входного напряжения и зависимость тока покоя.

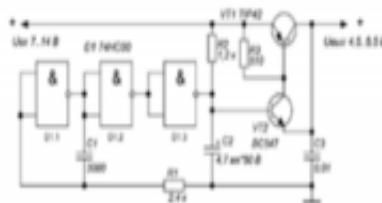


Рисунок 4 – Схема стабилизатора на логических элементах с рассчитанными номиналами компонентов

Рисунок 4.

Для точного выбора резистора R1. Сопротивление, требуемое для этого резистора, зависит от сопротивления встроенного в микросхему резистора R4:

Ток от стабилизатора входного напряжения.

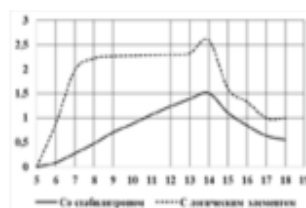


Рисунок 5 – Зависимость максимального выходного тока (в амперах) от входного напряжения (в вольтах)

Рисунок 5.

Как видно из рисунка, стабилизатор, построенный на основе стабилизатора, обладает наилучшей стабильностью выходного тока при изменении входного напряжения. Стабилизаторы на основе логических компонентов в диапазоне от 8 до 13 вольт обеспечивают стабильный максимальный выходной ток по сравнению с моделированием на стабилизаторе. Это означает, что в схемах с плохой стабильностью входного напряжения рекомендуется использовать стабилизаторы на логических компонентах, поскольку требуется стабильность максимального выходного тока. На рисунке 6 показана зависимость тока покоя стабилизатора от входного напряжения.

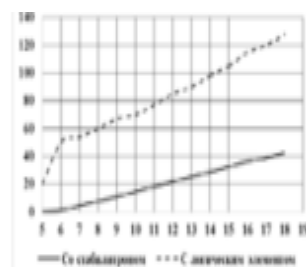


Рисунок 6 – Зависимость тока покоя (в миллиамперах) от входного напряжения (в вольтах)

Рисунок 6.



Как видно из рисунка, по сравнению с моделированием на логическом элементе, при увеличении входного напряжения стабилизатор на стабилитроне имеет меньший ток покоя, что позволяет использовать его в портативных устройствах. На рисунке 7 показана зависимость выходного напряжения от выходного тока нагрузки стабилизатора.

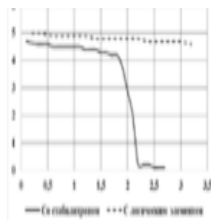


Рисунок 7 – Зависимость выходного напряжения (в вольтах) от выходного тока (в амперах)

Рисунок 7.

На графике видно, что при токе 2А напряжение на выходе стабилизатора на основе стабилитрона резко падает. В стабилизаторе на основе логических элементов, даже если ток составляет 3 А или больше, напряжение не упадет ниже 4,7 В (а резкое падение наблюдается при 6 А). Следовательно, по сравнению со стабилизатором на стабилитроне стабилизатор на основе логических элементов имеет меньшее падение напряжения на выходе при том же токе, что позволяет использовать его в устройствах с высоким потреблением тока.

В результате расчета и исследования линейных стабилизаторов напряжения установлено, что по сравнению со схемами стабилизатора напряжения на основе логических элементов и схемами на основе стабилитронов выходное напряжение более стабильно с увеличением тока нагрузки, а максимальный выходной ток более стабилен с увеличением входного напряжения, что обеспечивает его эффективность при использовании в оборудовании с высоким потреблением тока. По сравнению с моделированием на логическом элементе стабилизатор напряжения на основе стабилитрона имеет меньший ток покоя, что делает его подходящим для портативных устройств.

\*\*\*

1. Бобров, И.И. Усилители. Учебное пособие для вузов / И.И. Бобров. - М: Высшая школа, 2000. – 175 с.
2. Павлов, В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств / В.Н. Павлов. –М: Академия, 2008. – 288 с.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Издательство «Мир», 2003. – 704 с.

**Лаврин М.С.**

**Роль энергосбережения и рационального использования электрической энергии**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-291

#### **Аннотация**

Энергосбережение становится все более актуальной и важной темой в современном обществе. Статья подчеркивает роль энергосбережения и умного использования электрической энергии в борьбе с климатическими изменениями и обеспечении устойчивого развития планеты.

**Ключевые слова:** энергосбережение, электрическая энергии, устойчивое развитие, климатические изменения.

**Abstract**

Energy conservation is becoming an increasingly relevant and important topic in modern society. The article emphasizes the role of energy conservation and smart use of electric energy in combating climate change and ensuring the sustainable development of the planet.

**Keywords:** energy conservation, electric energy, sustainable development, climate change.

Энергия является жизненно важным ресурсом для человечества, однако растущее потребление энергии приводит к проблемам, связанным с истощением природных ресурсов и негативным воздействием на окружающую среду. Одной из важнейших задач современности является поиск способов энергосбережения и умного использования электрической энергии, чтобы обеспечить устойчивое развитие и сохранение окружающей среды для будущих поколений. Проблемы энергосбережения:

- 1) Избыточное потребление: Растущее потребление энергии в промышленных и бытовых секторах приводит к увеличению нагрузки на энергетические системы и истощению природных ресурсов.
- 2) Выбросы парниковых газов: Использование ископаемых топлив, таких как уголь, нефть и газ, приводит к выбросу парниковых газов, что усиливает глобальное потепление и климатические изменения.
- 3) Низкая энергоэффективность: Многие устройства и системы не обладают высокой энергоэффективностью, что приводит к потере значительной части энергии в виде тепла или ненужных потерь.

Возможности применения электрической энергии:

- 1) Возобновляемые источники энергии: Применение возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, позволяет получать электрическую энергию без выбросов парниковых газов и истощения природных ресурсов.
- 2) Электрификация транспорта: Переход на электрические автомобили и общественный транспорт помогает снизить зависимость от нефтепродуктов и уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу.
- 3) Умное управление энергопотреблением: Применение современных технологий для мониторинга и управления потреблением энергии позволяет оптимизировать энергетические процессы и снизить избыточное потребление.

Технологические инновации для эффективного использования энергии:

- 1) Энергоэффективные устройства: Развитие энергоэффективных электроприборов и оборудования помогает снизить энергопотребление без ущерба для производительности.
- 2) Смарт-гриды: Внедрение смарт-технологий в энергетические сети позволяет оптимизировать распределение электроэнергии и обеспечивать более устойчивое энергоснабжение.
- 3) Энергетическое хранение: Развитие технологий хранения энергии позволяет эффективно использовать возобновляемые источники, даже когда они не производят энергию (например, ветер не дует или солнце не светит).

Энергосбережение и эффективное использование электрической энергии играют критическую роль в сохранении нашей планеты и обеспечении устойчивого будущего. Технологические инновации и осознанное потребление энергии предоставляют возможности для решения сложных проблем, связанных с изменением климата и истощением природных ресурсов. Путем внедрения эффективных практик и использования возобновляемых источников энергии, мы можем стремиться к экологически чистому и устойчивому будущему.

Энергосбережение означает осуществление различных мер по возвращению возобновляемых источников энергии в производственный процесс. Все мероприятия, направленные на экономию энергии, имеют организационные, правовые, научные, экономические и технические характеристики. Когда речь заходит об энергосбережении, мы

все еще можем сказать, что сохраняются природные ресурсы, что сегодня можно считать очень актуальным вопросом.

В настоящее время энергосбережение считается основной движущей силой развития экономики на рынках потребительских услуг и материалов. В области, где развиваются энергосберегающие технологии, использование альтернативных источников энергии, как было замечено, становится все более популярным. Использование солнечных панелей в сочетании с разработкой солнечных коллекторов можно считать дополнительным и основным источником энергии. Тогда конечные пользователи будут освобождены от необходимой зависимости от централизованных энергетических сетей. Тогда потребление твердых видов топлива и энергии будет снижено.

В дополнение к быстрому технологическому прогрессу в области энергосберегающих технологий, мы часто сталкиваемся с так называемым человеческим фактором. Это происходит благодаря использованию очень эффективных современных технологий. В индустрии высоких технологий мы открыли для себя различные варианты использования энергосберегающих технологий, богатые и разнообразные инструменты и методы энергосбережения, а также их возможности для любой энергопотребляющей отрасли. Важная роль в таком процессе принадлежит самой технологии использования энергосберегающих средств. Очевидно, что проектированием и внедрением соответствующих сложных систем должны заниматься высококвалифицированные отраслевые эксперты, прошедшие теоретические и практические курсы обучения использованию этих инструментов и технологий. Разрабатывая и реализуя проекты по повышению энергоэффективности предприятий, мы можем гарантировать, что целостность основных задач действительно решена. Основные трудности, которые возникают после ввода объекта в эксплуатацию. Недостаточно применять энергосберегающие технологии в производственном процессе, и эти технологии должны эффективно эксплуатироваться.

Энергосберегающие технологии должны применяться в сочетании со здравым смыслом. Если в этом нет необходимости, то невозможно говорить о необходимости использования работающего источника света. Не стоит часто прерывать его работу. Процесс включения и выключения из электросети должен быть правильно рассчитан. Этот простой пример показывает нелогичность использования энергосберегающих технологий в частном порядке. Если речь идет об энергосбережении на крупных промышленных предприятиях? В итоге мы можем получить менее оптимистичные показатели.

Эффективное использование энергосберегающих материалов считается практической гарантией снижения затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание любого энергозависимого объекта, требующего больших материальных затрат на техническое обслуживание, включая тепловую энергию

В приведенном примере приведен только один фактор, который непосредственно влияет на энергоэффективность, но когда дело доходит до мониторинга энергопотребления промышленных предприятий, существует множество факторов, которые прямо и косвенно влияют на энергоэффективность всего предприятия. Для повышения энергоэффективности требуется системный подход, который включает тщательное планирование и четко определенные конкретные цели для фактической реализации, а затем составляется базовый план энергосбережения. Материальные интересы между субъектами экономических отношений также заслуживают внимания. Сегодня существует большое количество готовых энергосберегающих решений, приборов учета, датчиков и устройств прямого и эффективного энергопотребления. В этом случае есть хорошая возможность выбрать энергоэффективные продукты, исходя из их качества и стоимости.

Экономика энергосбережения определяет согласование интересов производителей и потребителей энергии. Такое соглашение включает в себя тот факт, что ресурсные возможности производителей и потребителей по экономии энергии рассматриваются одновременно и на единой основе. Инвестиции следует вкладывать в те места, которые обеспечивают наименьшую себестоимость производства или энергосбережение. Таким образом, спрос на энергоресурсы обеспечивается с наименьшими затратами.

В качестве критерия оценки эффективности лучше всего использовать наименьшую стоимость единицы энергии. Настоящий стандарт разработан в интересах производителей и потребителей энергоресурсов. Поскольку энергосбережение часто является экономически эффективным, его следует рассматривать как комплексную альтернативу созданию новых источников энергии, строительству новых линий электропередач или тепловых сетей.

\*\*\*

1. Павлов, В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств / В.Н. Павлов. – М: Академия, 2008. – 288 с.
2. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Издательство «Мир», 2003. – 704 с.

Туев Д.Д.

### Оптимизация процесса электродиспергирования

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-292

#### Аннотация

В последние десятилетия вопросы эффективной переработки промышленных отходов становятся всё более актуальными. Одним из перспективных методов утилизации является процесс электродиспергирования. Молибденовые отходы обладают опасностью для окружающей среды и часто представляют собой значительную проблему для промышленных предприятий, занимающихся обработкой металлов. Оптимизация процесса электродиспергирования может значительно уменьшить экологические риски и обеспечить улучшенную эффективность переработки молибденовых отходов.

**Ключевые слова:** электродиспергирование, молибденовые отходы, изопропиловый спирт, переработка, утилизация, напряжение на электродах, эффективность, окружающая среда, промышленные отходы.

#### Abstract

In recent decades, the issues of efficient processing of industrial waste have become increasingly relevant. One of the promising methods of disposal is the process of electrodispersion. Molybdenum waste is dangerous for the environment and often presents a significant problem for industrial enterprises engaged in metal processing. Optimization of the electrodispersing process can significantly reduce environmental risks and provide improved efficiency of molybdenum waste processing.

**Keywords:** electrodispersion, molybdenum waste, isopropyl alcohol, recycling, utilization, electrode voltage, efficiency, environment, industrial waste.

Промышленные отходы, такие как молибденовые отходы, представляют серьезную проблему для окружающей среды из-за их токсичности и небиodeградируемости. Эффективные методы переработки и утилизации этих отходов становятся всё более критическими для снижения экологического воздействия и сокращения негативного влияния на здоровье человека и экосистем. В последние годы электродиспергирование получило внимание как потенциально эффективный метод переработки металлических отходов. Целью данного исследования является изучение корреляции между напряжением на электродах и производительностью процесса электродиспергирования молибденовых отходов в изопропиловом спирте. Оптимизация напряжения может привести к повышению эффективности процесса и снижению негативных экологических последствий.

В эксперименте был использован процесс электродиспергирования молибденовых отходов в изопропиловом спирте с использованием различных значений напряжения на электродах. Была измерена производительность процесса в зависимости от величины

напряжения. Дополнительно были проанализированы характеристики полученных продуктов и их соответствие стандартам безопасности и качества.

Исследование выявило прямую корреляцию между напряжением на электродах и производительностью процесса электродиспергирования молибденовых отходов. Повышение напряжения приводило к увеличению производительности процесса. Оптимальное значение напряжения было определено, при котором достигается максимальная эффективность переработки молибденовых отходов.

Результаты исследования подтверждают важность оптимизации параметров процесса электродиспергирования для повышения эффективности переработки молибденовых отходов в изопропиловом спирте. Корреляция между напряжением на электродах и производительностью процесса указывает на возможность оптимизации процесса электродиспергирования для более устойчивого и экологически безопасного подхода к утилизации молибденовых промышленных отходов. Эти результаты могут способствовать развитию эффективных методов переработки других металлических отходов и снижению их негативного воздействия на окружающую среду. Молибден - это металл, используемый в производстве легированной конструкционной стали и нержавеющей стали.

Электродиспергирование - это метод переработки материалов, в котором применяется электрическая энергия для распада и дезагрегации частиц в жидкости. Оптимизация данного процесса играет важную роль в повышении его эффективности и применимости в различных промышленных отраслях. Ниже представлены основные аспекты, которые следует учитывать при оптимизации процесса электродиспергирования.

1. Изучение влияния параметров процесса: Параметры процесса, такие как напряжение, ток, частота, время обработки и концентрация реагентов, могут существенно влиять на эффективность электродиспергирования. Необходимо провести систематические эксперименты, чтобы определить оптимальные значения этих параметров для конкретного материала или отхода, который подвергается переработке.
2. Использование различных электродов: Тип и материал электродов также оказывают влияние на процесс электродиспергирования. Различные электроды могут обладать разной поверхностной активностью и каталитической способностью, что влияет на интенсивность распада частиц и образование продуктов. Исследование различных электродов может помочь определить наиболее подходящий тип электрода для конкретной задачи.
3. Кинетика процесса: Понимание кинетики процесса электродиспергирования является важным аспектом его оптимизации. Изучение скорости распада частиц и образования продуктов позволяет оптимизировать время обработки и получить требуемый размер частиц или структуру продуктов.
4. Моделирование процесса: Использование математических моделей и численных методов может помочь предсказать поведение процесса электродиспергирования при различных условиях и параметрах. Моделирование позволяет оптимизировать процесс, снизить затраты на эксперименты и ускорить разработку новых методов.

Молибден может повысить стойкость инструментальных сталей к покраснению, их твердость, прочность, устойчивость к образованию закаленных трещин и износу. Учитывая, что молибден является невозобновляемым природным ресурсом, его извлечение актуально и необходимо

Наиболее перспективным, неиспользуемым в промышленности методом утилизации молибденовых отходов является электроосмотическое диспергирование, которое позволяет перерабатывать отходы в мелкодисперсный порошок. Процесс электроосмотического диспергирования представляет собой разрушение проводящих материалов вследствие кратковременных разрядов между электродами (рисунок 1)

Электрическое диспергирование отходов молибдена проводилось на экспериментальном устройстве (патент РФ № 2449859), разработанном и запатентованном сотрудниками НОЦ "Порошковая металлургия и функциональные покрытия" Юго-Западного государственного университета. Электроосмотический порошок молибдена получают путем изменения напряжения на электроде в диапазоне от 70 до 220 В и следующих постоянных параметров: емкость различных конденсаторов составляет 45-50 мкФ, а частота следования импульсов - 110 Гц.

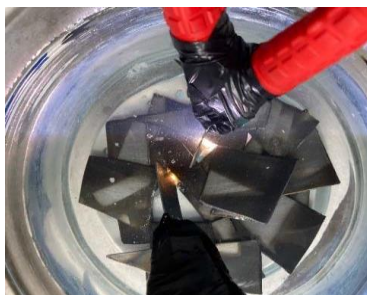


Рисунок 1. Процесс электроэрозионного диспергирования отходов молибдена в изопропиловом спирте.

Производительность процесса, химический состав и гранулометрический состав молибденового порошка являются основными регулирующими параметрами процесса EED переработки молибденовых отходов. Известно, что на состав получаемого порошка влияет состав рабочей жидкости и исходный состав самого дисперсного материала. На производительность процесса влияют не только эти факторы, но и в большей степени параметры электроосмотического диспергирующего устройства.

Таблица 1

Данные оценки эффективности процесса EED порошка молибдена в изопропанол в зависимости от различных напряжений на электродах.

№ п/п	C, мФ	U, В	v, Гц	Процесс	Порошок	П, г/час
1	45	70	100	Стабильны	Мелкий	1,22
2		110		Стабильны	Мелкий	3,24
3		150		Стабильны	Мелкий	5,31
4		190		Стабильны	Средний	7,46
5		220		Стабильны	Средний	8,60
6		250		Нестабильн	Крупный	4,12

Процесс осуществляется при оптимальной частоте повторения 100 Гц и емкости разрядного конденсатора емкостью 45 мкФ. Напряжение на электроде колеблется в пределах 70 в...250В. Полученные данные приведены в таблице 1.

На основе полученных данных строится график (рисунок). 3) Зависимость эффективности процесса электродисперсии отходов молибдена в изопропанол от напряжения на электроде установки электродисперсионного диспергирования.

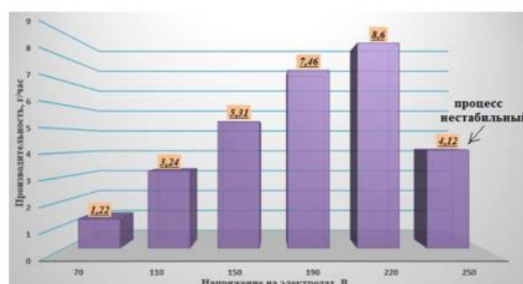


Рисунок 3 – Зависимость производительности процесса электроэрозионного диспергирования молибденовых отходов в изопропиловом спирте, от напряжения на электродах

Рисунок 2.

Напряжения на электроде установки электроосмотического диспергирования недостаточно для осуществления процесса электрического диспергирования отходов молибдена.

При напряжении на электроде от 70 до 230 В процесс диспергирования стабилен. При напряжении 250 В и выше из-за наблюдаемого увеличения количества искр диспергирование проводить невозможно.

Принимая во внимание полученные экспериментальные данные, было установлено, что оптимальным напряжением является 230В, поскольку производительность при этом напряжении наибольшая.

\*\*\*

1. П. А. Юриков. Защита электростанций и подстанций 3-500 кВ от прямых ударов молний. М.: Энергоиздат. 1982. – 88 с.: ил.
  2. Саъдуллаев, М. С. и др. Использование устройств, состоящих из бесконтактных элементов, в управлении компенсирующими устройствами // Молодой ученый. — 2018. — № . 1. — С. 23–25.
-



## РАЗДЕЛ XXVII. ЭНЕРГЕТИКА

Дерягин В.В.

### Ключевые методы энергомоделирования

Самарский государственный технический университет

(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-293

#### Аннотация

Энергоэффективность зданий становится все более важным аспектом в стремлении снизить потребление энергии и ограничить негативное воздействие на окружающую среду. Статья рассматривает ключевые методы энергомоделирования и роль машинного обучения в оптимизации энергопотребления зданий с целью повышения их энергоэффективности.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, здания, энергомоделирование, машинное обучение, оптимизация, потребление энергии.

#### Abstract

Energy efficiency of buildings is becoming an increasingly important aspect in an effort to reduce energy consumption and limit the negative impact on the environment. The article examines the key methods of energy modeling and the role of machine learning in optimizing the energy consumption of buildings in order to increase their energy efficiency.

**Keywords:** energy efficiency, buildings, energy modeling, machine learning, optimization, energy consumption.

Проблема энергопотребления зданий становится все более актуальной с ростом потребности в энергии и стремлением к устойчивому развитию. Оптимизация процессов повышения энергоэффективности зданий на основе энергомоделирования и машинного обучения представляет собой перспективный подход к решению данной проблемы.

Энергомоделирование зданий является ключевым инструментом для оценки энергопотребления зданий и выявления возможностей по его снижению. Энергомоделирование включает в себя создание математических моделей зданий, которые учитывают теплопотери, потребление электроэнергии и другие факторы, влияющие на энергоэффективность. Этот подход позволяет проводить виртуальные эксперименты и оценить эффективность различных энергосберегающих мероприятий.

Машинное обучение играет ключевую роль в оптимизации энергопотребления зданий. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные, собранные с датчиков и систем управления зданием, чтобы выявить паттерны и оптимизировать работу системы отопления, вентиляции, кондиционирования и освещения для максимальной эффективности. Это позволяет снизить потребление энергии без ущерба для комфорта и безопасности жильцов.

Машинное обучение также применяется для прогнозирования потребления энергии зданием в зависимости от внешних факторов, таких как погода и количество жильцов. Это позволяет заранее адаптировать работу систем управления для оптимального использования энергии. Также алгоритмы машинного обучения могут автоматически анализировать данные о потреблении энергии и реагировать на изменения, оптимизируя энергопотребление в реальном времени.

Оптимизация процессов повышения энергоэффективности зданий на основе энергомоделирования и машинного обучения является перспективным направлением в области устойчивого развития и снижения потребления энергии. Применение этих подходов позволяет создать интеллектуальные здания, которые адаптируются к потребностям жильцов и

максимально эффективно используют энергию, что способствует сокращению негативного воздействия на окружающую среду и снижению эксплуатационных расходов.

Высокопроизводительные здания включают в себя оптимизацию и интеграцию всех основных функций здания в соответствии с жизненным циклом. Таким образом, ключом к созданию мощного здания является оптимизация и интеграция различных строительных систем. Для создания высокопроизводительных зданий BIM может играть важную роль в итерации моделей зданий для принятия наилучших проектных решений и улучшения взаимодействия между членами проектной команды в процессе проектирования.

Рынок искусственного интеллекта в сфере строительства не находится в состоянии стагнации. В строительной отрасли уже есть решения, основанные на технологии искусственного интеллекта. Например, платформа ALICE Technologies (Artificial Intelligence Construction Engineering), созданная в 2015 году на основе исследований Стэнфордского университета, создала автоматизированную информационную модель здания (BIM) для оптимизации графика строительства промышленного решения, которое может генерировать тысячи возможных вариантов планирования одним нажатием кнопки или Британская комиссия Qflow (Qualis Flow), которая использует машинное обучение для анализа и мониторинга окружающей среды. Платформа анализирует данные об устойчивости строительных проектов и обеспечивает выявление факторов экологического риска. Поскольку платформа внедрена в регионе, все заинтересованные стороны могут получить доступ к данным без ограничений.

Поскольку искусственный интеллект очень подходит для анализа исторических данных и прогнозирования будущих событий или вероятностей, эти данные могут быть использованы для прогнозирования дефектов в строительстве. С появлением технологии BIM цифровые модели повысили эффективность управления информацией на протяжении всего жизненного цикла зданий.

Возможность структурировать информационное содержимое в соответствующем порядке является еще одним ключом к важности BIM-моделирования. Данные в BIM часто недооцениваются. Следовательно, данные внутри модели используются, проверяются или обрабатываются неправильно. Большая часть наших выходных данных представляет собой PDF-файлы, которые чаще всего печатаются в бумажном формате без анализа развития информации и возможности расширения поля использования данных в качестве дополнения к реализации проекта.

Таким образом, в плане модель больше не будет использоваться как цель цифрового воображения, а как аналитическая лаборатория для ответа на вопрос "Какое решение является наилучшим для моего здания?". Очевидно, что эти инновации не могут заменить интеллектуальный труд человека, но они помогут значительно расширить его и повысить эффективность. Существует несколько причин, по которым строительство энергетических объектов необходимо: доказать соответствие нормативным требованиям или аналитическим методам для повышения энергоэффективности, исследовать низкую производительность и смоделировать возможные сценарии "что, если". Все это необходимо для того, чтобы принять обоснованное решение.

Сегодня существуют сотни вариантов и тысячи комбинаций, используемых для рассмотрения современных решений в конкретных зданиях. Инженеры используют свой собственный опыт и знания, чтобы давать рекомендации по стратегии модернизации зданий, но в то же время они часто выносят суждения, основанные на неосознанных предубеждениях. Выполняя очень большое количество операций и комбинаций вариантов, стратегии, основанные на искусственном интеллекте и технологиях машинного обучения, могут помочь избежать этих предубеждений, предоставляя варианты, которые не рассматривались по разным причинам, но являются эффективными. Конечно, искусственный интеллект не идеален и не может заменить решения или инженерное образование. Однако количество и качество данных также являются важными факторами для прогнозирования или быстрого анализа больших данных для принятия обоснованных и оптимальных решений.

Например, одним из наиболее интересных приложений в области энергоэффективности является Интернет вещей (IoT). Системы Интернета вещей основаны на сенсорных сетях, измеряющих и передающих данные друг другу через Интернет, обеспечивая возможность обрабатывать большие объемы данных, а затем анализировать и передавать их в эффективные решения. DeepMind успешно снизил потребление энергии, необходимое для охлаждения многих серверов в дата-центре Google, более чем на 40%. С точки зрения оптимизации энергоэффективности зданий (включая реконструкцию строительных площадок), одним из вариантов гибридного подхода может быть комбинированное использование энергетического моделирования (BEM) зданий и сооружений и технологии искусственного интеллекта, а именно машинного обучения. Схема варианта гибридного процесса показана на рисунке 1.

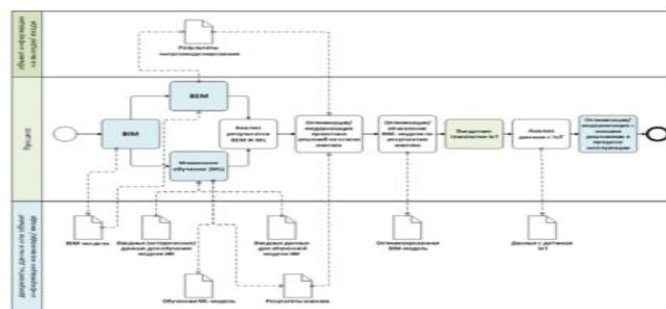


Рисунок 1. Вариантная схема процесса смешивания при совместном использовании BEM и ML.

Резюмируя вышеизложенную ситуацию, мы можем добавить, что искусственный интеллект может оказать мощное влияние на строительную отрасль, помогая компаниям снижать затраты, соблюдать сроки и повышать эффективность. Тем не менее, рекомендации по искусственному интеллекту в этой отрасли в лучшем случае очень скромны, поскольку архитектура еще не полностью приняла новую революцию. Безусловно, наиболее важной из них является отсутствие доступных данных о количестве и качестве, необходимых для работы и обучения искусственного интеллекта.

\*\*\*

1. Казарян Р.Р. Системно-целевой подход комплексного использования транспорта в интересах безопасности жизнедеятельности – 2018. 39с.
2. Завадскас, Э. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства Ленинград, 1991. 256 с.

**Кирдина А.В.**

### **Влияние белых кровельных покрытий на теплорегуляцию и энергетическую эффективность зданий**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-294

#### **Аннотация**

Данная статья исследует применение белых крыш как инновационного подхода для улучшения микроклимата в зданиях. Анализируется влияние белых кровельных покрытий на теплорегуляцию и энергетическую эффективность зданий, снижение температур внутри помещений в условиях городского теплового острова и адаптация к изменению климата.

**Ключевые слова:** белые крыши, микроклимат, энергетическая эффективность, теплорегуляция, городской тепловой остров, изменение климата.

### Abstract

This article explores the use of white roofs as an innovative approach to improve the microclimate in buildings. The influence of white roofing on heat regulation and energy efficiency of buildings, reduction of indoor temperatures in urban heat island conditions and adaptation to climate change is analyzed.

**Keywords:** white roofs, microclimate, energy efficiency, heat regulation, urban heat island, climate change.

В последние десятилетия изменение климата и увеличение городского населения привлекли внимание к необходимости разработки устойчивых и эффективных решений для улучшения микроклимата в городских зданиях. В этом контексте белые крыши становятся все более популярным исследуемым подходом.

Одним из главных преимуществ белых крыш является их способность отражать солнечную радиацию. Традиционные черные кровельные покрытия поглощают солнечное тепло, что приводит к повышению температуры внутри зданий и создает так называемый "городской тепловой остров". В свою очередь, белые крыши отражают солнечные лучи, снижая тепловую нагрузку на здания и окружающую среду.

Этот эффект белых крыш особенно важен в условиях климатических изменений, когда средние летние температуры в городах возрастают. Использование белых кровельных покрытий может помочь снизить температуру внутри зданий и улучшить комфорт работающих и живущих в них людей. Кроме того, уменьшение теплового нагрева зданий с белыми крышами снижает энергопотребление на кондиционирование помещений, что способствует повышению энергетической эффективности и сокращению выбросов парниковых газов.

Технология применения белых кровельных покрытий также продолжает развиваться. Исследования направлены на улучшение долгосрочной устойчивости материалов, учет климатических условий различных регионов и оптимизацию методов монтажа. Кроме того, изучается взаимосвязь между белыми крышами и другими аспектами городской среды, такими как качество воздуха, зеленые насаждения и урбанистическая планировка, чтобы создать более комплексные и эффективные городские системы.

С учетом важности экологической ответственности, белые крыши также считаются более экологически чистым вариантом, чем традиционные черные крыши, так как они уменьшают нагрузку на городскую инфраструктуру и способствуют снижению выбросов парниковых газов.

Белые крыши представляют собой перспективный способ улучшения микроклимата в городских зданиях. Их способность отражать солнечную радиацию и снижать тепловую нагрузку позволяют создавать более комфортные и энергоэффективные условия внутри зданий. Постоянное развитие технологий и исследования в этой области могут сделать белые крыши все более доступным и устойчивым решением для городской застройки и борьбы с изменением климата.

Микроклимат помещения, в котором человек работает, учится или живет, очень важен, потому что от этого напрямую зависит счастье человека. Поддержание хорошего микроклимата в помещении помогает улучшить работоспособность человека. Микроклимат характеризуется следующими показателями: температурой воздуха, влажностью и подвижностью [2].

Наружная среда является одним из наиболее важных факторов, влияющих на микроклимат в помещении [2]. Для поддержания комфортной температуры в теплое время года в помещении используется система кондиционирования воздуха, которая потребляет много электроэнергии. В этой статье мы рассмотрим, как уменьшить воздействие солнечной радиации на конструкцию здания и последующий обогрев помещения. Тепло, излучаемое солнцем, является одним из наиболее важных процессов, влияющих на микроклимат помещения в теплое время года. Солнечный свет проникает в помещение через окна и также нагревает конструкцию здания. Согласно ГОСТ30494-2011, оптимальная температура воздуха в гостиной должна составлять 20-22°C, а в некоторых городах жизнь летом без них просто невозможна.

Кондиционер позволяет автоматически поддерживать один параметр воздуха или все сразу (температуру, относительную влажность, скорость воздушного потока, чистоту и качество). Одним из недостатков использования кондиционеров является большое потребление электроэнергии. В теплый период в южных городах необходимо пользоваться кондиционером практически круглосуточно, чтобы поддерживать нормальное состояние организма. Далее мы рассмотрим, как уменьшить воздействие солнечной радиации на конструкцию для экономии электроэнергии.

В теплое время года солнце излучает тепло особенно активно и существенно влияет на температуру в помещении. Крыша - это строительная конструкция, которая получает большую часть солнечного излучения в течение дня и, следовательно, передает много тепла в помещение. Согласно зарубежным исследованиям, крыши светлого цвета отражают больше солнечного света, чем крыши темного цвета. В свою очередь, белая крыша может поглощать до 80% солнечной радиации (рис. 1), тем самым снижая температуру крыши вдвое. Поэтому жители южного региона (очевидно, для них это будет более актуально) смогут экономить на счетах за электроэнергию, которые тратятся на кондиционирование помещений.

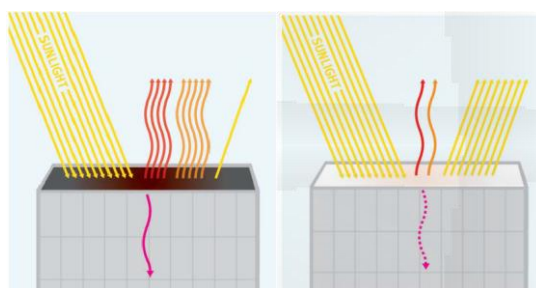


Рисунок 1. Принцип работы белой крыши.

Если говорить об экономической целесообразности покраски крыши дома в белый цвет, то это:

- Не требуется высоких затрат;
- Быстрый возврат;
- Позволяет экономить на коммунальных платежах;
- Увеличить долговечность кровельного покрытия

Эта идея особенно актуальна в регионах с высокотемпературным климатом, где доминируют малоэтажные здания и частный сектор.

Белую крышу также можно использовать для борьбы с глобальным потеплением. Крыша занимает большую часть города, а сама крыша занимает 1% территории всей планеты. Как мы все знаем, из-за плохого отражения краски, используемой человеком при строительстве крыши, температура воздуха сильно повышается. Белая крыша дома может снизить температуру воздуха на улице, тем самым уменьшая количество дыма и делая воздух более насыщенным.

Ученые из лаборатории Калифорнийского университета в Беркли утверждают, что глобальное использование отражающих крыш может привести к глобальному охлаждающему эффекту, эквивалентному 24 гигатоннам компенсации углекислого газа, что эквивалентно удалению 300 миллионов автомобилей с дорог в течение 20 лет. Факты доказали, что использование белых крыш может не только снизить затраты на электроэнергию, но и создать более прохладную городскую среду.

Тенденция к охлаждению крыш продолжает распространяться по всему миру, и, конечно, со временем люди изобретают новые способы охлаждения крыш жилых и общественных зданий. Среди большинства методов мы выберем один из наиболее эффективных – ландшафтный дизайн, который сравним с белой крышей. Благоустройство заключается в улучшении поверхности крыши путем посадки растений. Растения поглощают солнечную энергию, тем самым снижая температуру крыши. Этот метод имеет много

преимуществ: по сравнению с белой крышей ландшафтный дизайн является более красивым методом, потому что вы можете использовать различные растения для украшения поверхности крыши и расположить их так, как вам хочется. В этом отношении белые крыши показали высокие результаты, но по другим показателям они далеко впереди. Белая крыша не требует постоянного ухода за собой, а поверхность не нужно готовить к зиме или другим сезонам, которые не подходят для растений, что значительно экономит время и деньги человека.

\*\*\*

1. Мартыненко О. Г., Михалевич А. А. Справочник теплообменникам. М.: Энергоатомиздат. –1987. –560 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-pritochno-vytyazhnyh-ustanovok-s-rekuperatsiy-tepla/viewer>
2. Вершилович В.А. Внутридомовое газовое оборудование. Учебное пособие. Инфа- Инженерия,– 2017, – 320 с.

**Кирдина А.В.**

**Технические аспекты, влияющие на эффективность системы вентиляции**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-295*

**Аннотация**

В газовых промыслах и производствах вентиляция играет ключевую роль в обеспечении безопасности персонала и эффективной работы процессов. Целью статьи является рассмотрение принципов работы вентиляционных систем, основных типов и их функциональности в газовых хозяйствах.

**Ключевые слова:** вентиляция, вентиляционная система, газовое хозяйство, безопасность, эффективность, обслуживание, технологические инновации.

**Abstract**

In gas fields and industries, ventilation plays a key role in ensuring the safety of personnel and the efficient operation of processes. The purpose of the article is to consider the principles of operation of ventilation systems, the main types and their functionality in gas farms.

**Keywords:** ventilation, ventilation system, gas economy, safety, efficiency, maintenance, technological innovations.

В работе газовых хозяйств играют ключевую роль вентиляционные системы, обеспечивающие оптимальные условия внутри производственных помещений. Эти системы способны поддерживать необходимый уровень воздухообмена, удалять вредные газы и пары, а также обеспечивать оптимальную температуру и влажность в помещениях.

Одним из основных применений вентиляционных систем в газовом хозяйстве является обеспечение безопасности работников. В процессе добычи, транспортировки и переработки газа могут образовываться опасные для здоровья вещества, такие как сероводород, угарный газ, бензол и другие токсичные соединения. Правильно спроектированные и функционирующие вентиляционные системы обеспечивают эффективное удаление этих вредных веществ из рабочих зон, снижая риск отравлений и профессиональных заболеваний.

Кроме того, вентиляционные системы в газовых хозяйствах способствуют оптимизации производственных процессов. Поддержание определенных параметров окружающей среды, таких как температура и влажность, может существенно повлиять на эффективность технологических операций. Например, в определенных процессах переработки газа, оптимальная температура может повысить скорость реакций и улучшить выход продукции. Вентиляционные системы также способствуют уменьшению пыли и загрязнений в помещениях, что повышает качество и чистоту производимой продукции.



Современные технологические инновации также активно применяются в области вентиляции газовых хозяйств. Использование автоматизированных систем управления позволяет точно контролировать параметры воздушного потока и адаптировать их под конкретные производственные условия. Также исследуются методы обработки выхлопных газов с целью снижения их воздействия на окружающую среду, что важно с точки зрения экологической ответственности предприятий.

Вентиляционные системы играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности работы газовых хозяйств. Правильно спроектированные и функционирующие системы позволяют минимизировать воздействие вредных веществ на работников и окружающую среду, а также оптимизировать производственные процессы. Современные технологические разработки открывают новые возможности для улучшения вентиляционных систем и повышения их эффективности, делая газовое хозяйство более безопасным и экологически ответственным.

Средства массовой информации часто сообщают о взрывах и пожарах, вызванных использованием бытового газа в повседневной жизни, после чего власти проводят расследования, чтобы найти виновных и оказать помощь пострадавшим. Взрыв может привести к обрушению всего подъезда жилого дома. Они сопровождаются сильными протестами общественности, но являются причиной меньшего числа несчастных случаев при использовании природного газа. Основным показателем обусловлен действием "бесшумного убийцы" - угарного газа. Отравление возникает, когда нарушается или полностью прекращается естественная тяга. Продукт горения попадает в помещение и сжимает воздух, что вызывает удушье. Причинами нарушения естественной вентиляции являются закупорка дымохода, замерзание или разрушение оголовка дымохода, низкая плотность дымохода, вдыхание холодного воздуха, удаление продуктов горения через неотапливаемые и неокрашенные проходы, повреждение и расшатывание соединительных труб, обратное возможна вентиляция, когда голова расположена в зоне защиты от ветра. Одним из наиболее важных факторов при проверке газового оборудования является проверка тяги в вентиляции и дымоходе.

Периодичность такого рода проверок составляет не менее одного раза в год. По соображениям безопасности управляющим компаниям, кооперативам, ТСЖ также необходимо обращаться в профессиональные организации для проверки системы вентиляции и дымоудаления. В соответствии с пунктом 12 правил проверьте состояние дымовых и вентиляционных каналов и очистите их при необходимости: при вводе дымовых и вентиляционных каналов в эксплуатацию во время газификации здания и/или при подключении нового газоиспользующего оборудования; при реконструкции и ремонте дымохода и вентиляционных каналов, во время эксплуатации дымохода и вентиляционных каналов (регулярный осмотр) - не реже 3 раз в год, не позднее, чем за 7 календарных дней до начала отопительного сезона, в течение отопительного сезона, не позднее, чем через 7 дней после окончания отопительного сезона; в случае нарушения тяги обнаруживается в процессе эксплуатации, при техническом обслуживании и ремонте внутридомового и квартирного газового оборудования, диагностике внутридомового и/или квартирного газового оборудования и аварийно-диспетчерской поддержке.

В настоящее время вопрос о частоте проверок в многоквартирных домах решается службой технического обслуживания домов, и они также несут ответственность за технически исправное состояние вентиляционных каналов. При ремонте домов они должны регулярно проверять пригодность вентиляционных каналов и дымоходов.

Основной способ восстановить нормальную работу вентиляции, который можно сделать своими руками, - это обеспечить естественный воздухообмен в помещении:

- -Установите обратный клапан на канале, который поможет устранить обратную тягу.
- -Установите приточный клапан в пластиковое окно или непосредственно в стену. Это простые механизмы, через которые воздух может поступать в помещение, даже если окна закрыты. Интенсивность притока можно



регулировать. Настенные клапаны имеют защитные гнезда, которые предотвращают попадание в них крупного мусора. В них могут быть установлены вентиляторы, дополнительные системы фильтрации или подогрева поступающего воздуха.

Если в квартире или доме установлена мощная вытяжная система, необходимо сбалансировать ее с системой притока, равной по производительности. Смещение должно быть равно входящему объему. Виновником обратной тяги могут быть погодные условия, например, усиление ветра или изменение его направления. Обычно эти факторы носят временный характер. Необходимо дождаться возвращения нормальных внешних условий. Более серьезные ремонтные мероприятия должны проводиться специализированными организациями. Если обратный ветер образуется из-за сильных ветровых пор в вентиляции, необходимо провести работы по защите устья шахты. Если конструкция шахты или ее устье разрушены, необходимо восстановить поврежденную конструкцию. Регулярно чистите вентиляционные каналы. Для этого вам также необходимо обратиться к специалисту. Владелец квартиры не имеет права самостоятельно чистить вентиляционные каналы общего пользования и выполнять с ними другие операции.

В больших помещениях без перегородок и стен вы можете создавать свои собственные потоки и сквозняки, влияющие на работу общей системы вентиляции. Лестница на второй этаж может стать своеобразной трубой, по которой поток будет подниматься снизу, а затем возвращаться в виде обратной тяги через вентиляцию. В этом случае рекомендуется рассмотреть возможность перестройки помещения.

\*\*\*

1. Самарин О. Д. Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий. – Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2011. – 127 с. – ISBN 978-5-93093-843-2.
2. Lawrence Berkeley National Laboratory, available at: <https://www.lbl.gov> (accessed 5 September 2022).
3. Hatice Inan, Zehra Yigit Avdan. Urban Green Roofs for Global Warming Problems // 7th Global Conference on Global Warming. June 2018. pp.750-753.

**Маслов Д.П.**

### **Интеграция распределенной генерации энергии**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-296*

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает актуальные вопросы, связанные с развитием и интеграцией распределенной генерации энергии в современные энергетические системы, обсуждает преимущества, технологические вызовы и роли различных акторов в продвижении эффективных и устойчивых решений.

**Ключевые слова:** распределенная генерация энергии, децентрализованная генерация, возобновляемые источники энергии, сетевая интеграция.

#### **Abstract**

This article examines topical issues related to the development and integration of distributed energy generation into modern energy systems, discusses the advantages, technological challenges and the roles of various actors in promoting effective and sustainable solutions.

**Keywords:** distributed energy generation, decentralized generation, renewable energy sources, network integration.

Стремительное развитие технологий и растущий интерес к устойчивому развитию привели к увеличению доли распределенной генерации энергии в мировых энергетических

системах. Распределенная генерация представляет собой процесс производства электроэнергии на небольших масштабах, часто в непосредственной близости к потребителям.

Одним из основных преимуществ распределенной генерации является использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая, гидроэнергия и биогаз. Это позволяет сократить выбросы парниковых газов, снизить зависимость от традиционных источников энергии и уменьшить воздействие на окружающую среду.

Сетевая интеграция распределенной генерации является одним из ключевых технологических вызовов. Интеграция децентрализованных источников энергии требует разработки современных систем управления и координации, чтобы обеспечить стабильность и надежность работы энергетической сети. Важно также учитывать вариабельность и непостоянство возобновляемых источников энергии, чтобы обеспечить непрерывное энергоснабжение.

Правительства, энергетические компании и общество в целом играют важную роль в поддержке развития распределенной генерации. Стимулирование инвестиций в возобновляемые источники энергии, разработка эффективных тарифных программ и регулятивных механизмов, а также образование и информирование общества о пользе и значимости распределенной генерации - все это способствует ускоренному развитию этой отрасли.

Распределенная генерация энергии играет важную роль в переходе к устойчивой энергетике. Ее применение способствует сокращению выбросов парниковых газов, увеличению надежности энергосистемы и улучшению экологической ситуации. Однако, для успешной интеграции распределенной генерации необходимо преодолеть технические, экономические и регуляторные вызовы, что потребует совместных усилий со стороны правительств, бизнеса и общества. Технологии, связанные с распределенной выработкой электроэнергии (RGE), используются для энергоснабжения трех типов потребителей, в том числе: 1) При автономном энергоснабжении малые электростанции REGE используются отдельно для изолированных энергосистем; 2) Затем его работа будет координироваться с централизованная система. В последних двух случаях распределенная энергетическая система характеризуется набором привлекательных особенностей. Они дают возможность рассматривать их как основу новой парадигмы развития энергетики. Это отмечается в следующих признаках: 1) Рост энергетической независимости потребителей; 2) сглаживание пиковых нагрузок; 3) снижение требуемого уровня резервирования за счет пропускной способности; 4) минимизация транспортировки энергии [3,4]; 5) снижение вторичных энергетических нагрузок в соответствии с наиболее важными условиями, связанными с приоритетом развитие распределенной генерации, можно отметить:

- Прогресс, связанный с развитием тепловых электростанций, эти электростанции имеют среднюю и низкую мощность на базе PTU, GTU и GPU (газопоршневые установки) и их высокую эффективность для совместного производства электрической и тепловой энергии;
- В энергетическом секторе появились современные и эффективные технологии использования возобновляемых источников энергии. Среди них есть немало таких, которые благодаря своей мощности будут задействованы в распределенной выработке электроэнергии [5,6].;
- Процесс активного развития рынка доступных технологий и оборудования;
- По сравнению с традиционной энергетикой конкурентоспособность EWG была значительно повышена. В качестве дополнительного фактора, способствующего развитию распределенной генерации электроэнергии, можно отметить:
- Желание потребителей адаптироваться к развитию электроэнергетики и рыночная неопределенность цен на электроэнергию. Это связано с развитием

распределенной генерации электроэнергии, что привело к снижению риска дефицита электроэнергии и повышению энергетической безопасности.;

- Характеристики привлекательности цен на энергоносители, рост требований к качеству и надежности энергоснабжения;
- Повысить адаптивность самой энергосистемы для адаптации к неопределенности рыночных условий экономического развития. Тогда инвестиционный риск будет снижен;
- Требования по повышению эффективности использования ресурсов природного газа в энергетическом секторе.

Процесс усиления экологических требований к хозяйствующим субъектам, загрязняющим окружающую среду, и поощрения использования возобновляемых источников энергии (гидроэнергия, энергия ветра, биомасса и т.д.) В связи с широким распространением распределенных источников питания и их интеграцией в централизованную систему электроснабжения появилась концепция виртуальной электростанции (Virtual Power Plant). В концепции виртуальной электростанции предполагается, что существует комбинация распределенных по группам энергоблоков для выработки электроэнергии. Это связано с общей системой управления их модели. Необходимость в этой ассоциации обусловлена тем, что диспетчер устройства REGE "невидим" и существует проблема управления расписанием. Необходимо повысить эффективность энергоснабжения и рассмотреть возможность накопления энергии для компенсации неравномерного режима работы распределенной возобновляемой энергии, а также активных потребителей, которые имеют возможность чтобы управлять собственным потреблением энергии. Распределенная выработка электроэнергии осуществляется с помощью аппаратно-программного комплекса, и в его функции также входят интеллектуальное управление сетью, релейная защита и автоматизация, распределение трафика в сети, качество электроэнергии, гибкое ценообразование и т.д. Это обеспечивает эффективное управление энергопотреблением и позволяет полностью интегрировать и оптимизировать график нагрузки потребителей. Такое сочетание мощностей по производству электроэнергии и пользователей помогает сгладить пиковые нагрузки и снизить цены на электроэнергию. Характеристиками виртуальных электростанций могут быть коммерческие цели (продажа электроэнергии на оптовый рынок) и технические (системные услуги, такие как регулирование частоты и активной мощности, поддержание качества электроэнергии и т.д.) или комбинировать эти две функции.

Также, инвестиции в распределенную генерацию могут быть дорогими и требовать высокого уровня финансирования. Для стимулирования принятия новых технологий и развития инфраструктуры могут потребоваться подходящие государственные субсидии и налоговые льготы.

Для успешного внедрения распределенной генерации необходимо содействие со стороны всех заинтересованных сторон: правительственных органов, академических и исследовательских институтов, энергетических компаний и общества в целом. Сотрудничество и обмен опытом могут способствовать более эффективной реализации этой перспективной концепции.

В итоге, распределенная генерация энергии представляет собой важную составляющую энергетической трансформации в сторону устойчивого и экологически чистого будущего. Многообещающие технологии, экономические преимущества и экологические выгоды делают ее одной из ключевых стратегий в обеспечении безопасной и устойчивой энергетики для грядущих поколений.

\*\*\*

1. To the possibility of solving environmental problems by consolidating the efforts of the city population/ Prelikova E., Yushin V., Zotov V.// В сборнике: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. С. 849-856.

Маслов Д.П.

## Примеры применения устройств FACTS в различных энергетических системах

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-297

### Аннотация

В данной статье рассматривается значимость эффективной регулировки напряжения для обеспечения стабильной работы энергосистемы. Освещаются принципы работы и функциональные возможности устройств FACTS, таких как SVC, STATCOM, TCSC, и UPFC, их влияние на сетевые параметры и преимущества в сравнении с традиционными методами стабилизации напряжения.

**Ключевые слова:** динамическая стабилизация, напряжение, электрическая сеть, устройства FACTS, SVC, STATCOM, TCSC, UPFC, гибкие активные системы управления.

### Abstract

This article discusses the importance of effective voltage regulation to ensure stable operation of the power system. The principles of operation and functionality of FACTS devices, such as SVC, STATCOM, SVC, and PC, their impact on network parameters and advantages in comparison with traditional methods of voltage stabilization are highlighted.

**Keywords:** dynamic stabilization, voltage, electrical network, FACTS, SVC, STATCOM, TC SC, UPC devices, flexible active control systems.

В последние десятилетия наращивание электропотребления и увеличение доли возобновляемых источников энергии представляют вызовы для надежной работы электроэнергетических систем. Нестабильность напряжения может приводить к снижению эффективности работы оборудования, а в некоторых случаях даже вызывать аварии, что ставит под угрозу нормальное функционирование сети.

Устройства FACTS представляют собой новое поколение активных компенсаторов, способных эффективно управлять потоком мощности и стабилизировать напряжение в электрической сети. Они базируются на использовании современных полупроводниковых технологий и алгоритмов управления, что позволяет им реагировать на изменения в сети практически в режиме реального времени.

Одним из ключевых устройств FACTS является SVC (Static Var Compensator), представляющий собой преобразователь, способный генерировать реактивную мощность для компенсации падения напряжения. SVC позволяет поддерживать уровень напряжения в пределах допустимых значений и улучшает динамическую стабильность сети.

Ещё одним значимым устройством FACTS является STATCOM (Static Synchronous Compensator), который также используется для управления реактивной мощностью, но способен реагировать на изменения частоты системы. STATCOM обладает высокой отзывчивостью и может быстро регулировать напряжение в сети.

TCSC (Thyristor-Controlled Series Compensator) представляет собой устройство, устанавливаемое в серию с линией передачи электроэнергии. Оно способно управлять реактивной мощностью в линии, что позволяет увеличить пропускную способность и снизить потери энергии.

UPFC (Unified Power Flow Controller) является наиболее мощным устройством FACTS, объединяющим функциональность SVC и TCSC. UPFC способен управлять и активной, и реактивной мощностью в сети, обеспечивая гибкость и точное регулирование.

Использование устройств FACTS имеет множество преимуществ, среди которых стоит отметить повышение эффективности и надежности работы энергосистемы, увеличение

пропускной способности линий передачи, снижение потерь энергии, улучшение качества электроэнергии и снижение нагрузки на оборудование.

Развитие и применение устройств FACTS представляет собой важный шаг в обеспечении стабильной и эффективной работы электрических сетей. Динамическая стабилизация напряжения с использованием устройств FACTS позволяет справляться с вызовами, связанными с растущим спросом на электроэнергию и изменениями в энергетической системе, и является перспективным направлением развития современной энергетики.

Основной задачей системы электроснабжения является постоянное удовлетворение потребностей всех потребителей, подключенных к системе, в электроэнергии и ее качестве. Однако, поскольку современная энергетическая система представляет собой взаимодействие большого количества генераторов, трансформаторов, длинных линий электропередачи и меняющихся нагрузок, в системе часто возникают дисбалансы мощности, что в конечном итоге приводит к снижению качества электроснабжения в виде колебаний частоты, напряжения на определенных участках сети, появление гармоник и увеличение потерь при передаче электроэнергии. Поэтому, чтобы поддерживать качество электроснабжения и снижать потери, необходимо использовать специальные устройства для компенсации дисбалансов мощности. Компенсация в значительной степени связана с системой передачи электроэнергии и обеспечивается установкой конденсаторов и реакторов в различных частях энергосистемы. С развитием технологий силовой электроники стало возможным использовать гибкие системы передачи переменного тока (FACTS) в энергосистемах [1]. FACTS - это многообещающая технология, суть которой заключается в преобразовании электрической системы из пассивного устройства, используемого для транспортировки электроэнергии, в систему, активно участвующую в управлении режимами работы электросети. В этом случае можно управлять пропускной способностью линии электропередачи, перераспределять поток мощности между параллельными линиями и оптимизировать их в установленном режиме работы.

В настоящее время устройства FACTS, такие как STK и STATCOM, в основном используются для динамического регулирования напряжения на определенном участке сети. Статический тиристорный компенсатор (STC) представляет собой набор конденсаторных батарей и реакторов, управляемых тиристором. При изменении выходного реактивного сопротивления STC также изменяется его выходной реактивный ток, что необходимо для компенсации реактивной мощности в точке подключения, и, следовательно, необходимо компенсировать и поддерживать требуемый уровень напряжения. Структура STC показана на рисунке. 1.

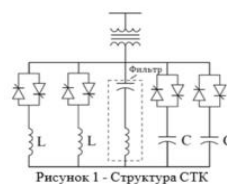


Рисунок 1.

Статический или статически синхронный компенсатор реактивной мощности. STATCOM также является одним из наиболее часто используемых устройств компенсации реактивной мощности, обеспечивающим динамическое регулирование напряжения в точке

подключения. На рисунке 3 Показана упрощенная структура STATCOM, которая состоит из управляемого преобразователя постоянного тока в переменный, источника питания постоянного тока и трансформатора.

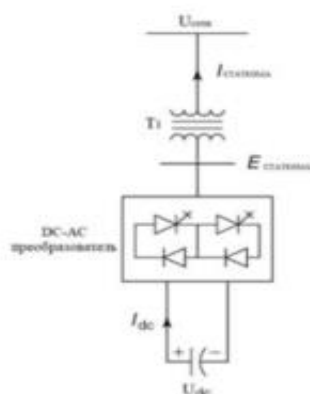


Рисунок 3 - Структура СТАТКОМА

Рисунок 2.

Необходимый реактивный ток генерируется за счет изменения реактивного сопротивления STC, поэтому в данном случае ток регулируется изменением напряжения на выходе STC. Принцип управления также существенно отличается от STC.

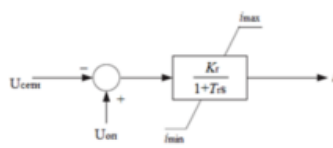


Рисунок 4 - Динамическая модель СТАТКОМА

Рисунок 3.

Принцип управления включает в себя следующие три основных этапа:[2]

1. Определите необходимое количество конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности.
2. Определите разницу между требуемым значением реактивного тока и значением тока, генерируемого конденсаторной батареей. Чтобы сгенерировать необходимый управляющий сигнал, опорный сигнал и сетевой сигнал сравниваются каждый раз, а после преобразования- Эта разница сигналов устанавливает режим работы, необходимый для включения питания преобразователя. Таким образом, реакция национального комитета на внешние помехи в сети составляет около 0,2 с, что на порядок быстрее, чем при работающем STC.

Благодаря простому алгоритму STATCOM может практически непрерывно изменять свое состояние в зависимости от внешних помех в сети, что делает его более подходящим для динамического регулирования напряжения в сети, чем STC. Другими словами, STATCOM будет реагировать на изменения сетевого напряжения почти немедленно, в то время как STC потребуется некоторое время, чтобы сгенерировать соответствующий выходной ток.

\*\*\*

1. ACI Committee 544. (2018). Report on Fiber-Reinforced Concrete. American Concrete Institute (ACI) 544.1R-96, Farmington Hills, MI.
2. Mindess, S., & Young, J. F. (1981). Fiber reinforced cement composites. Elsevier.

**Назаров А.В.**

**Оптимизация воздухораспределения для достижения оптимального качества вентиляции**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-298

**Аннотация**

Вентиляция играет важную роль в обеспечении комфортных условий внутренней среды и здоровья людей. Однако, эффективность системы вентиляции зависит от правильного распределения воздуха в помещениях. В статье анализируются различные методы и критерии оценки воздухораспределения, такие как скорость потока воздуха, температурные градиенты и степень перемешивания.

**Ключевые слова:** вентиляция, воздухораспределение, проектные работы, качество воздуха, комфортные условия, система вентиляции, скорость потока воздуха.

**Abstract**

Ventilation plays an important role in ensuring comfortable conditions of the internal environment and human health. However, the effectiveness of the ventilation system depends on the correct distribution of air in the premises. The article analyzes various methods and criteria for evaluating air distribution, such as air flow velocity, temperature gradients and the degree of mixing.

**Keywords:** ventilation, air distribution, design work, air quality, comfortable conditions, ventilation system, air flow rate.

Современные здания все более ориентированы на обеспечение комфортных условий проживания и работы для своих пользователей. Один из ключевых аспектов, обеспечивающих здоровье и комфорт, - это системы вентиляции. Правильное воздухораспределение внутри помещений играет решающую роль в обеспечении оптимальной вентиляции и создании здоровых условий для пребывания людей.

Целью системы вентиляции является поддержание определенного уровня свежего и чистого воздуха в помещении. Когда воздух не распределяется должным образом, могут возникнуть проблемы с комфортом, эффективностью работы системы вентиляции и качеством воздуха в помещении.

Существует несколько ключевых аспектов воздухораспределения, которые имеют прямое влияние на качество выполненных проектных работ по вентиляции:

1. Скорость потока воздуха: Размер и форма вентиляционных отверстий, а также общая скорость потока воздуха влияют на то, как воздух распределяется в помещении. Повышенные скорости потока могут привести к созданию неудобств для пользователей, в то время как недостаточная скорость может не обеспечить достаточное обновление воздуха.
2. Температурные градиенты: Неравномерное распределение тепла в помещении может создавать неприятные зоны перегрева или охлаждения. Корректное распределение тепла поможет создать равномерный и комфортный климат в помещении.
3. Степень перемешивания: Правильное перемешивание воздуха способствует равномерному распределению тепла и влаги, что в свою очередь повышает комфорт и эффективность системы вентиляции.

Для оценки качества выполненных проектных работ по вентиляции используется ряд методов и критериев. Некоторые из них включают:

1. Использование визуализации: Применение визуализации течения воздуха с помощью компьютерных моделей и программных симуляций позволяет



- исследовать, как воздух перемещается внутри помещений и выявить возможные проблемные зоны.
2. Тепловые карты: Тепловые карты позволяют наглядно представить температурные градиенты в помещениях, помогая выявить неоднородности в распределении тепла.
  3. Анемометрия: Использование анемометров для измерения скорости потока воздуха позволяет оценить эффективность системы вентиляции и обнаружить возможные зоны с недостаточным или избыточным воздушным потоком.
  4. Моделирование комплексного климата: Компьютерные программы, способные моделировать не только воздухораспределение, но и влияние тепла, влажности и иных факторов на микроклимат помещений, позволяют оптимизировать системы вентиляции и достичь оптимального комфорта.

#### Оптимизация воздухораспределения:

Для обеспечения высокого качества вентиляции и комфортных условий в помещениях, проектанты и инженеры должны уделить особое внимание оптимизации воздухораспределения. Некоторые рекомендации для достижения этой цели включают:

1. Тщательное планирование: Правильное планирование системы вентиляции с учетом размеров помещений, расположения вентиляционных отверстий и характеристик оборудования является основой для эффективного воздухораспределения.
2. Компьютерное моделирование: Использование современных программных инструментов для компьютерного моделирования поможет определить оптимальное расположение вентиляционных систем и протестировать различные варианты перед физической реализацией.
3. Интеграция с другими системами: Системы вентиляции должны быть интегрированы с другими системами, такими как системы кондиционирования и отопления, чтобы обеспечить согласованное и эффективное функционирование.

Воздухообмен может быть обеспечен естественным путем с помощью специальной системы. Совокупность проходов, воздухопроводов и оборудования, позволяющих организовать циркуляцию воздуха в соответствии с определенными алгоритмами и принципами, является инфраструктурным сооружением и проектированием вентиляционной системы.

Создание требуемых или заданных параметров воздуха в зоне обслуживания помещения определяется не только величиной воздухообмена, но и главным образом способом распределения и удаления воздуха. Основную роль в этом случае играет распределение воздуха. Расчет воздухораспределения является одним из важнейших этапов расчета и проектирования вентиляционных систем, поскольку именно стандарт определяет качество проектных работ. Необходимо, чтобы воздух в помещении распределялся равномерно, не было зоны застоя, а параметры воздуха в рабочей зоне помещения соответствовали нормативным значениям. Таким образом, воздухораспределитель отвечает за равномерное распределение воздуха в здании. Они различаются по размеру и форме. При их выборе обращайте внимание не только на геометрические параметры, но и на форму воздушной струи и микроклимат помещения.

Выбор воздухораспределителя основан на следующих параметрах:

- \* Расход приточного воздуха, м<sup>3</sup>/с.
- \* Разница температур между приточным воздухом и воздухом помещения обычно ограничивается 3-4°С для коммерческих зданий. Если в системе вентиляции используется обычный (не струйный) воздухораспределитель или если используется струйный воздухораспределитель, разница температур между приточным воздухом и воздухом помещения обычно температура ограничивается 3-4°С.

- \* Значение "ближайшей" зоны - это допустимое расстояние от воздухораспределителя до ближайшего рабочего места. Это значение зависит от расположения воздухораспределителя. Таким образом, вы можете выбрать различные типы, размеры и формы воздухораспределителей для одного и того же помещения.
- \* Акустические ограничения (уровень шума).

Рассмотрим три типа вентиляционных систем:

- 1) Смешанная вентиляция - это система рециркуляции воздуха. Такая вентиляция равномерно распределяет количество воздуха и вредных соединений в помещении.
- 2) Вентиляция с коротким замыканием происходит следующим образом: если используется изотермическая вентиляция или наблюдается незначительный перегрев приточного воздуха, то большое количество свежего воздуха всасывается в вытяжную решетку по ходу короткого замыкания.
- 3) Сменная вентиляция является примером эффективной конструкции, при которой свежий воздух подается в зону обслуживания в небольшом объеме из воздухораспределителя с большой поверхностью. При этом подаваемый воздух равномерно заполняет помещение, а загрязненный воздух отводится и удаляется из помещения.

В целом, правильное воздухораспределение является критическим фактором для обеспечения высокого качества вентиляции и улучшения качества внутренней среды здания. Это обеспечивает комфорт и здоровье пользователей, а также повышает эффективность системы вентиляции, что, в конечном итоге, способствует повышению общего качества жизни людей, пребывающих в данных помещениях.

\*\*\*

1. Кокорин, О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК) / О.Я. Кокорин. – М.: Проспект, 1999. – С. 28–36.
2. Мелькумов, В.Н. Нестационарные процессы формирования системами вентиляции воздушных потоков в помещениях / В.Н. Мелькумов, С.Н. Кузнецов, А.В. Черемисин, К.А. Скляр // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. - 2007. - № 3-15. - С. 36-39.

**Назаров А.В.**

### **Преимущества инновационной технологии рекуперации тепла**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-10-2023-299

#### **Аннотация**

В производственных предприятиях часто возникает проблема потери тепла через сбрасываемые газы, что приводит к ненужным энергозатратам и негативно сказывается на окружающей среде. В статье представлен обзор существующих подходов к решению этой проблемы, а также описаны преимущества инновационной технологии рекуперации тепла.

**Ключевые слов:** разработка, система вентиляции, производственное здание, инновационная технология, рекуперация тепла, сбрасываемые газы.

#### **Abstract**

In manufacturing enterprises, there is often a problem of heat loss through discharged gases, which leads to unnecessary energy consumption and negatively affects the environment. The article provides an overview of existing approaches to solving this problem, and also describes the advantages of innovative heat recovery technology.

**Keywords:** development, ventilation system, industrial building, innovative technology, heat recovery, discharged gases.

Технология рекуперации тепла основана на использовании теплового обменника для захвата и восстановления тепла из выбрасываемых в атмосферу газов, которые образуются в результате различных технологических процессов. Этот инновационный подход позволяет значительно снизить теплотери, снизить затраты на отопление и кондиционирование, а также сократить выбросы вредных веществ в окружающую среду.

При разработке системы вентиляции с рекуперацией тепла необходимо учитывать особенности конкретного производственного объекта. Оптимальное проектирование системы предполагает анализ типов сбрасываемых газов, их температурные характеристики, объем выбросов и особенности производственных процессов. Также важно учитывать климатические условия региона, где расположено предприятие, и возможность использования альтернативных источников энергии для дополнительного подогрева или охлаждения.

Одной из ключевых составляющих успешной реализации проекта внедрения системы вентиляции с рекуперацией тепла является использование высокоэффективных теплообменных устройств. Современные технологии позволяют создавать компактные и эффективные рекуператоры, которые обеспечивают высокую степень теплопередачи при минимальных потерях давления воздуха.

Помимо явных экономических выгод, внедрение инновационной технологии рекуперации тепла способствует снижению негативного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. Уменьшение выбросов вредных веществ и углекислого газа способствует снижению парникового эффекта и общему улучшению экологической обстановки в регионе.

Разработка системы вентиляции с внедрением инновационной технологии рекуперации тепла сбрасных газов представляет собой перспективное направление развития промышленной инфраструктуры. Это не только повышает энергоэффективность и экономическую эффективность предприятия, но и способствует улучшению экологической обстановки и содействует устойчивому развитию промышленности в целом. Энергия или вещество частично возвращаются из технического процесса, а затем возвращаются в процесс для использования, который называется рекуперацией. В этом смысле рекуперацию следует рассматривать как систематическое возвращение энергии или ее носителя в технологический процесс. [1]. Использование рекуперации в системах приточной и вытяжной вентиляции не является инновационным, но в то же время широко применяется. В физическом смысле процесс рекуперации следует определять как процесс теплообмена. Это означает, что процесс рекуперации, применяемый в системе вентиляции, возвращает тепловую энергию, которая возвращается в вентиляционное пространство в течение холодного периода времени благодаря ее обмену между входом и выходом. На период теплового времени обеспечивается процесс возврата холодной энергии из системы кондиционирования воздуха, когда поступающий тепловой поток с повышенным теплосодержанием охлаждается. Современные достижения архитектурной науки широко используют закрытые конструкции на целевом рынке благодаря их непроницаемости для пара и воздуха. Это создает определенные условия для использования приточных и вытяжных типов вентиляционных систем с целью своевременного удаления загрязнителей влажного воздуха из здания на фоне непроницаемой закрытой конструкции. Здесь рекуперационное устройство помогает наиболее удобным образом осуществлять обмен воздушными массами с минимальными потерями тепловой энергии. Это видно по картинке 1. КМТ выполнен в виде двух камер, а его внутренние нагревательные и охлаждающие устройства соединены между собой трубами и расположены в шахматном порядке.

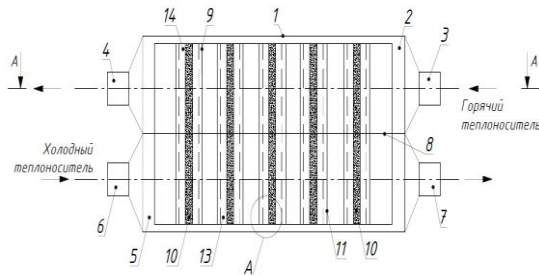


Рисунок 1. Общий вид КМТ: 1 – корпус; 2 – камера охлаждения; 3 – патрубок горячего теплоносителя; 4 – патрубок холодного теплоносителя; 5 – камера нагрева; 6 – патрубок входа; 7 – патрубок выхода; 8 – перегородка; 9 – тепловые трубы; 10 – подъемный фитиль; 11 – решетка; 12 – ячейки; 13 – зона испарения; 14 – зона конденсации.

Внутри неподвижных труб в верхней и нижней частях фитиль выполнен из капиллярного материала в виде ячеек, покрывающих внутреннюю поверхность тепловой трубы. Снаружи (зона испарения) трубы соединены дистилляцией и расположены в камере охлаждения, а зона конденсации - в камере нагрева.

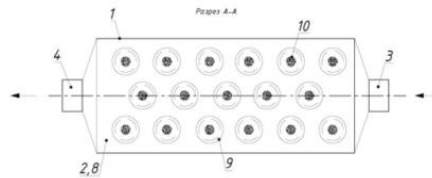


Рисунок 2. разрез А-А.

Перед началом работы удалите воздух из камеры вместо перекачки жидкости, что зависит от температурных характеристик и характеристик горячего и холодного носителей, а также теплоносителей, которые необходимо выбрать, до тех пор, пока капиллярный материал фитиля и решетки не достигнет точки насыщения, в случае фитиля и решетки капиллярный материал фитиля и решетки достигает точки насыщения. Затем горячий теплоноситель (жидкость или газ) подается в камеру охлаждения КМТ через одно вспомогательное устройство, а холодный хладагент подается в камеру нагрева через другое вспомогательное устройство. Непрерывность циркуляции обеспечивается за счет использования проточных водоворотов для усиления теплообмена рабочего тела в камерах нагрева и охлаждения.

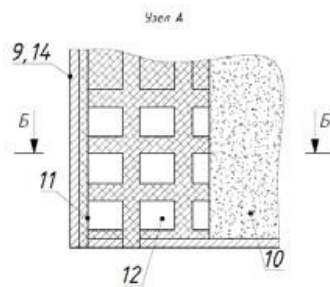


Рисунок 3. Узел А.

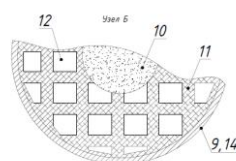


Рисунок 4. Узел Б.

Благодаря размещению капиллярного материала и подъемного сердечника в камере охлаждения, куда транспортируется рабочая жидкость, предотвращается образование паровой пленки, что приводит к интенсификации процесса испарения, происходящего на внутренней поверхности зоны испарения тепловой трубы. В процессе теплообмена между горячим и холодным теплоносителями скорость возникновения увеличивается многократно, что дает конструктивное преимущество перед другими типами аналогичных теплообменных устройств. При использовании решетчатого покрытия из капиллярного материала, по сравнению с покрытием из пористого материала, внутренняя поверхность тепловой трубы позволяет уменьшить толщину паровой пленки, тем самым увеличивая коэффициент теплопередачи.

Использование рекуперационных устройств в системе вентиляции промышленных зданий, с одной стороны, полностью отвечает требованиям создания благоприятных условий для людей с точки зрения параметров температуры и влажности, с другой стороны, оно также отвечает требованиям снижения энергозатрат и повышения экономической эффективности.

\*\*\*

1. Проект ГОСТ Р Структуры данных в электронных каталогах продукции для инженерных систем зданий. Часть 1. Понятия, архитектура и модель // СПС «Техэксперт»
2. Болтанова Е.С. Правовое обеспечение экологических инноваций (на примере строительной отрасли) // Экологическое право. 2018. N 4. С. 41 - 47.

**Парамонова А.О.**

**Материалы и технологии, которые способствуют оптимизации потребления энергии**

*Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)*

*doi: 10.18411/trnio-10-2023-300*

#### **Аннотация**

Статья представляет обзор и анализ современных разработок в области материалов и технологий, которые способствуют оптимизации потребления энергии в различных секторах промышленности и бытовой сфере. Также обсуждаются преимущества использования этих материалов с точки зрения экономии ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергосберегающие материалы, энергосберегающие технологии, устойчивость окружающей среды, экологическая эффективность.

#### **Abstract**

The article presents an overview and analysis of modern developments in the field of materials and technologies that contribute to the optimization of energy consumption in various sectors of industry and the household sector. The advantages of using these materials in terms of saving resources and reducing the negative impact on the environment are also discussed.

**Keywords:** energy saving, energy-saving materials, energy-saving technologies, environmental sustainability, environmental efficiency.

Внедрение энергосберегающих технологий, материалов и установок является одним из наиболее эффективных методов. В настоящее время ситуация на мировом энергетическом рынке не самая лучшая, но любой кризис рано или поздно пройдет.

Оптимизация потребления энергии важна для снижения затрат и воздействия на окружающую среду. Существует множество материалов и технологий, которые способствуют более эффективному использованию энергии. Вот некоторые из них:

- Использование высокоэффективных изоляционных материалов, таких как минеральная вата, пенополиуретан и аэрогель, для оболочек зданий,

трубопроводов и систем отопления и кондиционирования воздуха, позволяет снизить потери тепла и улучшить теплоизоляцию.

- Энергосберегающие окна и двери с двойным или тройным остеклением и низким коэффициентом теплопроводности помогают снижать потери тепла и уменьшать потребление энергии на отопление и кондиционирование воздуха.
- Материалы для кровли и покрытия, которые отражают солнечную радиацию, могут снижать нагрузку на системы кондиционирования и снижать температуру внутри зданий.

Светодиодные (LED) и энергосберегающие источники света: Замена традиционных ламп на светодиодные и другие энергосберегающие источники света снижает энергопотребление для освещения.

Использование энергосберегающих приборов и электроники, таких как энергосберегающие холодильники, стиральные машины и компьютеры, позволяет снизить энергопотребление в бытовых и коммерческих средах.

Некоторые материалы, такие как титановый диоксид, обладают фотокаталитическими свойствами и могут использоваться для очистки воздуха от загрязнителей, что позволяет снизить потребление энергии в системах очистки воздуха.

Современное общество сталкивается с необходимостью эффективного использования энергии и минимизации негативного влияния на окружающую среду. Энергопотребление в промышленности, транспорте и быту оказывает существенное давление на природные ресурсы и приводит к выбросу парниковых газов. Для решения этих проблем активно разрабатываются и внедряются энергосберегающие материалы и технологии.

Использование эффективных утеплителей в строительстве зданий позволяет снизить энергопотребление на отопление и кондиционирование помещений. Экологически чистые утеплители, такие как минеральная вата, эковата и целлюлозные волокна, способствуют значительной экономии энергии и уменьшению выбросов углекислого газа.

Солнечные батареи, изготовленные из фотоэлектрических материалов, преобразуют солнечное излучение в электрическую энергию. Их установка на крышах зданий и других поверхностях позволяет генерировать электроэнергию без выброса вредных веществ и уменьшает зависимость от традиционных источников энергии.

Применение систем автоматизации и контроля позволяет эффективно управлять энергопотреблением в промышленных предприятиях и зданиях. Системы "умного дома" и "умного города" автоматически регулируют работу освещения, отопления, кондиционирования и других потребителей энергии, исходя из текущих условий и потребностей.

В различных отраслях промышленности применяются передовые технологии, направленные на сокращение энергопотребления. Примеры включают высокоэффективные электродвигатели, системы рекуперации тепла и оптимизированные производственные процессы.

Развитие электрических и гибридных автомобилей, а также использование альтернативных видов топлива снижают зависимость от ископаемых ресурсов и уменьшают выбросы вредных веществ в атмосферу.

Применение энергосберегающих материалов и технологий имеет ключевое значение для достижения устойчивого развития и охраны окружающей среды. Эффективное использование энергии способствует снижению нагрузки на природные ресурсы и уменьшению отрицательного влияния на климат. Постоянные исследования и инновации в области энергосбережения позволяют нам двигаться в сторону более экологически устойчивого будущего.

Необходимость пополнения бюджета потребует развития экспорта энергоносителей. В результате одной из ведущих ценностей в настоящее время считается решение задачи энергосбережения и энергоэффективности.

Экономия должна начаться уже в процессе выработки энергии. Тепловая энергия является наиболее неэффективной, она широко распространена в Российской Федерации и

оказывает негативное воздействие на окружающую среду. С загрязнением окружающей среды можно бороться. По этой причине необходимо перейти от использования энергии, получаемой в результате сжигания невозобновляемых ресурсов (природный газ, нефть, уголь), к другим видам энергии (солнечная, ветровая, морская, геотермальная и т.д.). Кроме того, необходимо разработать безотходную технологию переработки нефтепродуктов. Поэтому, например, в Российской Федерации будет налажено эффективное использование попутного нефтяного газа, что произойдет впервые.

Уровень научно-технического прогресса предприятия тесно связан с экономией энергии при его использовании. Режим экономии особенно подходит для механизмов, где машина работает часть времени с очень низкой нагрузкой, - сборочный поток, насос, вентилятор и т.д. Электроприводы с частотным управлением и встроенными функциями для оптимизации энергопотребления отлично зарекомендовали себя. Помимо снижения счетов за электроэнергию, существует также экономический эффект от использования частотно-регулируемых электроприводов, которые реализуют методы увеличения срока службы электрического и механического оборудования. Это дополнительный бонус. В большинстве промышленных предприятий, а также в жилищно-коммунальном хозяйстве этот энергосберегающий метод электропривода и автоматизации может быть внедрен.

Существуют и другие способы рационального использования электроэнергии в повседневной жизни. Например, "умные" системы освещения уже давно широко используются в Западной Европе, Соединенных Штатах и особенно в Японии. Интерес к ним неудивителен, учитывая тот факт, что до 60% может быть использовано для освещения, в зависимости от назначения помещений, где жилые и офисные здания обычно потребляют электроэнергию. По оценкам экспертов, российская компания "Светек" производит энергосберегающие системы освещения, которые позволяют снизить затраты на освещение в 10 раз! Свет включается автоматически, как раз тогда, когда это необходимо, и при этом достигается эффект энергосбережения. Если не использовать энергосберегающие лампы, эти системы освещения будут неисправны. Их можно разделить на две группы в зависимости от области применения: крупногабаритные мощные энергосберегающие лампы, компактные светильники для освещения офисов, торговых зон, кафе и стандартные цоколи - для квартир. До 80% использования этих светильников достигается за счет экономии электроэнергии. Основными из них являются: минераловатные материалы - это теплоизоляционные материалы, они изготавливаются из камня и шлака. Эти материалы похожи на вату, в основе которой лежит базальт, известняк, доломит и т.д. Шлаковая вата извлекается при переработке цветных металлов и продуктов черной металлургии. Подобно изделиям из минеральной ваты, существуют изоляционные материалы из стекловаты аналогичного качества, но есть много отличий. Стекловата более эластична и прочна, она легко ломается и принимает более осязаемую форму, потому что на самом деле стекло длиннее и толще. Этот тип изоляции также обладает высоким качеством звукоизоляции. Изделия из стекловолокна не подвержены негативному воздействию окружающей среды. Еще одним прогрессивным теплоизоляционным материалом считается пенополистирол, который обладает низкой теплопроводностью и самой высокой плотностью.

\*\*\*

1. Коваленко Ю.Н. Научные основы территориальной организации промышленных комплексов. Изд. «Будівельник». Киев. 1977. 176 с.
2. Бакутис В.Э., Горохов В.А., Лунц Л.Б., Расторгуев О.С. Инженерное благоустройство городских территорий. Стройиздат. Москва. 1979. 239 с



Парамонова А.О.

Технологии утилизации тепла оборотной воды

Самарский государственный технический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-10-2023-301

**Аннотация**

Приточная вентиляция широко используется для обеспечения свежим воздухом внутренних помещений. Однако, процесс вентиляции часто сопровождается потерей тепла, что приводит к ненужным затратам энергии. В статье рассматриваются различные технологии утилизации тепла оборотной воды, которые позволяют эффективно использовать отходящее тепло для предварительного нагрева приточного воздуха, тем самым снижая энергопотребление системы вентиляции и содействуя устойчивому развитию.

**Ключевые слов:** утилизация тепла, оборотная вода, приточная вентиляция, энергопотребление, теплообмен, энергосбережение, устойчивое развитие.

**Abstract**

Supply ventilation is widely used to provide fresh air to indoor spaces. However, the ventilation process is often accompanied by heat loss, which leads to unnecessary energy costs. The article discusses various technologies of recycling water heat recovery, which allow efficient use of waste heat for preheating the supply air, thereby reducing the energy consumption of the ventilation system and contributing to sustainable development.

**Keywords:** heat recovery, recycled water, supply ventilation, energy consumption, heat exchange, energy conservation, sustainable development.

Приточная вентиляция является неотъемлемой частью систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях. Однако, в процессе вытяжки отработанного воздуха часто теряется значительное количество тепла, что приводит к излишним энергозатратам и неблагоприятному влиянию на окружающую среду.

Утилизация тепла оборотной воды заключается в использовании теплоты, содержащейся в отходящем воздухе, для нагрева приточного воздуха перед его вводом в помещение. Основным принцип работы основан на применении теплообменников, которые обеспечивают эффективный теплообмен между отходящим и приточным воздухом. Это позволяет значительно снизить потери тепла и, следовательно, сократить энергопотребление системы вентиляции.

Пластинчатые теплообменники-это одна из наиболее распространенных технологий для утилизации тепла оборотной воды. Пластинчатые теплообменники обеспечивают эффективный теплообмен между приточным и отходящим воздухом благодаря большой поверхности контакта. Они обладают высокой теплопередачей и компактны по размерам, что делает их идеальным выбором для малых и средних систем вентиляции.

Роторные теплообменники используют вращающиеся роторы с поглощающими и передающими зонами для переноса тепла между потоками воздуха. Эта технология особенно эффективна в случаях, когда необходимо обеспечить высокую эффективность теплообмена при низких температурах окружающей среды.

Тепловые насосы воздух-воздух- эта инновационная технология позволяет усилить теплообмен за счет применения тепловых насосов. Тепловой насос воздух-воздух может значительно повысить температуру приточного воздуха, используя тепло из оборотной воды, даже при низких температурах окружающей среды.

Применение технологий утилизации тепла оборотной воды может существенно снизить затраты на энергию для системы приточной вентиляции. Это приводит к значительной экономии средств и уменьшению воздействия на окружающую среду. Преимущества включают:

- Снижение энергопотребления системы приточной вентиляции.
- Оптимизация использования тепла оборотной воды и сокращение выбросов парниковых газов.
- Улучшение комфорта внутренних помещений за счет предварительного нагрева приточного воздуха.
- Долгий срок службы теплообменных систем.

Утилизация тепла оборотной воды в системе приточной вентиляции представляет собой важную технологическую инновацию в области энергосбережения и устойчивого развития. Применение таких технологий позволяет оптимизировать процесс вентиляции и повысить эффективность системы, что способствует ресурсосбережению и охране окружающей среды.

Потребление тепла и электроэнергии во всем мире растет с каждым годом. Современные производственные мощности характеризуются высоким энергопотреблением не только для технических нужд, но и для поддержания комфортных условий на рабочем месте. Вентиляционные системы в промышленных зданиях потребляют до 40% от общего энергопотребления [1].

Одной из глобальных задач мировой энергетики является сокращение потребления энергоресурсов. Это возможно благодаря внедрению мер по энергосбережению, таких как рекуперация тепла от оборудования и вторичное использование энергоресурсов.

В цехах сухого волочения проволоки, рассмотренных в данной работе, используются установки для волочения проволоки, которые охлаждаются циркулирующей водой. Общий расход охлаждающей воды составляет 108 м<sup>3</sup>/ч. Нагретая вода (32°C) сбрасывается в теплый бассейн, оттуда в градирню для охлаждения, а затем в охлаждающий бассейн (22°C). Охлаждающая вода обладает потенциалом получения тепловой энергии и в настоящее время не используется в технических процессах, но выбрасывается в окружающую среду.

Рекомендуется подавать теплую воду в теплообменник воздушного отопления в подающем устройстве. Система притока и вентиляции цеха состоит из 4 приточных агрегатов со средним расходом воздуха 20 000 кубометров в час. Расчеты показывают, что каждый блок питания должен быть оснащен 2-мя нагревателями, работающими параллельно за счет воды и воздуха. Схема системы рекуперации тепла циркулирующей воды показана на рисунке 2.

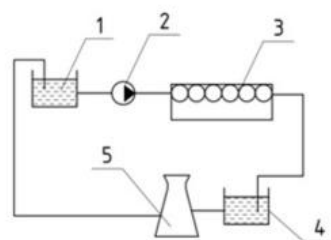


Рисунок 1 - Схема цикла охлажденной воды:  
1 - бассейн охлажденной воды, 2 - насос, 3 - волочильный стан,  
4 - бассейн теплой воды, 5 - градирня

Рисунок 1.

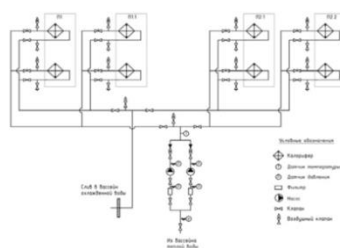


Рисунок 2 - Схема системы утилизации тепла

Рисунок 2.

Охлаждающей жидкостью в нагревателе является теплая вода после охлаждения машины для волочения проволоки. Рассчитывается и выбирается теплотворная способность системы, а также оборудование, необходимое для работы системы: насосный агрегат, трубопровод и система автоматического управления. Согласно расчетам, мощность, необходимая для нагрева воздуха, составляет 291 кВт, полезная мощность обогревателя - 126 кВт, следовательно, при температуре окружающей среды от  $-27^{\circ}\text{C}$  до  $-23^{\circ}\text{C}$  необходимо предварительно нагреть воздух в существующем воздушнонагревателе приточного устройства, работающего от сети отопления (рис. 3).

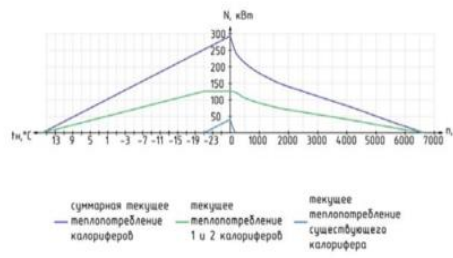


Рисунок 3 - График Россандера для приточной установки

Рисунок 3.

График Россандера позволяет определить, сколько тепла можно сэкономить, используя нагреватель, использующий тепло циркулирующей воды. Реализация предложенного плана позволит снизить потребление тепловой энергии на 2563,5 гкал в год.

Для реализации этого плана требуются затраты в размере 5,82 млн рублей, но он позволяет экономить 4,87 млн рублей в год, поэтому имеет низкий срок окупаемости - 1,2 года.

Тепловые насосы могут быть интегрированы непосредственно в производственные процессы для эффективного использования тепла, которое обычно было бы потеряно. Теплоизоляция и оптимизация систем: Улучшение теплоизоляции оборудования и оптимизация систем охлаждения могут снизить потери тепла и повысить эффективность утилизации тепла.

Утилизация тепла оборотной воды имеет большое значение с точки зрения снижения затрат на энергию и уменьшения воздействия на окружающую среду. Эти технологии могут быть адаптированы к различным отраслям и могут существенно улучшить энергетическую эффективность производства и использования ресурсов.

\*\*\*

1. Федоров С. Н. Приоритетные направления для повышения энергоэффективности зданий // Энергосбережение. 2009. № 5. С. 23–25.
2. Комков В. А., Тимахова Н. С. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве. — 2-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 204 с.









**LJournal**

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
№102, Октябрь 2023**

Часть 5

Подписано в печать 25.10.2023. Тираж 400 экз.  
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.12,20  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович