

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Ухтинский государственный технический университет»**  
**(УГТУ)**

# **Современные проблемы развития Европейского Севера - 2024**

Материалы  
Всероссийской научно-практической конференции  
(30-31 мая 2024 года)



Ухта  
УГТУ  
2024

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Современные проблемы развития Европейского Севера - 2024**

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(30-31 мая 2024 года)

УДК [5+6](061.3)

ББК 94 я5

К 65

**К 65 Конференция Всероссийская научно-практическая (30-31 мая 2024 года).**

Современные проблемы развития Европейского Севера : материалы конференции / под редакцией Р. В. Агинеи. – Ухта : Изд-во УГТУ, 2024. – 129 с. : ил. – Текст : электронный.

**ISBN 978-5-6051495-1-4**

В сборнике представлены доклады ежегодной Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы развития Европейского Севера», проходившей в Ухтинском государственном техническом университете 30-31 мая 2024 года.

Тематика докладов охватывает актуальные вопросы и тенденции, связанные с электроэнергетикой, метрологией, лесопромышленными технологиями; механикой и машиностроением; обеспечением комплексной безопасности производственных объектов, территорий промышленного освоения и технологических процессов; архитектуры и строительства.

Материалы сборника могут быть интересны широкому кругу представителей науки и производства, а также исследователей в области решения проблем промышленного освоения территорий Европейского Севера.

УДК [5+6](061.3)

ББК 94 я5

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, профессор Р. В. Агинеи (гл. редактор); канд. техн. наук, доцент Д. А. Борейко (зам. гл. редактора); доцент, канд. техн. наук М. А. Засовская (научный секретарь); канд. техн. наук Е. В. Тетеревлёва; канд. техн. наук В.Л. Савич; канд. техн. наук Т. В. Грунсковой; доцент, канд. техн. наук И. Д. Киборт; У. В. Рочева (секретарь).

Материалы, помещённые в настоящий сборник, даны в авторской редакции с минимальными правками.

Техническое редактирование и компьютерная вёрстка: В. В. Конева.

Ухтинский государственный технический университет, 2024

**ISBN 978-5-6051495-1-4**

План 2024 г., позиция 004(н).

Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman.

Уч.-изд. л. 6,8. Заказ № 391.

Ухтинский государственный технический университет.  
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, МЕТРОЛОГИЯ И ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>6</b>
Повышение эффективности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения газа на линейной компрессорной станции магистрального газопровода <i>Агеев А. Э.</i> <i>Научный руководитель - Тетеревлева Е. В.</i> .....	6
Использование программы Компас-3D в лесном проектировании <i>Коломинова М. В.</i> .....	9
Обработка информации в беспроводных сенсорных сетях <i>Базарова А. М., Дементьев И. А.</i> .....	13
К вопросу возобновления сплава древесины в Республике Коми <i>Бурмистрова О. Н., Бояркина А. С.</i> .....	17
Значение повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных дорог для лесной отрасли <i>Бурмистрова О. Н., Бояркина А. С.</i> .....	20
Внедрение технологии «Цифровая подстанция» на объекты действующей энергетики <i>Замилов А. А.</i> .....	23
Расчет армогрунтовых береговых опор деревянного моста на лесных дорогах методом конечных элементов <i>Лицингер Ю. К., Клевеко В. И.</i> .....	26
Сравнение результатов численного и аналитического методов расчета дорожной одежды переходного типа лесных дорог <i>Клевеко В. И., Рубенков В. Э.</i> .....	28
Метод совершенствования навыков афферентного синтеза при выполнении измерений <i>Севостьянова О. П.</i> .....	31
Совершенствование технологии строительства морозоустойчивых дорожных одежд лесовозных дорог <i>Мотрюк И. Н., Бурмистров Д. В.</i> .....	36
Косвенное определение температуры перегрева асинхронного двигателя <i>Старцев А. Э., Полетаев С. В.</i> .....	40
Геоинформационное обеспечение при трассировании лесовозных дорог / Geoinformation support for logging roads tracing <i>Меньшиков С. В.</i> .....	42
Рекомендации по оптимизации метрологического обеспечения калибровки средств измерений <i>Мучкинова Л. И., Отев К. С.</i> .....	46
Интеграция систем менеджмента качества (TQM) в эпоху цифровых логистических систем <i>Печенко Н. С.</i> .....	48
Методы диагностики состояния силовых трансформаторов в северных условиях эксплуатации <i>Тетеревлева Е. В., Отев К. С.</i> .....	50
Древесина – главный продукт леса <i>Чемшикова Ю. М.</i> .....	52
<b>СЕКЦИЯ 2. МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ.....</b>	<b>55</b>
Новейшие современные технологии и разработки наномеханики на примере нефтегазовой отрасли производства <i>Лебедь А. Д., Думицкая Н. Г.</i> .....	55

Мобильный агрегат для борьбы с нефтяными разливами на снегу или льду <i>Михеевская М. А., Михеевский Е. В.</i> .....	58
К определению массы почвенно-корневой системы <i>Савич В. Л., Михитаров А. Р.</i> .....	60
Математическое моделирование малоциклового усталостного разрушения металлов <i>Савич В. Л., Отев К. С.</i> .....	64
Перспективы использования нейронной сети для моделирования и оптимизации работы двигателей внутреннего сгорания <i>Тимохов Р. С., Тимохова О. М., Шакирзянов Д. И.</i> .....	68
<b>СЕКЦИЯ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	<b>72</b>
Геоэкологический анализ стратегических приоритетов социально-экономического развития Ненецкого автономного округа <i>Быкова М. В., Медведков А. А.</i> .....	72
Подбор оптимальных условий проведения эксперимента по исследованию адгезии эпоксидных покрытий <i>Григорьева Т. А.</i> .....	74
Проблемы подземного способа прокладки трубопровода в условиях крайнего севера <i>Дубровский М. А., Михайлов В. А.</i> .....	77
Разработка технологии регенерации ферромагнитных наночастиц для получения рабочей жидкости в цикле физико-химической очистки воды <i>Шабовта А. А.</i> <i>Научный руководитель - Ивенина И. В.</i> .....	79
Изменения положения южной границы криолитозоны Европейского Севера России под влиянием меняющегося климата <i>Осадчая Г. Г., Шполянская Н. А., Николаева Г. В.</i> .....	82
Проверка нормальности распределения результатов испытаний при определении содержания нефти в промысловой сточной воде <i>Пискайкина М. М.</i> .....	85
Исследование влияния актуального функционального состояния рабочего персонала бригад капитального ремонта скважин на реагирование при ГНВП <i>Токарева С. А.</i> .....	87
Изучение возможности введения строительного композиционного материала в криогельную основу на основе поливинилового спирта, в целях улучшения его воздействия на механические нагрузки <i>Уткин Р. О., Власов А. С.</i> .....	89
Анализ физико-механических свойств горных пород Ярегского месторождения для предотвращения свободной миграции закачиваемого пара в действующие горные выработки <i>Фомин А. И., Грунсковой Т. В.</i> .....	91
Исследование составов для изоляции горных выработок нефтешахт от прорывов пара в полевые штреки <i>Фомин А. И., Грунсковой Т. В.</i> .....	92
Аналитический обзор условий труда и случаев профессиональной заболеваемости на предприятиях нефтегазоперерабатывающей промышленности <i>Тихомирова К. С.</i> .....	95
<b>СЕКЦИЯ 4. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО</b> .....	<b>99</b>
Использование остановочных комплексов закрытого типа в климатических условиях Пермского Края / Use of closed type stoping complexes in the climatic conditions of the Perm Region <i>Александрова А. В., Бубнова Е. Д., Паздерина П. А., Сергеев А. С.</i> .....	99

Применение систем внутреннего подогрева на промышленных площадках, предотвращающих обмерзание <i>Иванов Г. С.</i>	
<i>Научный руководитель - Киборт И. Д.</i> .....	101
Метод мобильного лазерного сканирования автомобильных дорог / Method of mobile laser scanning of highways <i>Мазихина М. А., Сергеев А. С.</i> .....	104
Современные возможности формирования высокопрочных бетонов <i>Майорова Н. С.</i> .....	108
Музейное экспозиционное пространство в структуре «Старого города» в Ухте <i>Миронюк А. В.</i> .....	110
Применение декоративных знаков в благоустройстве городских территорий Северных регионов <i>Михайленко Е. В.</i> .....	113
Виртуальная реальность в дорожном строительстве / Virtual reality in road construction <i>Наумов А. А., Садыков Р. Р., Сергеев А. С.</i> .....	118
Негативное влияние антигололедных реагентов на асфальтобетонное покрытие / The negative effect of deicing reagents on asphalt concrete pavement <i>Романов К. К., Первухин Н. А., Власова Е. А., Сергеев А. С.</i> .....	121
Сравнение методов расчёта осадок свайных фундаментов <i>Девальтовский Е. Э., Скучина Е. В.</i> .....	124
Перегрузатели асфальтобетонных смесей / Handlers for asphalt concrete mixtures.....	
<i>Толоковский М. А., Сергеев А. С.</i> .....	126
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	129



## СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, МЕТРОЛОГИЯ И ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.3.078.3

### Повышение эффективности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения газа на линейной компрессорной станции магистрального газопровода

Агеев А. Э.

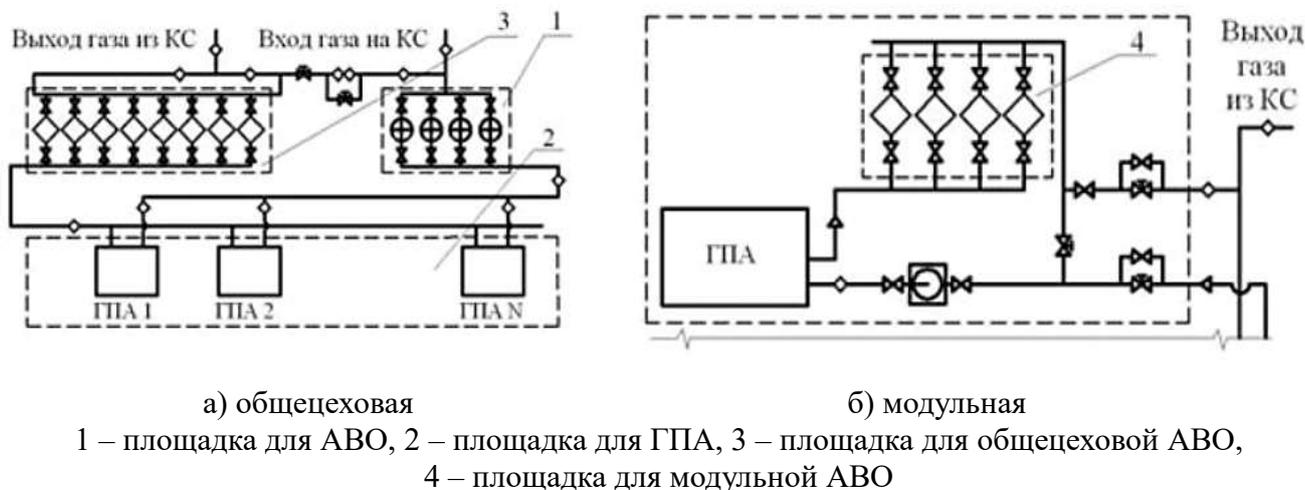
Научный руководитель - Тетеревлева Е. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

Разработка предложений по повышению эффективности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения газа на линейной компрессорной станции магистрального газопровода имеет важное значение в современных условиях, когда увеличивается потребность в газе и магистральные газопроводы играют ключевую роль в транспортировке газа на большие расстояния.

Повышение эффективности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения газа на компрессорной станции позволяет сократить расходы на электроэнергию и уменьшить нагрузку на энергетические системы, что приводит к экономии ресурсов и снижению затрат на производство. Кроме того, оптимизация работы аппаратов воздушного охлаждения газа может повысить уровень эффективности и безопасности на производстве. [1]

В настоящее время известны и широко применяются общецеховая и модульная компоновка оборудования КС и, в частности, компоновка газоперекачивающего агрегата и установки воздушного охлаждения газа (рисунок 1).



а) общецеховая

б) модульная

1 – площадка для АВО, 2 – площадка для ГПА, 3 – площадка для общецеховой АВО,  
4 – площадка для модульной АВО

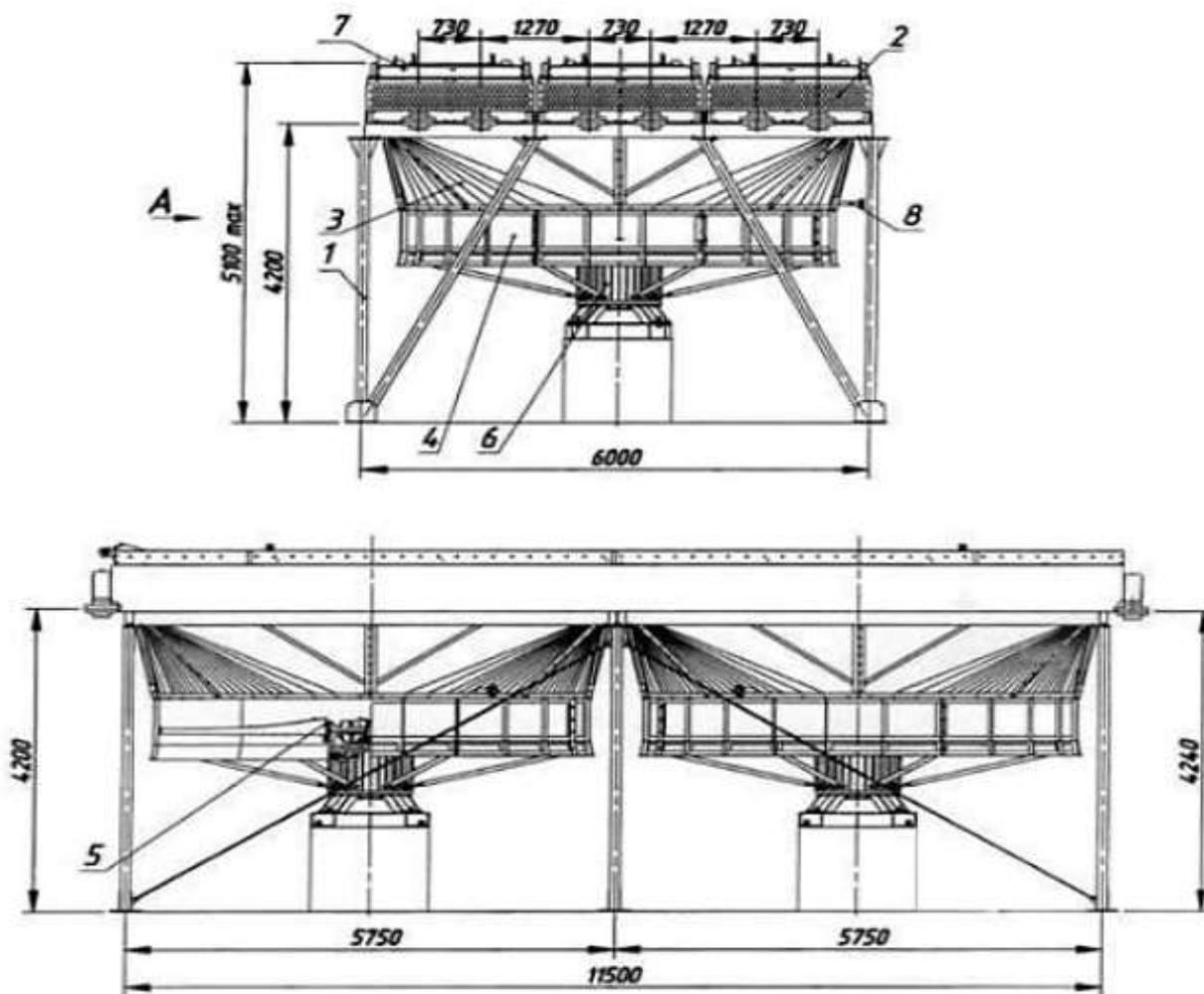
Рисунок 1 – Компоновка оборудования КС

Для охлаждения газа используется установка охлаждения газа, которая включает в себя несколько параллельно работающих аппаратов воздушного охлаждения газа. В каждом из этих аппаратов имеется электроприводной вентилятор, который прокачивает воздух через оребренные трубки теплообменного аппарата, в которых находится газ. В результате теплообмена между газом и воздухом происходит понижение температуры газа.

Конструкция аппарата воздушного охлаждения горизонтального типа АВГ изображена на рисунке 2. [2]

На КЦ-6 КС «Сосногорская» применяется модульная компоновка оборудования, АВО газа для каждого ГПА своё (рисунок 3).

В качестве основного аппарата воздушного охлаждения КЦ-6 КС «Сосногорская» используется АВГ МГ, который предназначен для обеспечения охлаждения газа, который поступает в результате сжатия. Он обеспечивает эффективное охлаждение газа и позволяет контролировать процесс охлаждения для достижения наилучшего результата.



1 – Металлоконструкция, 2 – Секция, 3 – Диффузор, 4 – Коллектор вентилятора, 5 – Колесо вентилятора, 6 – Электродвигатель, 7 – Жалюзи, 8 – Увлажнитель воздуха

Рисунок 2 – Аппарат воздушного охлаждения горизонтального типа АВГ

Установка охлаждения газа включает в себя 48 аппаратов воздушного охлаждения газа АВГ МГ, в компоновке по 8 секций, каждая из которых включает в свой состав по 6 вентиляторов.

Системы воздушного охлаждения газа АВГ МГ широко распространились и некоторые из них эксплуатируются уже более 30 лет. За это время, прошло множество исследований, разработок и нововведений в конструкции этих аппаратов для повышения их эффективности. Наиболее перспективными направлениями являются:

1. Использование композитных материалов в рабочем колесе аппарата воздушного охлаждения, чтобы достичь более эффективной работы благодаря возможности создавать более сложные аэродинамические формы лопастей. Кроме того, элементы рабочих колес из композитных материалов являются более легкими по сравнению с металлическими.

2. Изменение углов атаки лопастей вентиляторов является одним из способов увеличения эффективности аппарата воздушного охлаждения, благодаря чему можно задавать угол атаки лопастей. Регулировка лопастей вентилятора позволяет экономить до 10% электроэнергии.

3. Установка частотно-регулируемых приводов на двигатели, чтобы управлять частотой вращения вентиляторов и обеспечить более гладкое регулирование и точный контроль температуры на выходе из аппарата для воздушного охлаждения газа. [3]

В настоящее время существует множество проблем, связанных с эффективным охлаждением газов и использованием энергозатратных устройств на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Однако, для решения данной проблемы существует новейшее и наиболее эффективное решение – установка частотно-регулируемого привода в аппарате воздушного охлаждения газа.

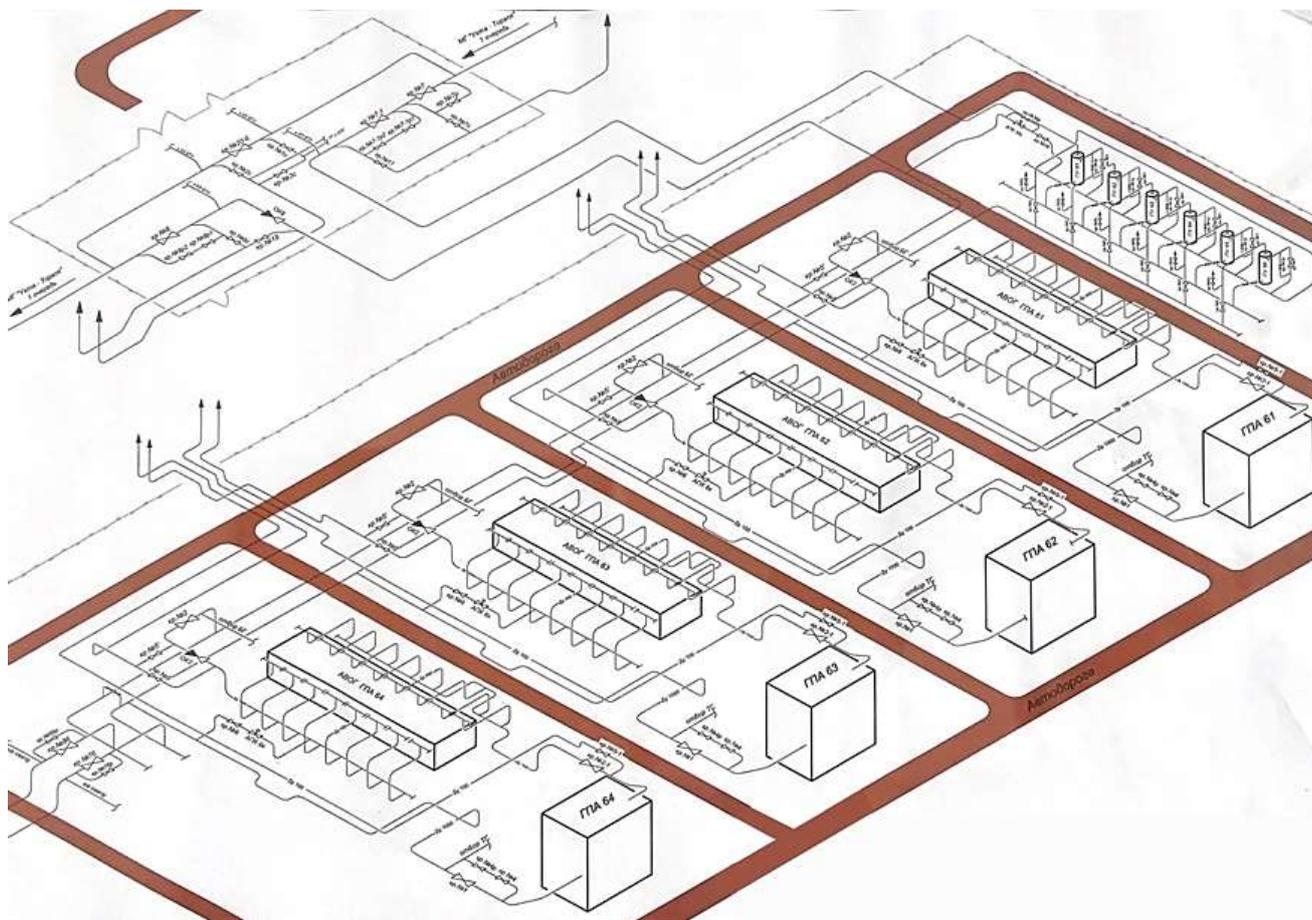


Рисунок 3 – Технологическая схема КЦ-6

Изначально проблема охлаждения газов на компрессорных станциях состояла в необходимости обеспечения оптимальной температуры газа, который поступает в трубопровод. Это необходимо для того, чтобы компрессоры могли создавать необходимое давление и пропускную способность. Однако, обычно на практике возникали проблемы с тем, что оборудование не могло выдерживать перегрев, в результате чего ресурс его эксплуатации резко снижался.

В связи с этим, для решения текущей проблемы было решено воспользоваться новым решением – установкой частотно-регулируемого привода. Он позволяет не только оптимально регулировать температуру газа, но и позволяет увеличить время эксплуатации всего оборудования, повысить эффективность работы и экономию ресурсов в целом.

Принцип работы частотно-регулируемого привода заключается в изменении частоты вращения электродвигателя, что позволяет управлять пропускной способностью компрессоров. Он также может автоматически регулировать скорость и мощность, чтобы соответствовать изменяющейся нагрузке и температуре газа. Этот процесс осуществляется с помощью частотного преобразователя.

Он может быть реализован благодаря специальной системе управления, которая регулирует скорость вращения компрессора. Таким образом, удастся снизить потребление электроэнергии, а также существенно сократить затраты на расходующиеся материалы. Частотно-регулируемый привод отличается от обычного привода, который обычно используется в компрессорных станциях, тем, что он способен регулировать скорость вращения компрессора.

Подводя итог, установка частотно-регулируемого привода в аппарате воздушного охлаждения газа – это мощнейший инструмент для повышения производительности и энергосбережения, соответствующий требованиям и нормам безопасности и стабильности работы в условиях качества. Это надежное и действительно эффективное решение, которое может стать отличной основой для успешной работы компрессорной станции магистрального газопровода. [4]

### Библиографический список:

1. Neftegaz.RU [Электронный ресурс] / Компоновка установок газоохлаждения на линейных и дожимных компрессорных станциях. – Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/oborudovanie/539729-komponovka-ustanovok-gazookhlazhdeniya-na-lineynykh-i-dozhimnykh-kompressornykh-stantsiyakh/> . – (Дата обращения: 14.03.2024).
2. Neftegaz.RU [Электронный ресурс] / Установка охлаждения газа (УОГ). – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/141740-ustanovka-okhlazhdeniya-gaza-uog/> . – (Дата обращения: 20.03.2024).
3. disserCat [Электронный ресурс] / Повышение эффективности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения на магистральных газопроводах. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-ekspluatatsii-apparatov-vozdushnogo-okhlazhdeniya-na-magistralnykh-> . – (Дата обращения: 25.04.2024).
4. Cyberleninka [Электронный ресурс] / Оценка эффективности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения газа нового поколения. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-ekspluatatsii-apparatov-vozdushnogo-okhlazhdeniya-gaza-novogo-pokoleniya> . – (Дата обращения: 25.04.2024).

УДК 004.925:630

### Использование программы Компас-3D в лесном проектировании

Коломинова М. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы организации учебного процесса по направлениям подготовки бакалавров 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств и магистров 35.04.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств. В частности, рассматриваются вопросы применения в обучении компьютерной программы Компас-3D, с помощью которой можно создать всевозможные чертежи, эскизы, схемы и планы проектируемых участков.

**Ключевые слова:** проектный анализ, компьютерные программы, план.

«Компас» – семейство систем автоматизированного проектирования, универсальная система автоматизированного проектирования, позволяющая в оперативном режиме выпускать чертежи изделий, схемы, спецификации, таблицы, инструкции, расчетно-пояснительные записки, технические условия, текстовые и прочие документы. Разрабатывается российской компанией «Аскон». Название линейки является акронимом от фразы «комплекс автоматизированных систем» [1].

«Компас» выпускается в нескольких редакциях: «Компас-График», «Компас-Строитель», «Компас-3D», «Компас-3D LT», «Компас-3D Home». «Компас-График» может использоваться и как полностью интегрированный в «Компас-3D» модуль работы с чертежами и эскизами, и в качестве самостоятельного продукта, предоставляющего средства решения задач 2D-проектирования и выпуска документации.

Лесное проектирование – это разработка и создание проектной документации лесного участка, проектов освоения лесов и иной лесоустроительной документации. Также предусматривается выполнение всех необходимых чертежей для лесосечно-транспортных работ и схем различных цехов для нижнескладских работ.

Для создания проектов в ландшафтной архитектуре студентам также необходимо уметь владеть различными компьютерными программами и особенно программой Компас-3D, так как именно в ней имеется возможность четких построений.

В статье прошлой годней конференции рассматривалось использование программы Ландшафтный Дизайн 3D в лесном и ландшафтном проектировании. На рис. 1 приводится

проект приусадебного участка, который был выполнен в программе Ландшафтный Дизайн 3D и который дает объемное представление об объекте [2].

На рис. 2 показано, как будет выглядеть план приусадебного участка, выполненный в программе Компас-3D.

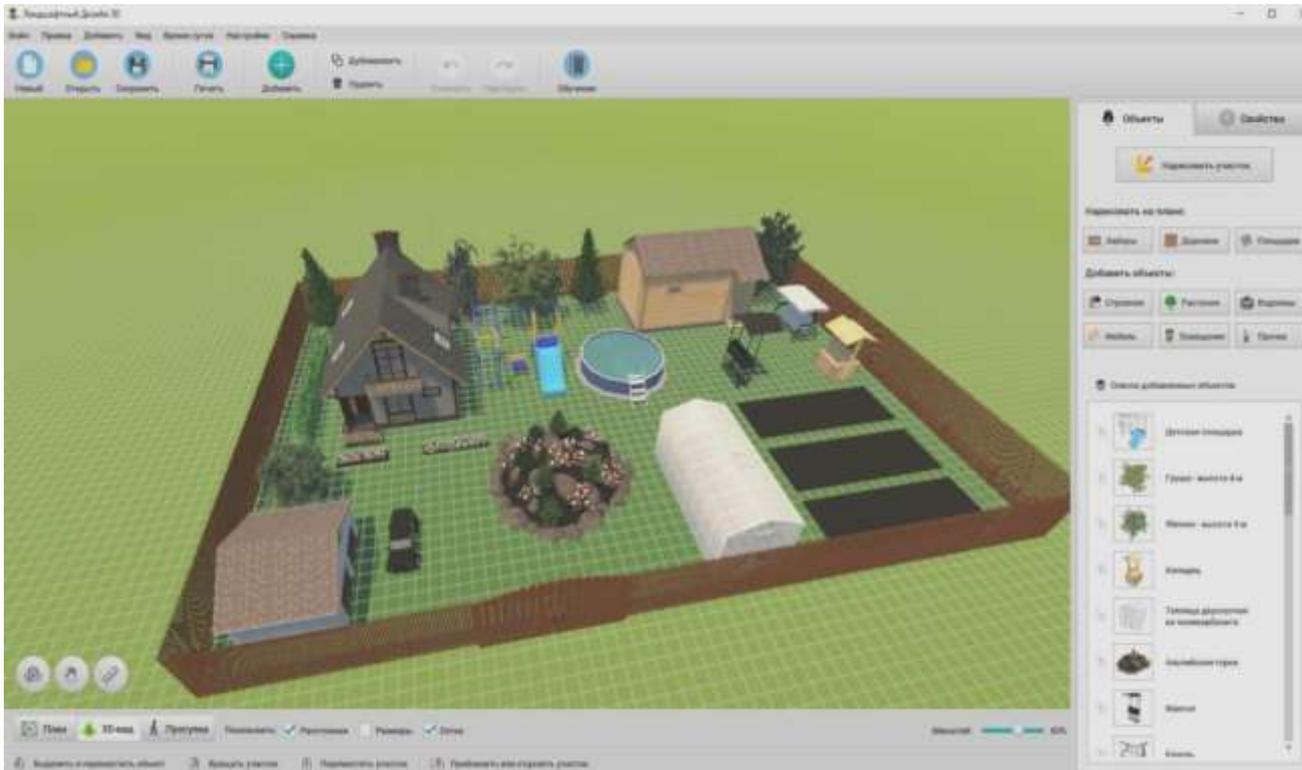


Рисунок 1 – Проект приусадебного участка

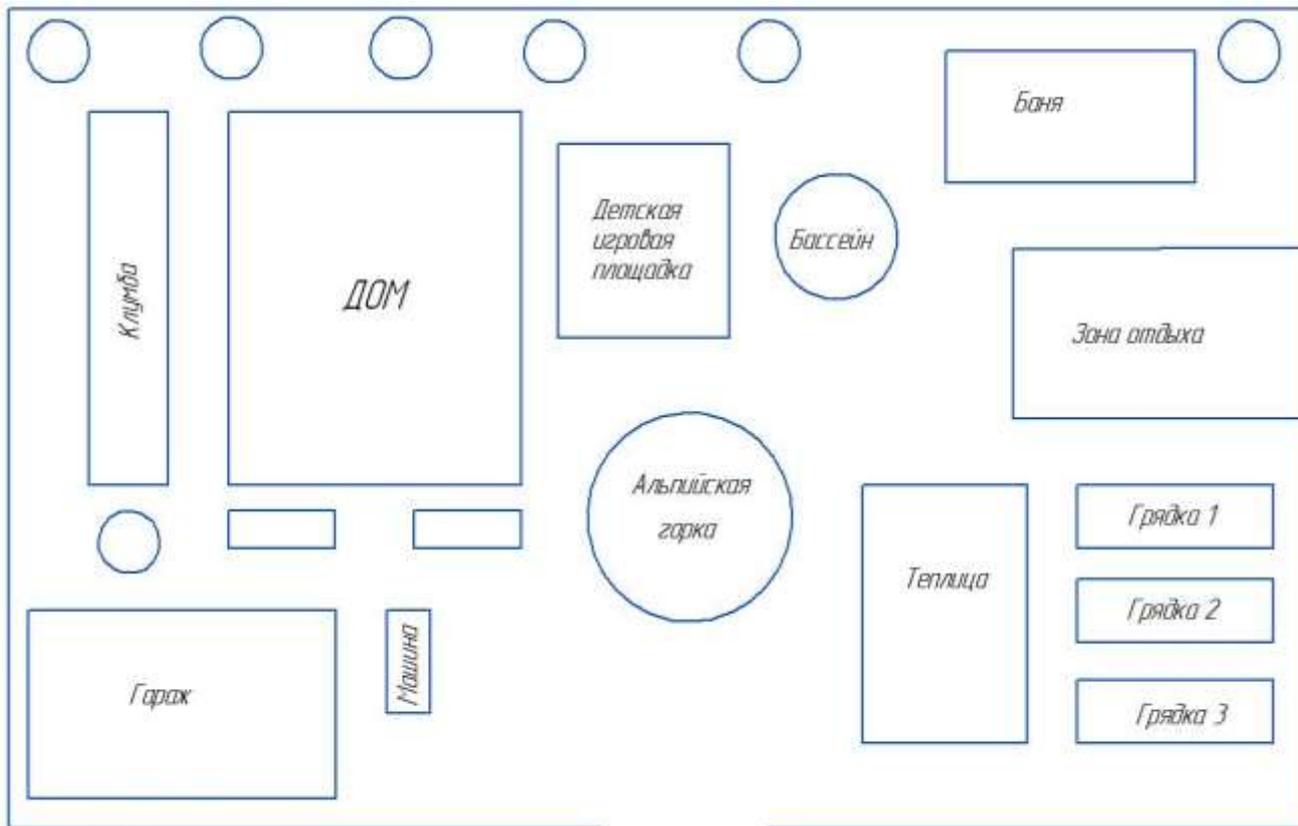


Рисунок 2 – План проектируемого приусадебного участка, вычерченный в программе Компас-3D

Вопросы компьютерного проектирования в области лесозаготовительного производства также являются очень актуальными как непосредственно на предприятиях, так и в процессе обучения студентов.

Например, при проектировании лесопильного цеха компанией «Интехком» (г. Вологда) на базе круглопильных станков будет использоваться следующее оборудование [3]:

1. Загрузочный стол.
2. Устройство поштучной подачи (разборщик бревен РБ-1).
3. Продольный цепной транспортер для бревен (бревнотаска).
4. Брусующий станок 2ЦБС-400.
5. Продольный цепной транспортер с кантователем.
6. Поперечный транспортер для лафета.
7. Подающий центрирующий механизм ВМЦ.
8. Многопильный брусующий станок 2Ц-250.
9. Рольганг с поперечным сбрасывателем.
10. Поперечный транспортер для необрезных досок и горбыля.
11. Неприводной рольганг.
12. Обрезной станок ЦСО-1000.
13. Рольганг приводной.
14. Поперечный транспортер для досок.
15. Рольганг с поперечным сбрасывателем.
16. Поперечный сортировочный транспортер.
17. Ленточный транспортер для отходов.
18. Ленточный транспортер для опилок.
19. Рубительная машина.
20. Скребок-транспортер для щепы и опилок.

На рис. 3 изображена схема данного цеха, выполненная в программе Компас-3D.

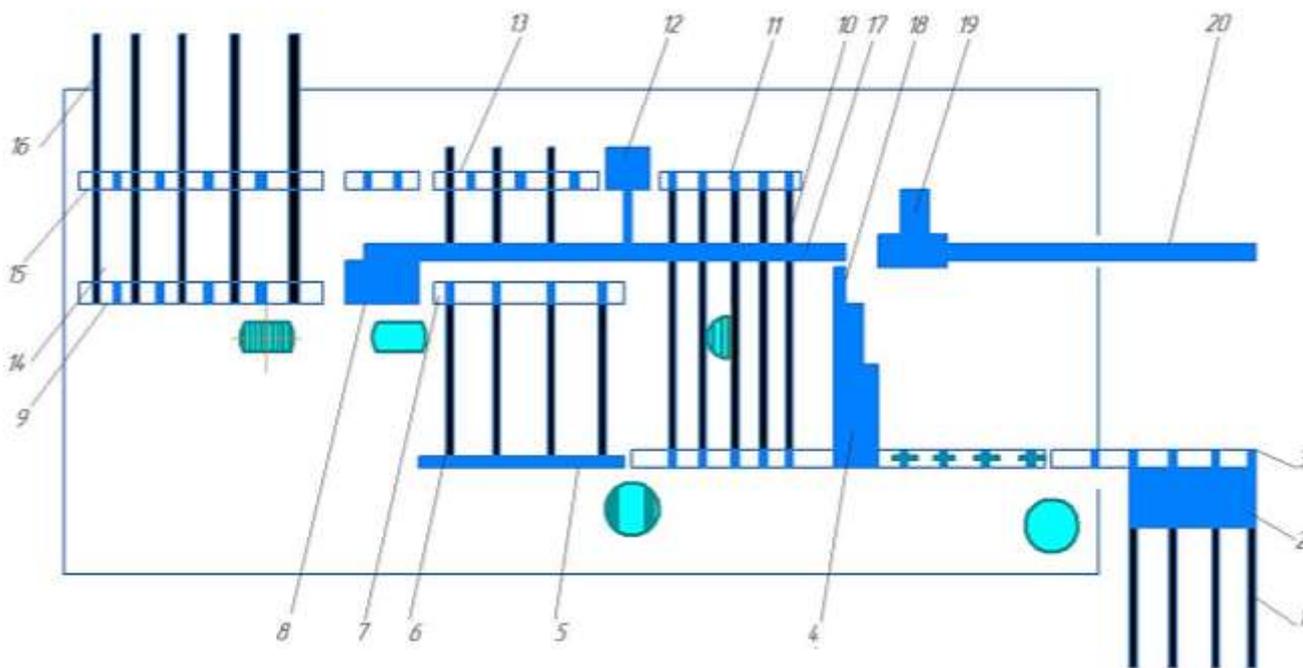


Рисунок 3 – Схема лесопильного цеха на базе круглопильных станков с сайта компании «Интехком», выполненная в программе Компас-3D

Если рассматривать проектирование цеха по производству оконных блоков, то на схеме цеха, выполненной в программе Компас-3D (рис. 4), отображены следующие позиции:

1. Линия сращивания LSP-90.
2. Торцовочный станок СМА-10.

3. Четырехсторонний станок S16-4.
4. Пневматический пресс (вайма) VSP-200.
5. Клеенамазывающее устройство KU-90.
6. Стеллажи с готовой продукцией.
7. Стол для установки фурнитуры и упаковки окон.
8. Стол для шлифовки окна.
9. Стеллаж для хранения окон.
10. Пневматическая вайма VSP-100 для сборки окна.
11. Оконный центр LGS-1000. Профилирующий блок.
12. Оконный центр LGS-1000. Зашиповочный блок.
13. Торцовочный станок СМА-10.
14. Рольганг.
15. Штабель пиломатериалов.
16. Тележка.
17. Рабочее место.

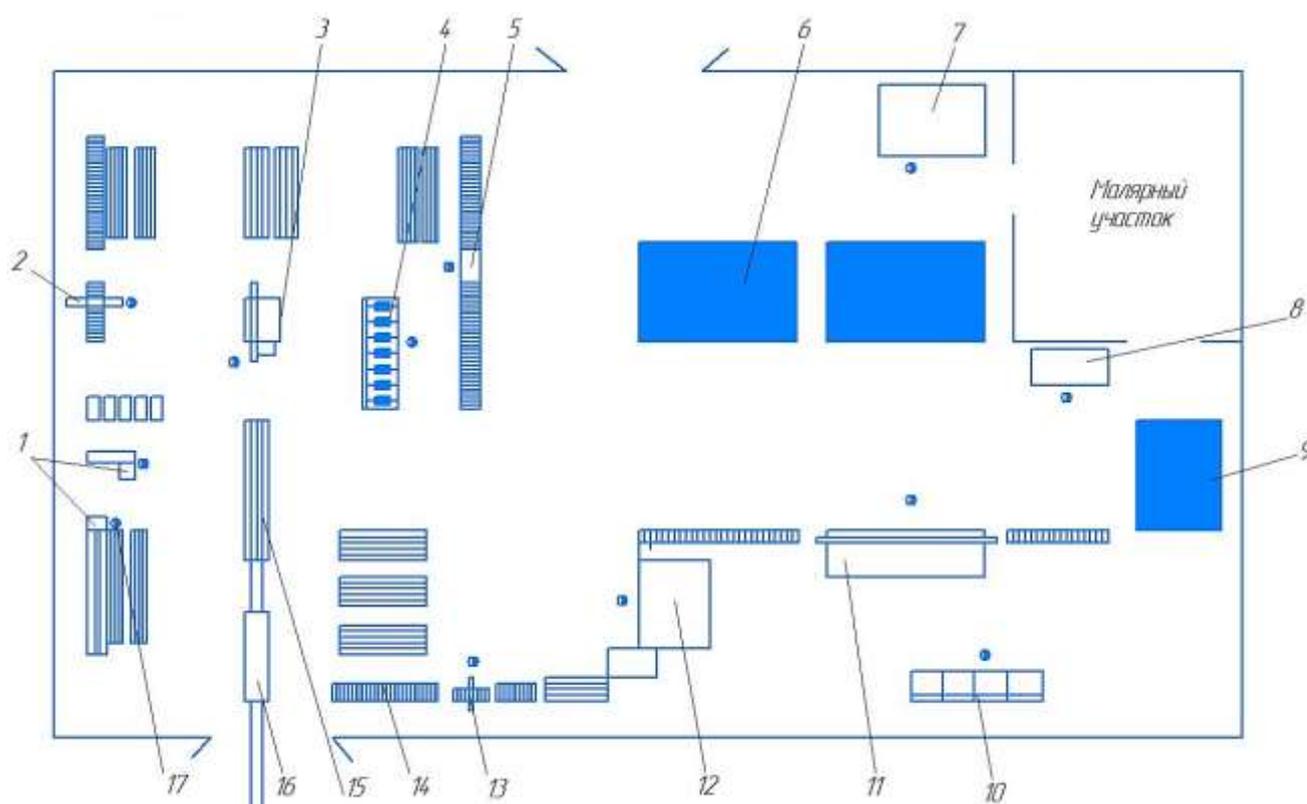


Рисунок 4 – Схема цеха по производству оконных блоков, выполненная в программе Компас-3D

Таким образом, программа Компас-3D очень удобна для выполнения различных чертежей, эскизов, схем и планов проектируемых участков и поэтому очень рекомендуется для применения в учебном процессе.

#### Библиографический список:

1. Официальный сайт АСКОН. – Режим доступа: <https://ascon.ru>.
2. Официальный сайт программы Ландшафтный дизайн 3D. – Режим доступа: <https://landscape3d.ru>.
3. Официальный сайт компании «Интехком». – Режим доступа: <https://intechwood.ru/oborudovanie/kruglopilnye-lesopilnye-linii/lesopilnaja-linija-do-200-m3-v-smenu>.

## Обработка информации в беспроводных сенсорных сетях

Базарова А. М., Дементьев И. А.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** в статье рассматривается проблематика использования беспроводных сенсорных сетей, которые позволяют передавать быстро большое количество информации и обрабатывать ее

**Ключевые слова:** сенсор, сеть, топология, энергопотребление, узел сети

Одной из главных проблем в работе любого производства является проблема автоматизации различных процессов. Сенсорные сети являются средством, которое позволяет собирать данные о конкретных объектах без участия человека. Однако, использование беспроводных сенсорных сетей сопровождается рядом серьезных проблем, таких как срок эксплуатации, нарушение работы сенсора, ограниченный энергоресурс у узла сети и ряд других проблем [2].

Если рассматривать потребление электроэнергии узлом беспроводных сенсорных сетей, то можно заметить, что наиболее точной методикой для такого анализа является получение и изучение экспериментальных данных, так как при теоретическом имеется проблема с низкой точностью и трудозатратностью. Для того, чтобы проанализировать энергопотребление узла сети, необходимо рассмотреть его общую структуру, которая представлена на рисунке 1.

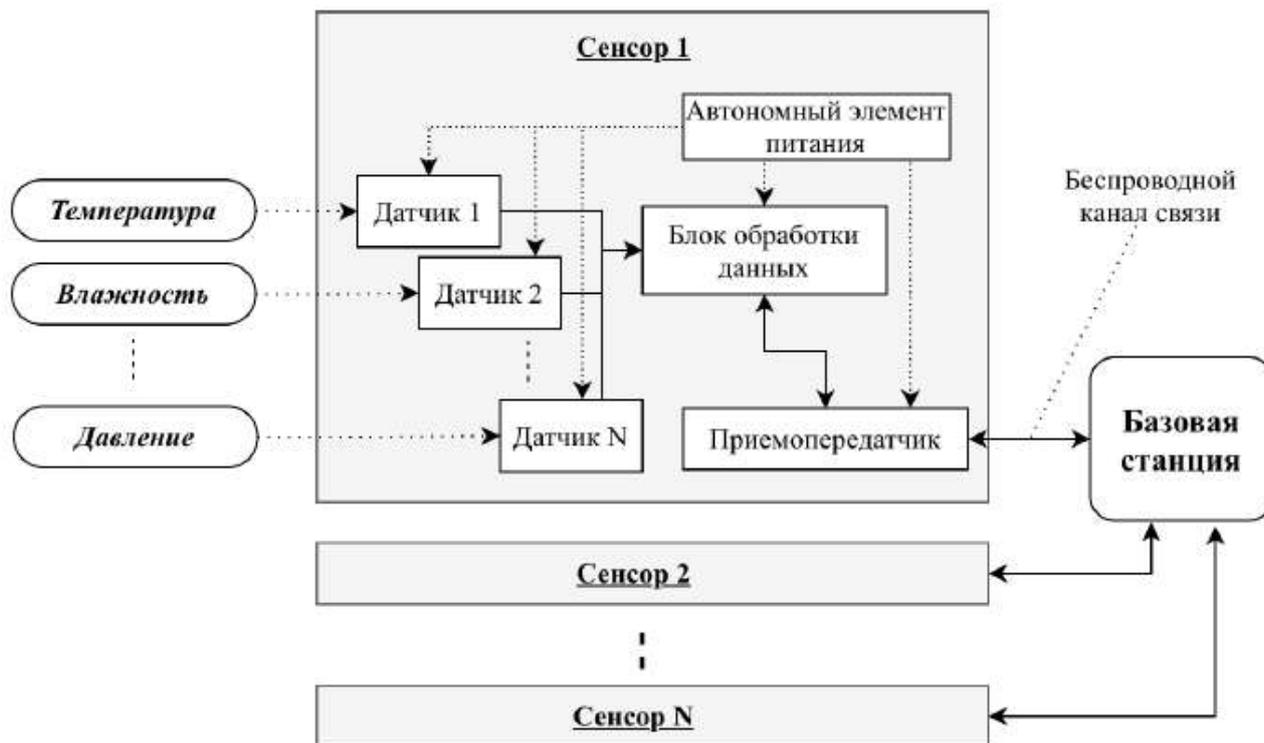


Рисунок 1 – Структура узла

Узел сети измеряет различные параметры, обрабатывает их и затем посылает на станцию, которая получает информацию с различных сенсоров, находящихся в разных местах. При этом можно заметить, что из всех существующих топологий сети используются: «звезда», «дерево», «ячеистая». Они представлены на рисунке 2.

Топологии по буквами а и б используется для того, увеличивать зону покрытия сети, это происходит за счет использования маршрутизации данных. Проблема заключается в том, что при использовании топологий б и в, будет появляться лишняя нагрузка на некоторые узлы сети. В результате использование энергопотребления возрастает в разы.

На рисунке 3 представлен график энергопотребления одного рабочего цикла узла беспроводной сенсорной сети на базе одной из микросхем.

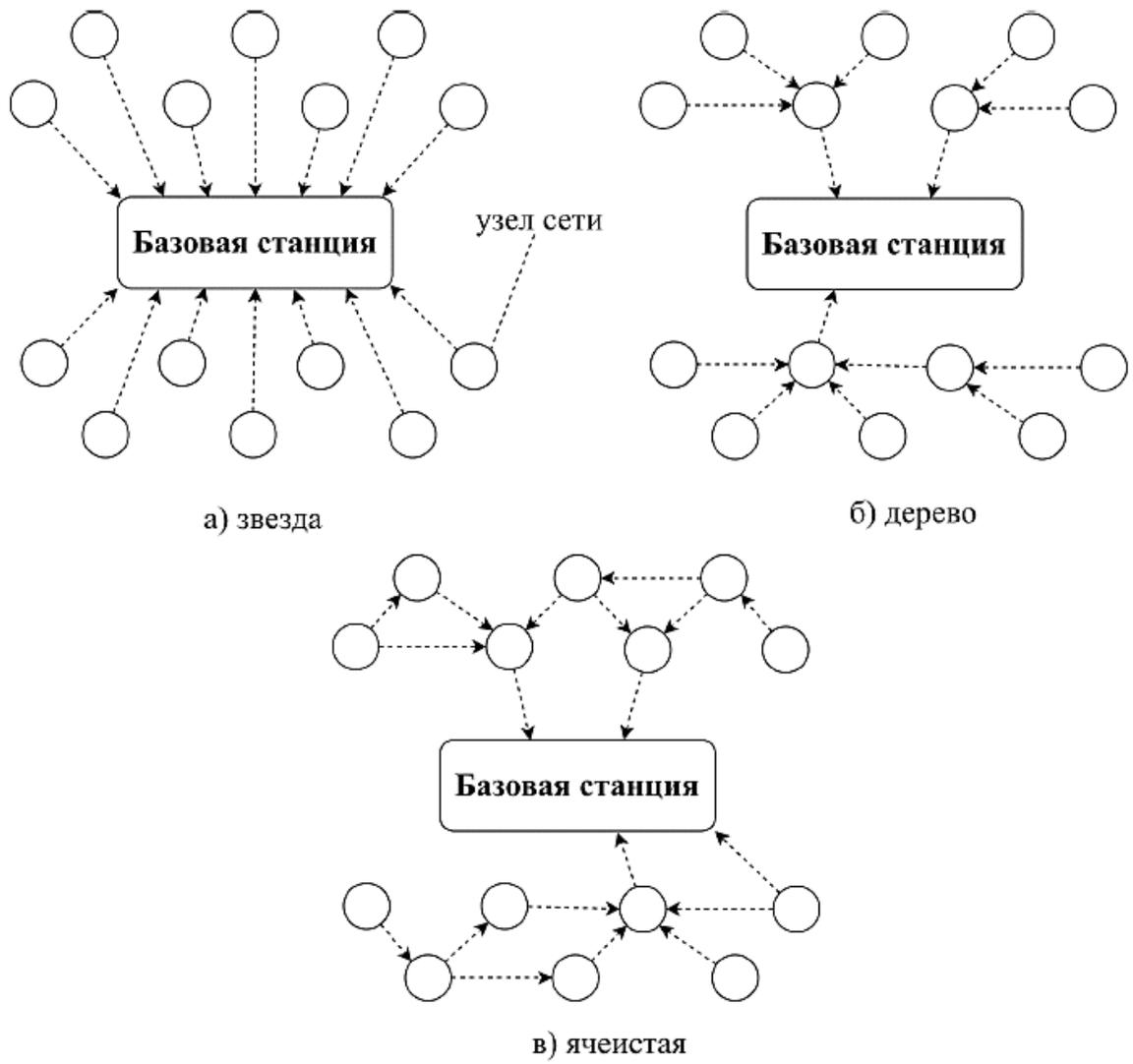


Рисунок 2 – Топологии сетей

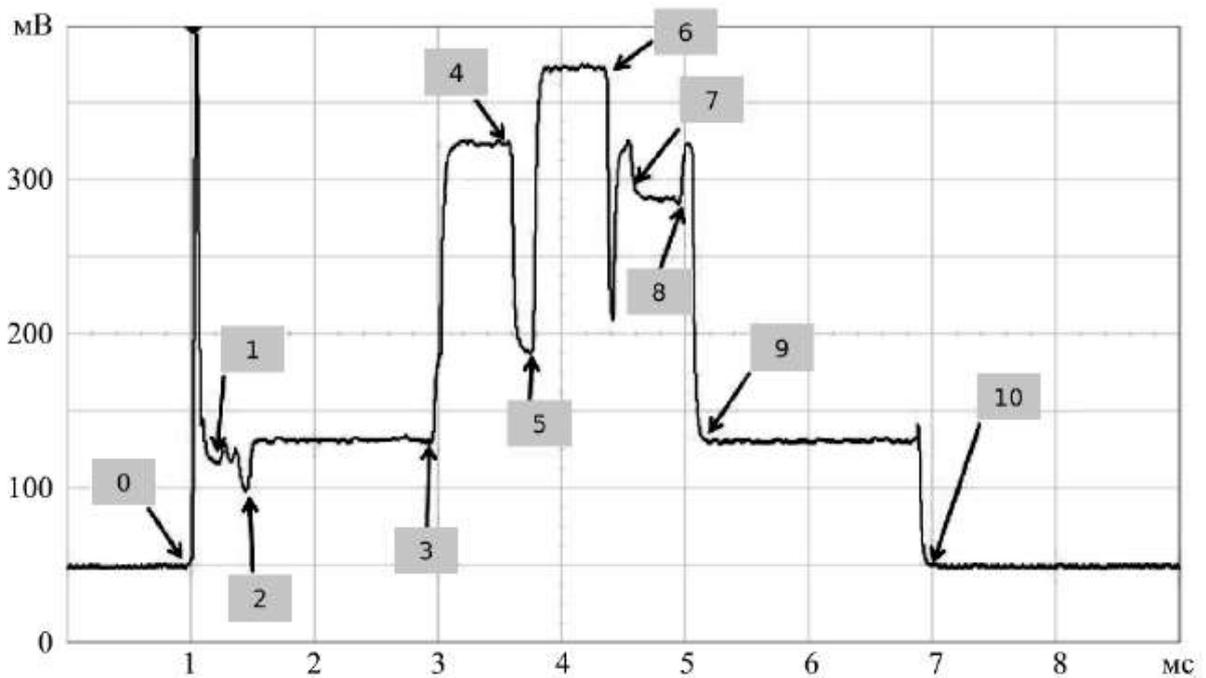


Рисунок 3 – График энергопотребления [2]

На рисунке 4 представлены этапы энергопотребления узла (один рабочий цикл).

Период	Операция	Напряжение, мВ	Ток, мА	Время, мс	Потребление тока, мА*мс
До 0	Спящий режим	-	0.001	-	-
0 - 1	Переход в рабочий режим	120	12	0.2	2.4
1 - 2	Запуск микроконтроллера на 16МГц	60	6	0.3	1.5
2 - 3	Переход микроконтроллера на 32МГц	75	8	1.7	12.8
3 - 4	RX режим (CMSA/CA алгоритм)	270	27	1.2	32.5
4 - 5	Переключение в TX режим	140	14	0.2	2.8
5 - 6	Передача MAC адреса	320	32	0.6	18.6
6 - 7	Переключение в RX режим	250	25	0.2	5.0
7 - 8	Получение MAC АСК от координатора	235	24	0.4	8.2
8 - 9	Обработка полученного ответа	250	25	0.2	3.8
9 - 10	Завершение работы	75	8	1.8	13.1
После 10	Спящий режим	-	0.001	-	-

Рисунок 4 - Этапы энергопотребления узла [2]

Анализ полученных данных показал, что большая часть энергии тратится на связь по беспроводной сенсорной сети, а это, в свою очередь, ведет к увеличению затрат на использование электроэнергии. Энергопотребление сенсора является переменным, при обработке полученных данных можно заметить, что расход будет составлять 15 мА, а при той же отправке данных – до 22 мА. В связи с тем, что существует огромное количество различных реализаций сенсора, параметры могут отличаться на то или иное значение. Общее энергопотребление можно выразить через формулу [1]:

$$E(t)=E(S)+E(MCU)+E(SENSOR)+E(RX)+E(TX)+E(OTHER) \quad (1)$$

Так как расчет значений параметров является достаточно сложным, данная методика расчета является не до конца четкой из-за различий в технической реализации сенсоров. На основе проанализированных данных, был разработан алгоритм, представленный на рисунке 5.

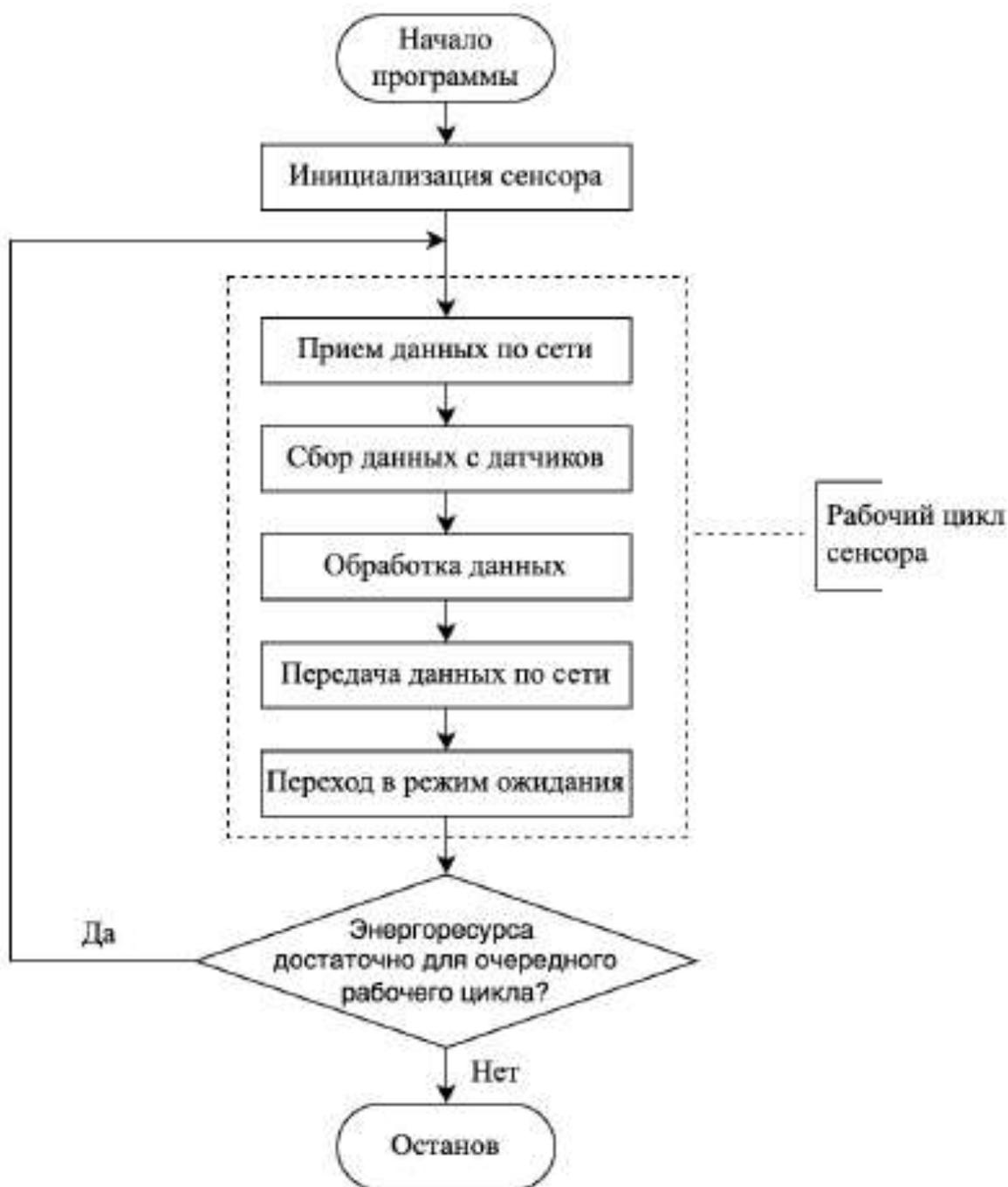


Рисунок 5 – Алгоритм работы сенсора

Беспроводные сенсорные сети позволяют решать огромное количество задач, которые ставят перед производством. Благодаря различным процессам в области автоматизации, обработка и передача данных занимает все меньше время, однако, поскольку она требует значительных ресурсов и вложений, все еще имеется ряд серьезных проблем. Их разрешения позволит использовать минимальное количество ресурсов для работы с различной информацией.

#### Библиографический список:

1. Галкин, П. В. Анализ энергопотребления узлов беспроводных сенсорных сетей // ScienceRise. 2014. № 2 (2). С.55–61.
2. Юлдашев, М. Н. Анализ топологий и архитектур беспроводных сенсорных сетей // Сборник трудов Молодежной международной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы» Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016.

## К вопросу возобновления сплава древесины в Республике Коми

Бурмистрова О. Н., Бояркина А. С.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

Сплав древесины – это традиционная технология транспортировки древесины по водным объектам, таким как реки и озера. Этот метод древний и широко используется в лесной промышленности для перевозки древесины с мест ее заготовки до места дальнейшей переработки или продажи. Процесс сплава древесины начинается с заготовки и подготовки древесины на лесозаготовительных участках. Для этого используются специальные лесозаготовительные машины, которые срубают и обрабатывают деревья, делая их готовыми к транспортировке. Затем древесина складывается во временные сооружения, называемые плотами или стремянками, и сплавляется по водным маршрутам с использованием специальных судов – плотов или барж.

На протяжении всего маршрута сплава деревьев требуется контроль качества загруженной древесины и ее правильное распределение на плавучих сооружениях. Также важно учитывать погодные условия, течение воды и другие факторы, которые могут повлиять на процесс сплава.

Прибытие деревьев на место назначения завершает процесс сплава. Далее древесина может быть дальше переработана или использована для производства различных изделий.

В Коми сегодня все чаще поднимают вопрос о возобновлении сплава древесины. Причина: более 60% автомобильных дорог Республики Коми не соответствуют нормативам, а виной тому перегруженные тяжеловозы, в основном те, что транспортируют лес. Чтобы республика не осталась вовсе без автотрасс, лесопромышленникам настоятельно рекомендуют обратить внимание на транспортировку древесины водными путями. Или же вкладываться в ремонт дорог, как это делают газовики. Дороги находятся в неудовлетворительном состоянии и весной становятся практически непрезжаемыми (рис.1)



Рисунок 1 – Лесовозная дорога

В настоящее время серьезно рассматривается вопрос о полном закрытии нескольких дорог для лесовозов. Речь идет о трассах в Прилузском и Усть-Куломском районах, где ситуация, просто вопиющая: из-за того, что перевозчики пренебрегают нормами загрузки машин, жители нескольких населенных пунктов периодически остаются отрезанными от «большой земли».

Так, в 2015 году лесовозом был поврежден наплавной мост через Вычегду в районе Вольдино (Усть-Куломский район), деформирован корпус баржи. У моста стоял знак ограничения веса проезжающих по переправе машин: не более 30 т. Но, в результате того, что по мосту проехал лесовоз с явным перегрузом, теперь мост едва-едва может выдержать нагрузку в 10 т. Сейчас по Вольдинскому мосту грузовому транспорту, по сути, ездить нельзя, но водители все равно рискуют - и мостом, и собственными жизнями. водитель лесовоза с явным перегрузом, рискнувший проехать через мост в районе с. Верхолузье Прилузского района в марте 2017 года еле остался жив. Мост был рассчитан на 3,5 т, а лесовоз вместе с грузом, как позже выяснилось, «тянул» на все сорок! Переправа провалилась, лесовоз перевернулся, машина рухнула на внушительную гору обломков моста и перевозимого сортиментов.

Перегруженные лесовозы, являются зачастую злостными нарушителями и это представители малого бизнеса или арендаторы из соседних регионов. Первые идут на перегруз в целях экономии - чтобы тратить меньше времени на перевозку древесины и средств на горючее, вторые рассуждают так: мы здесь временно, а после нас хоть трава не расти.

Если перегруженный лесовоз не может по каким-то причинам пройти определенный участок, допустим, из-за низкой пропускной способности моста (горе-бизнесмены посылают две-три машины, которые, пройдя «критическую точку», разгружают бревна прямо на проезжей части и укладывают их на один лесовоз. ( рис.2).

А ведь по разбитому лесовозами участку дороги приходится отправлять школьный автобус. Иногда, чтобы транспорт с детьми не застрял, его сопровождает машина со спасателями.



Рисунок 2 – Разгрузка бревен на проезжей части

Подобных ситуаций можно было бы избежать, если бы на аукционы аренды не выставляли лесные участки в тех местах, где древесину можно вывозить только по дорогам общего пользования, которые уже находятся в неудовлетворительном состоянии. Нужно заранее оговаривать и вопрос восстановления дорог за счет арендатора. Необходимо, чтобы арендаторы заранее выделяли бы средства на ремонт дорог в качестве компенсации за их повреждение при вывозке сортиментов.

Конечно, в Коми есть и лесопромышленные предприятия, которые относятся к дорогам общего пользования по-хозяйски. В отличном состоянии грунтовка в Усть-Куломском районе, которую взяло на содержание предприятие «Комилесбизнес», к тому же эта компания выкупила старый железнодорожный тупик, чтобы по максимуму снизить нагрузку на автодороги. Средства на ремонт дорог регулярно выделяет «Монди СЛПК». Прошедшим летом два предприятия из Троицко-Печорского района - «Азимут» и «ПечораЭнергоРесурс» выделили средства на приведение в порядок дороги от райцентра до пос. Якша, в районе которого они ведут заготовки. Общая протяженность этой дороги около 120 км, половина покрытия - асфальт, а дальше грунтовка, последние 35 км дороги за прошедшее лето пришли в такое состояние, что там даже внедорожники намертво застревают. За счет средств, выделенных лесопромышленниками в рамках соглашения о социальном партнерстве с властями района, удалось закупить гравия в десять раз больше, а также профинансировать замену труб, углубление кюветов, вырубку придорожного кустарника.

На совещании, посвященном дорожной проблеме, которое прошло в начале осени в Госсовете Республики Коми, и на недавнем заседании республиканской комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения лесопромышленникам настоятельно рекомендовали продумать варианты возвращения к сплаву древесины. Причем речь идет не о традиционном молевом сплаве, а о перевозке древесины на баржах.

Сплав баржами древесины – это технология транспортировки древесины, осуществляемая с помощью специально оборудованных плавсредств, называемых баржами. Для этого используются лесозаготовительные машины, которые вырезают и обрабатывают древесину, делая ее готовой к транспортировке. Загруженные баржи затем сплавляются по реке или каналу до места назначения.

Одной из ключевых особенностей сплава баржами древесины является использование специальных сплавных станций, где происходит контроль и координация процесса движения барж.



Рисунок 3 – Сплав баржами древесины

Прибыв на место назначения, баржи выгружаются, и древесина подвергается последующей переработке. Отдельные баржи могут быть объединены в составы для более эффективной перевозки больших объемов древесины.

Данная технология имеет важное значение для лесной отрасли и является неотъемлемой частью цепочки производства и переработки древесины по водному пути в последние годы организована транспортировка древесины в Архангельской области. Перенять опыт соседей сейчас планирует предприятие «Северо-Западный лесной терминал», которое намерено перевозить заготовленный лес по Вычегде. Предварительные расчеты показали, что транспортировать древесину по воде дешевле, чем по автомобильным дорогам: баржа за один раз может перевезти около 2 тыс. м<sup>3</sup> леса, а лесовоз при соблюдении правил загрузки - 44 м<sup>3</sup>. Сейчас Северо-Западный лесной терминал прорабатывает детали организации сплава, в том числе проблему углубления русла Вычегды в тех местах, где река обмелела.

Кроме обмеления рек, перед лесопромышленниками, которые хотели бы возродить перевозки по воде, возникает и другая проблема: кто будет регулярно разводить наплавные мосты, которые зачастую устанавливают в сельских районах как недорогую альтернативу капитальным переправам?

### **Библиографический список:**

1. Наплавные мосты и паромные переправы. URL: <https://studfile.net/preview/2652193/page:21/> (дата обращения: 30.04.2024).
2. Сплав баржами древесины. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 30.04.2024).
3. Сплав древесины в Республике Коми. URL: <https://rg.ru/2022/04/26/reg-szfo/pochemu-v-komi-reshili-vozrodit-splav-lesa-po-rekam.html?ysclid=lvo0z0agqq964003433> (дата обращения: 30.04.2024).

УДК 630\*383

### **Значение повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных дорог для лесной отрасли**

Бурмистрова О. Н., Бояркина А. С.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

Лесовозные автомобильные дороги являются неотъемлемой частью лесопильных предприятий и лесных хозяйств, обеспечивая удобную транспортировку древесины и обеспечивая эффективную деятельность лесной промышленности. Однако для обеспечения безопасного и эффективного движения необходимо внимательное отношение к обслуживанию и повышению качества этих дорог.

Важность лесовозных дорог заключается в следующем:

1. Доступ к ресурсам.
2. Сокращение потерь.
3. Эффективность процесса.
4. Развитие региональной экономики.
5. Устойчивое лесопользование.

**Износ и деформации дорожного покрытия.** Износ и деформации дорожного покрытия являются распространенными проблемами, с которыми сталкиваются дорожные службы и участники дорожного движения. Вот несколько важных аспектов, которые следует учитывать при обсуждении износа и деформаций дорожного покрытия:

1. Износ дорожного покрытия: Износ дорожного покрытия может быть вызван как естественными процессами, так и недостаточным качеством материалов и строительства.
2. Погодные условия: Экстремальные погодные условия, такие как дождь, снег, морозы и жара, могут усиливать износ и деформации дорожного покрытия.
3. Последствия для безопасности и комфорта. Выбоины и трещины могут привести к потере управляемости автомобиля, а также вызвать повреждения колес и подвески.

Для борьбы с износом и деформациями дорожного покрытия необходимо проводить регулярное техническое обслуживание и ремонт дорог, выполнять работы по укреплению дорожного покрытия и заполнению дефектов.

**Регулярное обслуживание и техническое обследование дорог.** Регулярное обслуживание и техническое обследование дорог играют ключевую роль в обеспечении безопасности дорожного движения, продлении срока службы дорог и сохранении их инфраструктуры в хорошем состоянии. Вот несколько аспектов, которые следует учитывать при обсуждении этой важной темы:

1. Предотвращение аварий и обеспечение безопасности.
2. Повышение эффективности дорожной инфраструктуры.
3. Улучшение комфортности путешествия.
4. Экономия бюджетных средств.
5. Соблюдение законодательных требований.

**Повышение прочности и устойчивости дорожного полотна.** Повышение прочности и устойчивости дорожного полотна является одним из основных задач при строительстве и реконструкции дорог. Прочное и устойчивое дорожное полотно не только обеспечивает безопасность участников дорожного движения, но и увеличивает срок службы дороги, снижает расходы на ремонт и обеспечивает комфортное передвижение.

Для достижения повышения прочности и устойчивости дорожного полотна необходимо учитывать следующие факторы:

1. Выбор правильного материала: При строительстве дорожных покрытий важно выбирать правильный материал, который обладает необходимой прочностью и устойчивостью к воздействию нагрузок и агрессивной среды. Различные типы асфальтобетонных смесей, цементобетонные покрытия и другие материалы могут быть использованы для повышения прочности дорожного полотна.

2. Корректное проектирование: Проектирование дорожного полотна должно учитывать ожидаемую нагрузку, климатические условия и геологические особенности местности. Правильное проектирование дорожного полотна с учётом этих факторов позволяет достичь оптимальной прочности и устойчивости.

3. Регулярное техническое обслуживание: Для поддержания прочности и устойчивости дорожного полотна необходимо проводить регулярное техническое обслуживание. Это включает в себя ремонт выбоин, трещин и других дефектов, устранение засоров дренажных систем, а также контроль состояния обочин и водоотвода.

4. Использование современных технологий: Применение современных технологий и инновационных методов строительства позволяет повысить прочность и устойчивость дорожного полотна. Например, использование армированного асфальтобетона, рециклирование дорожного покрытия и прочие технологии способствуют улучшению характеристик дорожного полотна.

5. Учёт экологических аспектов: При повышении прочности и устойчивости дорожного полотна также важно учитывать экологические аспекты. Использование экологически чистых материалов, улучшение водоотвода и защита окружающей среды при строительстве дорог способствуют созданию дорожного полотна, которое не только прочное и устойчивое, но и безопасное для окружающей среды.

В целом, повышение прочности и устойчивости дорожного полотна является важным направлением в области дорожного строительства. Соблюдение всех вышеперечисленных факторов и принятие комплексного подхода к решению этой задачи позволит создать современные и надёжные дорожные покрытия, обеспечивающие безопасность и комфорт всех участников дорожного движения.

**Применение современных технологий в строительстве и ремонте лесовозных дорог.** Применение современных технологий в строительстве и ремонте лесовозных дорог имеет большое значение для обеспечения доступности лесных массивов, улучшения условий работы лесозаготовителей и сокращения негативного воздействия лесозаготовки на окружающую среду. В данном контексте следует рассмотреть некоторые современные технологии, которые могут использоваться в данной области:

1. Геоинформационные системы (ГИС): ГИС позволяют проводить детальное планирование и мониторинг лесных дорог, анализировать транспортные потоки, оптимизировать маршруты и зоны лесозаготовки. Это позволяет улучшить эффективность использования лесовозных дорог и снизить нагрузку на окружающую среду.

2. Использование грунтозацепов и ультрашироких шин: Для улучшения проходимости и устойчивости лесовозных дорог в сложных условиях часто применяются грунтозацепы и ультраширокие шины, которые обеспечивают хорошее сцепление с дорожным покрытием, уменьшают повреждения дорожного покрытия и увеличивают проходимость.

3. Методы и материалы дорожного строительства: Применение современных методов и материалов дорожного строительства, таких как асфальтобетонные смеси с добавками для улучшения прочности и стойкости к разрушениям, позволяет увеличить срок службы лесовозных дорог и снизить затраты на их ремонт.

4. Использование дроносистем: Дроны могут быть использованы для проведения обзора состояния лесовозных дорог, мониторинга строительства и ремонта, а также для быстрого выявления повреждений и дефектов. Это позволяет оперативно принимать меры по исправлению проблем и предотвращению возможных аварий.

5. Экологически чистые технологии: Применение экологически чистых технологий в строительстве и ремонте лесовозных дорог позволяет сократить негативное воздействие на окружающую среду. Это включает в себя использование биоразлагаемых материалов, снижение выбросов и выбор методов, которые уменьшают разрушение лесного покрова.

Таким образом, использование современных технологий в строительстве и ремонте лесовозных дорог играет важную роль в повышении их качества, эффективности и безопасности. Последовательное внедрение современных методов и инновационных подходов позволяет сделать лесозаготовку более устойчивой и экологически безопасной, что в конечном итоге приводит к повышению уровня устойчивого лесопользования.

**Значение повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных дорог для лесной отрасли.** Повышение транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных дорог играет ключевую роль для лесной отрасли. Эффективная и безопасная транспортная инфраструктура в лесном хозяйстве обеспечивает доступность и удобство работы лесозаготовителей, позволяет сократить затраты на логистику и повысить производительность лесозаготовки. Важность этой проблемы связана с рядом ключевых аспектов:

1. Экономический аспект: Построение и обслуживание современных и качественных лесовозных дорог позволяет сократить эксплуатационные издержки и повысить эффективность работы лесной отрасли. Улучшение транспортно-эксплуатационных качеств дорог приводит к снижению временных и финансовых потерь, связанных с перевозкой древесины, а также обеспечивает доступность удаленных лесных участков для лесозаготовителей.

2. Экологический аспект: Некачественные или плохо обслуживаемые лесовозные дороги могут привести к повреждению лесных участков, эрозии грунтов, загрязнению водных ресурсов и нарушению биоразнообразия. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств дорог способствует уменьшению негативного воздействия лесозаготовки на окружающую среду и сохранению лесного фонда.

3. Социальный аспект: Качественные и безопасные лесовозные дороги обеспечивают безопасные условия труда для лесозаготовителей, снижают риск аварий и травм, повышают мобильность и доступность лесных участков для общества. Улучшение транспортно-эксплуатационных качеств дорог способствует развитию лесных территорий, повышению уровня жизни местного населения и развитию туристического потенциала.

Для повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных дорог необходимо применять современные технологии и методы дорожного строительства, проводить регулярное обслуживание и ремонт дорожного покрытия, а также соблюдать экологические стандарты и требования безопасности. Инвестирование в развитие инфраструктуры лесозаготовки способствует улучшению условий работы в лесопромышленном комплексе, повышению конкурентоспособности отрасли и обеспечению устойчивого развития лесного хозяйства.

### **Библиографический список:**

1. Повышение транспортно - эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог в условиях ограниченных ресурсов. URL: <https://new-disser.ru/avtoreferats/01008010592.pdf?ysclid=lvo0ffvtve310253108> (дата обращения: 30.04.2024).
2. Повышение транспортно - эксплуатационных качеств зимних лесовозных автомобильных дорог. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-transportno-ekspluatatsionnyh-kachestv-zimnih-lesovoznyh-avtomobilnyh-dorog/viewer> (дата обращения: 30.04.2024).
3. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог при освоении лесосырьевых баз многолесных регионов. URL: [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_006663130/?ysclid=lvo0qwbhpt768031470](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006663130/?ysclid=lvo0qwbhpt768031470) (дата обращения: 30.04.2024).

УДК 621.311:004

### **Внедрение технологии «Цифровая подстанция» на объекты действующей энергетики**

Замилов А. А.

*Ухтинский государственный технический университет, г Ухта, Россия*

В 2019 г. началось выполнение программы цифровизации федерального масштаба в ПАО «Россети». Программа предполагает создание полностью цифровой сети. Идея использовать передовые технологии цифровизации для большей части отрасли российской электроэнергетики, чтобы перейти на новую ступень развития перспективна на сегодняшний день. Не случайно концепцию «Цифровая трансформация 2030», утвержденную Советом директоров ПАО «Россети» 21 декабря 2018 г., порой называют «Планом ГОЭЛРО XXI века».

Концепция «Цифровая трансформация 2030» предполагает полное преобразование электросетевой инфраструктуры до 2030 года при помощи внедрения цифровых технологий. Это станет ключевым фактором повышения надежности и качества электроснабжения потребителей, а также будет способствовать развитию новых сервисов.

Переход к передаче сигналов в цифровом виде на всех уровнях управления подстанции (ПС) позволит создать технологическую инфраструктуру для внедрения информационно-аналитических систем, уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты на обслуживание ПС, снизить ошибки недоучета электроэнергии, повысить электромагнитную безопасность и надежность работы микропроцессорных (МП) устройств, переход к необслуживаемым ПС.

Цифровая подстанция (ЦПС) - это ПС с высоким уровнем автоматизации управления технологическими процессами, оснащенная развитыми информационно-технологическими системами (ИТС), управляющими системами и средствами, в которой все процессы информационного обмена между элементами ПС, информационного обмена с внешними системами, а также управления работой ПС осуществляются в цифровом виде на основе протоколов МЭК 61850 [6].

Преимущества ЦПС:

- 1) Повышенная надежность и доступность;
- 2) Улучшенные коммуникационные возможности;
- 3) Сокращение расходов на обслуживание;
- 4) Упрощение вторичных присоединений;
- 5) Оптимизация работы;
- 6) Повышение качества измерения;
- 7) Отсутствие электрической связи между первичным и вторичным оборудованием;
- 8) Уменьшение помещений централизованных диспетчерских управлений на ПС;
- 9) Стандартизация и совместимость [2,3].

Главное отличие стандарта МЭК 61850 от других заключается в том, что в нем регламентированы вопросы по передаче данных между устройствами, и вопросы формализации описания схем – ПС, РЗА, измерений и конфигураций устройств. Стандарт позволят использовать цифровые оптические измерительные устройства вместо традиционных аналоговых (ТТ и ТН). Информационные технологии позволяют перейти к автоматизированному

проектированию ЦПС, управляемых цифровыми интегрированными системами. Вся информация на ЦПС обедняется в шину процесса. Это дает возможность значительно сократить число медных КЛ и устройств, а также позволяет более компактно их располагать.

ЦПС делится на три уровня:

- стационарный уровень.
- уровень присоединения;
- полевой уровень (уровень процесса).

Полевой уровень включает в себя:

- первичные датчики для сбора дискретной информации и передачи команд управления на КА;

- первичные датчики для сбора аналоговой информации.

Уровень присоединения включает в себя ИЭУ:

- устройства управления и мониторинга (контроллеры присоединения, счётчики АСКУЭ, многофункциональные измерительные приборы, системы мониторинга трансформаторного оборудования и т.д.);

- терминалы РЗ и локальной ПА.

Стационарный уровень включает в себя:

- серверы верхнего уровня (сервер базы данных, сервер SCADA, сервер телемеханики, сервер сбора и передачи технологической информации и т.д.);

- АРМ персонала ПС [1].

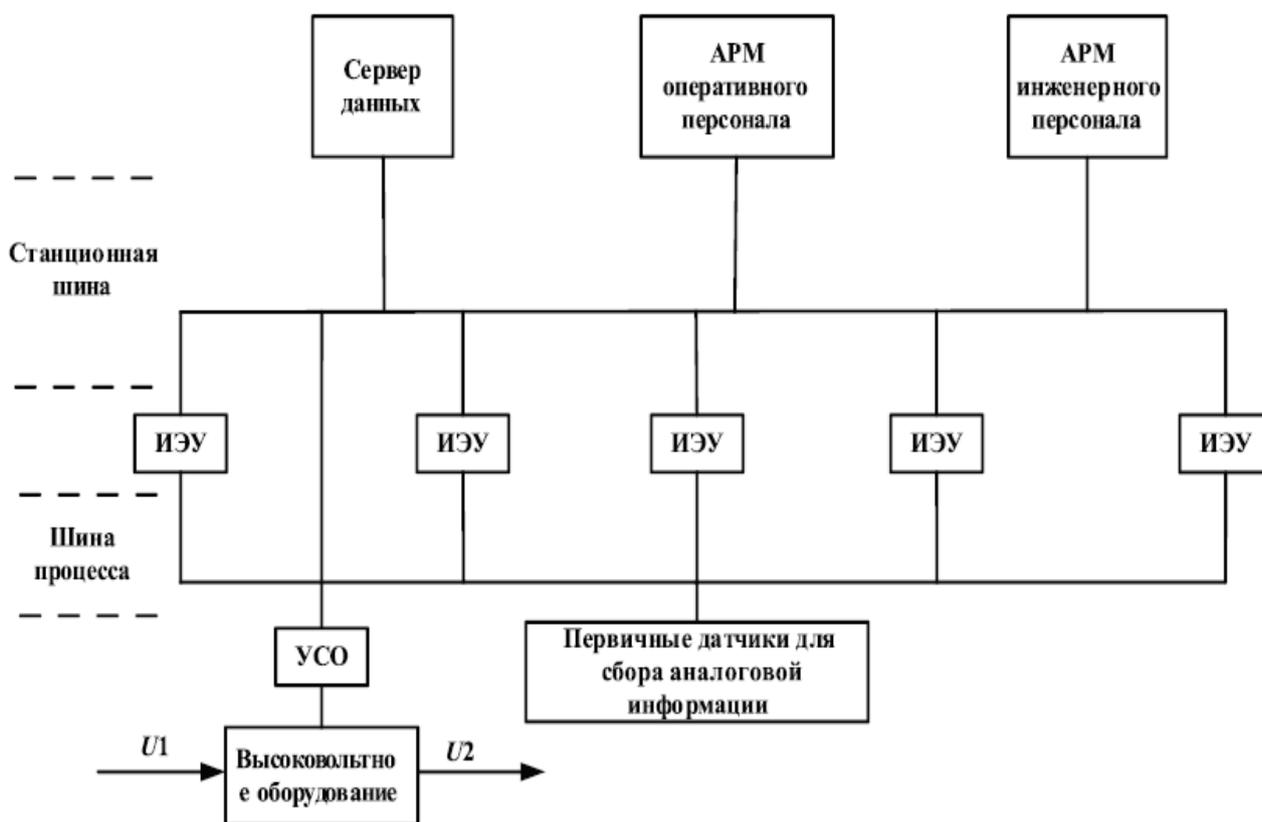


Рисунок – Структурная схема ЦПС

В настоящее время в России уже есть пилотные проекты ЦПС, показавшие свою эффективность.

ПС 110 кВ "Ангарская" мощностью 50 МВА стала новым центром питания Краснодара. Основная задача - повышение надежности электроснабжения северо-восточных районов. ПС обеспечит подключение новых жилых домов и краевой клинической больницы. Установлено современное ЭО российского производства, позволяющее снизить затраты на его обслуживание и ремонт.

ПС 35 кВ "Балатон" и 110 кВ "Ясень" совокупной мощностью 40 МВА обеспечат необходимой мощностью КС "Бабаевская" и "Дивенская" для расширения системы газоснабжения регионов и обеспечения подачи в газопровод "Северный поток - 2". Объекты оснащены передовым ЭО, также обеспечен дистанционный контроль и управление в режиме онлайн.

ПС 110 кВ "Ореховская" (ХМАО) мощностью 32 МВА имеет ключевое значение для электроснабжения предприятий нефтедобывающей отрасли Нижневартовского района ХМАО. Мощность ПС увеличена в два раза, что дает возможность для повышения надежности и подключения новых потребителей.

Все ПС соответствуют концепции "Цифровая трансформация 2030". Основное оборудование установлено российского производства. Были внедрены передовые технологические решения, обеспечивающие наблюдаемость и дистанционный контроль работы всего ЭО. Информационный обмен переведен в "цифру". Также установлены многофункциональные приборы измерений и учета, современная МП РЗиА [2].

ЦПС состоит из нескольких ключевых компонентов и элементов на примере оборудования российского производства:

- Цифровые трансформаторы тока и напряжения;

Современные электронно-оптические трансформаторы тока и напряжения производства АО "Профотек" обеспечивают:

- высокую пожаро- и взрывобезопасность;
- оптические методы измерения параметров тока и напряжения;
- полную гальваническую развязку, соответствие современным требованиям по электромагнитной совместимости;
- цифровую обработку сигналов и современные интерфейсы;
- повышение безопасности эксплуатации для обслуживающего персонала;
- повышение эксплуатационной безопасности вторичных цепей;
- снижение затрат на текущую эксплуатацию, отсутствие рисков возникновения перерывов электроснабжения потребителей;
- высокую точность измерения [3,4].

- Преобразователи аналоговых и дискретных сигналов.

Устройства БЭМП РУ производства АО "ЧЭАЗ" предназначены для установки в релейных отсеках КСО, КРУ, КРУН, а также на панелях, в шкафах управления, расположенных в релейных залах и пультах управления.

БЭМП РУ применяется в качестве основного устройства РЗиА присоединений КРУ ЭС и РП сетевых и промышленных предприятий, а также предприятий нефтяного и газового комплекса.

- ИЭУ РЗиА БЭМП РУ

Современные ИЭУ отвечают всем требованиям стандарта МЭК 61850 и российскому корпоративному профилю ПАО «ФСК ЕЭС».

- Единое цифровое устройство

Единое цифровое устройство (ЕЦУ) объединяет в себе функции РЗиА, контроллера присоединения, технического учета, отображения мнемосхемы защищаемого присоединения.

ЕЦУ с 2018 года успешно применяется в составе нового цифрового КРУ серии КРУ-ЧЭАЗ-70 с программным комплексом мониторинга и управления ПС «КВАНТ-ЧЭАЗ». К тому же российскими специалистами разработаны типовые решения применения ЕЦУ.

- Интеллектуальная цифровая ячейка КРУ-ЧЭАЗ-70

Усовершенствованные ячейки серии КРУ-ЧЭАЗ-70 соответствуют постоянно повышающимся требованиям к функциональным возможностям РУ напряжением 6-35 кВ.

Они снабжены системой мониторинга, управления и сбора данных ПК «КВАНТ-ЧЭАЗ» для внедрения на цифровом энергообъекте. Система обеспечивает обслуживающий персонал достоверной и своевременной информацией для мониторинга и анализа работы энергообъекта в дистанционном режиме. Для связи с верхним уровнем ПС организована беспроводная связь.

Передача информации внутри ячейки организована посредством сетевого оборудования и ЕЦУ, имеющего два интерфейса Ethernet для организации связи по стандарту МЭК 61850:

- 1) организацию системы дуговой защиты ячейки в соответствии с современными требованиями, а также с контролем по току и напряжению;
- 2) организацию системы видеонаблюдения при различных переключениях в отсеке выключателя и ЗН, с отображением на ПК «КВАНТ-ЧЭАЗ» в режиме реального времени;
- 3) организацию системы технического учета посредством ЕЦУ;
- 4) индикацию и отображение динамической мнемосхемы присоединения путем ее вывода на дисплее ЕЦУ.

Наличие логики оперативной блокировки разъединителей позволяет максимально защитить обслуживающий персонал не только при дистанционном управлении, но и при оперировании на рабочем месте [5].

Разработка российских технологий, связанных с ЦПС, ускорит развитие отечественной науки и производства, так же повысит энергобезопасность государства.

Все же ряд вопросов требует дополнительных проверок и решений. Это относится к надёжности цифровых систем, к вопросам конфигурирования устройств на уровне ПС и энергообъединения, к созданию общедоступных инструментальных средств проектирования, ориентированных на разных производителей МП и основного ЭО, а также к вопросам кибербезопасности.

Учитывая существующий стандарт МЭК 61850 и его применение на технологической шине, тенденция к ЦПС начинает ускоряться, следуя глобальной тенденции к цифровизации. ЦПС станут одним из ключевых стратегических элементов гибких интеллектуальных сетей, необходимых для безопасной и стабильной работы электросетевого комплекса РФ.

#### **Библиографический список:**

1. Корсунов П.Ю., Моржин Ю.И., Попов С.Г. Цифровая подстанция. – Москва: ФСК “ЕЭС” Научно-технический журнал “Энергия единой сети”, 2013.-248с.
2. tass.ru [Электронный ресурс] / Россети ввели цифровые подстанции в четырех регионах - ТАСС. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/10343971>
3. profotech.ru [Электронный ресурс] / Электронные трансформаторы напряжения. Режим доступа: <https://www.profotech.ru/products/1112/>
4. profotech.ru [Электронный ресурс] / Трансформаторы тока электронные оптические. Режим доступа: <https://www.profotech.ru/products/206/>
5. cheaz.ru [Электронный ресурс] / Оборудование ЦПС – АО “ЧЭАЗ”. Режим доступа: <https://www.cheaz.ru/products/sgn/dgsub/dgsub-equipment.html>
6. Чичев С.И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий [Текст] / С. И. Чичёв, В. Ф. Калинин, Е. И. Глинкин. - Москва : Спектр, 2014. - 227 с.

УДК 624.164.3

#### **Расчет армогрунтовых береговых опор деревянного моста на лесных дорогах методом конечных элементов**

Лицингер Ю. К., Клевеко В. И.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
г. Пермь, Россия*

**Аннотация.** Главным преимуществом при строительстве деревянных мостов для лесных дорог в регионах, имеющих большие запасы древесины, является применение и ремонте местных конструкционных материалов, что обуславливает их невысокую стоимость. Однако деревянные мосты имеют целый ряд недостатков, которых не позволяют их широко использовать. Одним из недостатков являются большие сложности при возведении береговых опор мостов. Поэтому использование армогрунта является одним из способов снижения стоимости возведения опор. В статье приведены результаты расчета армогрунтовых береговых опор методом конечных элементов, с помощью пакета прикладных программ Plaxis 2D.

**Ключевые слова:** армированный грунт, метод конечных элементов, береговая опора, геосинтетические материалы, лесная дорога, деревянный мост

Возведение лесных дорог трудно представить без искусственных сооружений на них. При пересечении дорог с постоянно действующими водотоками необходимо возводить мосты. Для лесных дорог, особенно с небольшим сроком действия, очень важно снижения стоимости их строительства. Для лесных регионов наиболее подходящим материалом для возведения мостов является древесина, так как она имеет невысокую стоимость. Сравнительно недавно деревянные мосты довольно широко использовались на дорогах [1, 2]. Длительный опыт использования деревянных мостов выявил целый ряд недостатков, в основном связанных с невысокими показателями долговечностью и огнестойкостью. Но в последнее время появился ряд технологий, позволяющих значительно повысить их долговечность и огнестойкость, кроме того, в ряде случаев (для временных дорог) эти недостатки не имеют существенного значения.

Одним из самых трудоемких и дорогостоящих элементов моста являются опоры, особенно береговые. Возведение традиционной конструкции береговых опор деревянных мостов требуют большого количества различных строительных материалов. Кроме того, во многих случаях необходимо сооружать дорогостоящие и трудоемкие свайные опоры. Многие из этих недостатков лишены армогрунтовые устои [3]. Армированный грунт это композиционный материал состоящий из грунта и армирующих прослоек из синтетических материалов. Применение в конструкциях береговых опор армогрунта снижает материалоемкость их стоимость возведения. Для оценки возможности применения армогрунта в конструкциях береговых опор были выполнены расчеты для деревянных мостов. Конструкция моста приведена на рисунке 1. В качестве армирующей прослойки рассматривался геосинтетический материал «Геоспан ТН-80» производства предприятия ГК «Гекса».

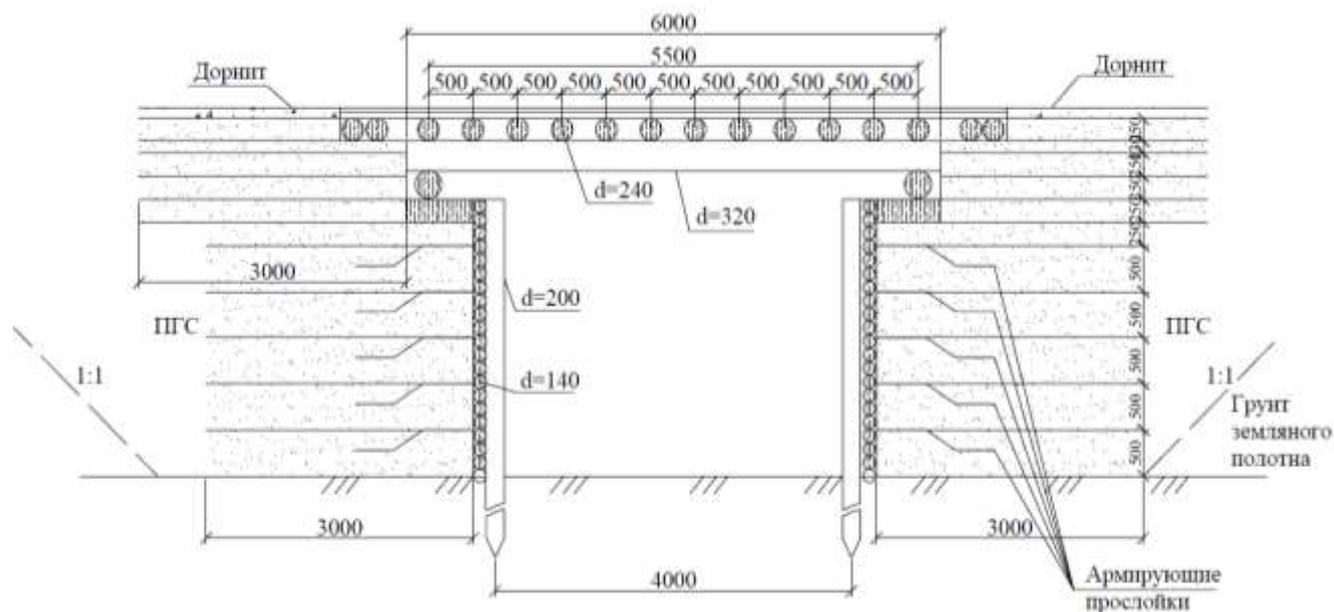


Рисунок 1 - Конструкция моста с армогрунтовыми береговыми устоями

Методика расчета армогрунтовой береговой опоры подробно освещена в работах [4, 5]. Для проведения расчетов армогрунтовой береговой опоры использовался метод конечных элементов с помощью программы Plaxis 2D по 2 группам предельных состояний. Расчеты по первой группе предельных состояний включали в себя:

- определение общей устойчивости (коэффициент устойчивости);
- определение внутренней устойчивости (растягивающие усилия в армирующих прослойках).

Расчеты по второй группе предельных состояний включали в себя:

- определение вертикальных перемещений.
- определение горизонтальных перемещений.

В качестве временной автомобильной нагрузки использовались нормативные нагрузки А11, Н11, а также лесовозный автопоезд на базе автомобиля Iveco-AMT 633920 (6×6).

Согласно СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84 было рассмотрено два нагружения береговой опоры временной нагрузкой при её расположении на пролетном строении и на призме обрушения.

Результаты расчета

1. При определении коэффициента устойчивости получились следующие значения: для первой схемы нагружения – 2,14, для второй схемы нагружения – 1,44. Предельно допустимого значения коэффициента устойчивости 1,375.

2. При расчете внутренней устойчивости максимальное значение растягивающего напряжения в армирующей прослойке составило 14,95 кН/м для первой схемы нагружения, а для второй схемы нагружения – 13,84 кН/м. Предельное расчетное значение растягивающего усилия составило 53,3 кН/м.

3. При расчете по второй группе предельных состояний максимальные значения вертикальных перемещений составили 78,77 мм для первой схемы нагружения и 46,1 мм для второй схемы нагружения, а для горизонтальных перемещений 37,3 мм и 47,51 мм соответственно. Полученные значения значительно меньше предельно допустимых величин.

Выводы

1. Проведенные методом конечных элементов расчеты показали, что армогрунтовые береговые опоры соответствуют всем требованиям нормативных документов.

2. Конструкции армогрунтовых береговых опор могут применять при возведении деревянных мостов на лесных дорогах.

#### **Библиографический список:**

1. Мищенко Д.С. Обзор деревянного мостостроения в России // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений: сб. науч. тр. IV Всерос. науч.-практ. конф., 22 нояб. 2022 г. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2022. С. 363-366.
2. Подъяпольская М.А., Вербицкий И.О., Вербицкая Е.В. Деревянные мосты. Мостостроение с использованием древесины в прошлом и сейчас // Ползуновский альманах. 2022. № 1. С. 168-170.
3. Соколова В.Д. Применение армогрунта в конструкции устоев моста на лесовозной дороге // Севергеоэкотех-2014: материалы междунар. молодеж. науч. конф., 26-28 марта 2014 г. Ч. 4. Ухта: УГТУ, 2014. С. 102-104.
4. Соколова В.Д., Клевеко В.И. Основные положения по расчету армогрунтового устоя моста // Будущее науки -2014: сб. науч. ст. 2-й междунар. молодежной науч. конф.: в 3 т. -Курск, 2014. -Т. 2. -С. 236-239
5. Бургонутдинов А.М., Бурмистрова О.Н., Клевеко В.И., Лицингер Ю.К. Использование армогрунта в конструкции устоев деревянного моста лесовозной автомобильной дороги // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 3 (393). С. 113-125. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-3-113-125

УДК 625.711.2

#### **Сравнение результатов численного и аналитического методов расчета дорожной одежды переходного типа лесных дорог**

Клевеко В. И., Рубенков В. Э.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
г. Пермь, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрено применение геосинтетических армирующих материалов в конструкциях дорожных одежд переходного типа лесных дорог. Приведены результаты расчета конструкций дорожных одежд лесных дорог с применением геосинтетических материалов аналитическим методом и численным методом. На основе аналитического метода расчета была создан программный продукт, использующий язык программирования Python. Для проверки этого метода были выполнены численные расчеты методом конечных элементов с помощью программы Plaxis. Сравнение результатов расчета показали хорошую сходимость методов.

**Ключевые слова:** лесные дороги, геосинтетические материалы, аналитический метод расчета, численный метод расчета, дорожная одежда переходного типа.

Автомобильные дороги с дорожными одедами переходного типа применяются в различных отраслях промышленности, в том числе в лесном хозяйстве. Они обеспечивают транспортный доступ к лесным участкам для вырубki, посадки и ухода за лесом. Во многих случаях в лесной отрасли требуется временный доступ к лесным участкам и постоянные дороги нецелесообразны. В этих случаях чаще всего применяются дорожные одеды переходного типа.

В последнее время при строительстве автомобильных дорог применяются геосинтетические материалы, которые играют значительную роль в улучшении характеристик временных дорог, обеспечивая, в том числе для укрепления грунта [1-5].

Для расчета дорожных одежд переходного типа с применением геосинтетических материалов может быть применен аналитический метод расчета, который приведен в ОДМ 218.5.002-2008 и в работе [5]. Проектирование дорожных одежд с геосинтетическими армирующими материалами по этой методике достаточно трудоемко, поэтому для ускорения расчетов дорожных одежд с применением армирующих геосинтетических материалов была разработана программа для ЭВМ, использующая язык программирования Python [6]. Для проверки работоспособности программы были выполнены расчеты 4 вариантов конструкций двухслойной дорожной одежды. Геосинтетическая прослойка предусмотрена на контакте дорожной одежды и грунта земляного полотна. Коэффициент трения между геосинтетической прослойкой и грунтом принята по данным, приведенным в работе [7].

Исходные данные для расчета конструкций дорожной одежды с геосинтетической армирующей прослойкой приведены в таблице 1. Принятый тип местности по условиям увлажнения относится к 3-му типу. Покрытие дорожной одежды выполнено из рядового щебня, а основание из песчано гравийной смеси. Грунт земляного полотна представляет собой песок пылеватый имеющий удельное сцепление – 0,007 МПа, угол внутреннего трения – 33 град.

Таблица 1 - Конструкции вариантов дорожной одежды переходного типа

№ варианта	Модуль деформации, МПа			Толщина слоев дорожной одежды, м		Жесткость геосинте-тика, кН/м
	Покрытие	Основание	Грунт	Покрытие	Основание	
1	130	70	15	0,15	0,2	400
2	110	67	15	0,17	0,3	450
3	80	85	15	0,2	0,4	600
4	110	90	15	0,2	0,3	670

Были выполнены расчеты четырех вариантов конструкций дорожных одежд переходного типа. В качестве расчетной нагрузки были рассмотрены нормативные нагрузки от колеса группы А1, А2, А3, а также индивидуальная нагрузка от колеса реального автомобиля. Армирующая прослойка имела линейную жесткость на растяжение от 400 до 670 кН/м.

Число проходов расчетной нагрузки было принято в количестве 1000 за расчетный период службы временной дороги. Давление в колесах расчетного автомобиля принято равным 0,6 МПа. Удельный вес материала покрытия и основания дорожной одежды – 0,018 МН/м<sup>3</sup>. Предельная относительная деформация геосинтетического материала – 0,1. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Исходные данные для расчета вариантов дорожной одежды

№ варианта	Расчетная нагрузка	Диаметр колеса, м	Допускаемая вер-тикальная осадка, мм
1	А3	0,42	22
2	А2	0,39	23
3	А1	0,37	25
4	Инд.	0,31	20

Аналитический метод расчета дорожной одежды с геосинтетической прослойкой по ОДМ 218.5.002-2008 (Приложение А) выполняется по трем критериям:

1. Определение допустимого значения величины вертикальной деформации на поверхности покрытия дорожной одежды.
2. Ограничение величины вертикального давления от колеса расчетного автомобиля и веса дорожной одежды на поверхность грунтового основания земляного полотна.
3. Предотвращение возникновения пластических деформаций в материале армирующей прослойки.

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям прочности и надежности по допустимой величине деформации покрытия при соблюдении условия, что расчетный эквивалентный модуль деформации на поверхности покрытия  $E_{экв}$  больше чем требуемый модуль деформации на поверхности покрытия  $E_{тр}$  с учетом допустимой величины деформации покрытия.

Требуемый модуль деформации дорожной одежды  $E_{тр}$  определяется по формуле (А.2) ОДМ 218.5.002-2008, а расчетный эквивалентный модуль деформации  $E_{экв}$  по формуле (А.4).

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям прочности по допустимому давлению на поверхность грунтового основания при соблюдении условия, что вертикальные напряжения, возникающие в грунте с учетом распределяющей способности дорожной одежды  $\sigma$  должны быть меньше, чем максимальное допустимое напряжение в грунте, при котором сохраняется линейная зависимость между давлением и осадкой  $\sigma_{доп}$ .

Действующие вертикальные напряжения  $\sigma$  определяются по формуле (А.10), а допустимые напряжения  $\sigma_{доп}$  по формуле (А.12) ОДМ 218.5.002-2008.

Для исключения возникновения пластических деформаций армирующих материалов должно выполняться условие, что относительная деформация геосинтетической прослойки  $\varepsilon$  должно быть меньше, чем предельная относительная деформация геосинтетической прослойки  $\varepsilon_{пр}$ . Значение относительной деформации определяется по формуле (А.14) ОДМ 218.5.002-2008.

Результаты расчета четырех вариантов дорожной одежды с геосинтетическими армирующими материалами сведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты аналитического расчета

№ варианта	$E_{экв}$ , МПа	$E_{тр}$ , МПа	$\sigma$ , МПа	$\sigma_{доп}$ , МПа	$\varepsilon$	$\varepsilon_{пр}$
1	68,7	44,06	0,055	0,105	0,034	0,1
2	77,8	39,13	0,030	0,104	0,032	0,1
3	100,7	34,16	0,017	0,104	0,030	0,1
4	118,9	35,60	0,015	0,104	0,028	0,1

После выполнения расчетов четырех вариантов дорожной одежды были выполнены расчеты аналогичных конструкций с помощью программы Plaxis. Результаты этих расчетов приведены в таблице 4. Сопоставление этих расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 4 - Результаты численного расчета по программк Plaxis

№ варианта	Вертикальная осадка, мм	$E_{экв}$ , МПа	Растягивающие усилия в геосинтетической прослойке, кН/м
1	12,62	101,29	14,73
2	10,69	117,05	12,47
3	10,26	108,4	12,32
4	17,39	119,64	12,93

Таблица 4 - Сравнение результаты численного и аналитического методов расчета

№ варианта	$E_{экв}$ , МПа			Растягивающие усилия в геосинтетической прослойке, кН/м		
	Аналит.	МКЭ	Погрешн.	Аналит.	МКЭ	Погрешн.
1	68,7	76,81	14,5%	13,6	14,73	7,7%
2	77,8	84,2	7,6%	14,4	12,47	13,4%
3	100,7	108,4	7,1%	18,0	12,32	31,6%
4	118,9	119,64	0,6%	18,76	12,93	31,1%

## Заключение

Проанализировав расчеты каждого из методов, можно сделать выводы:

1. Разница определения расчетного эквивалентного модуля деформации  $E_{\text{экв}}$  составила от 0,6% до 14,5%.
2. Разница определения растягивающих усилий в геосинтетической прослойке составила от 7,7% до 31,6%.

## Библиографический список:

1. Рожин Д.В. Применение геосинтетических материалов при строительстве лесовозных дорог // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2010. – №8. – С. 126-127.
2. Насковец М.Т. Применение геотекстиля при строительстве лесных дорог в республике Беларусь//Дороги: Инновации в строительстве. –2012. – № 16. –С. 72-74.
3. Соколова В.Д., Клевко В.И. Основные положения по расчету армогрунтового устоя моста//Будущее науки -2014: сб. науч. ст. 2-й междунар. молодежной науч. конф.: в 3 т. -Курск, 2014. -Т. 2. -С. 236-239.
4. Бургонутдинов А.М., Бурмистрова О.Н., Клевко В.И., Лицингер Ю.К. Использование армогрунта в конструкции устоев деревянного моста лесовозной автомобильной дороги//Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 3 (393). С. 113-125. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-3-113-125
5. Бургонутдинов А.М., Клевко В.И., Рубенков В.Э. Применение геосинтетических материалов для временных лесовозных дорог // В сборнике: Лесная инженерия, материаловедение и дизайн. Материалы 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2024. С. 136-140.
6. Свидетельство 2024611946. Расчет конструкции дорожной одежды переходного типа лесных дорог с применением геосинтетических материалов: программа для ЭВМ / А.М. Бургонутдинов, В.И. Клевко, В.Э. Рубенков (RU), правообладатель ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» № 2024611167; заявл. 25.01.2024; опубл. 25.01.2024, Бюл. № 2, 5 кб.
7. Татьянников Д. А., Пономарев А. Б., Клевко В. И., Schlömp S. H., Schwerdt S. Определение характеристик трения для двух типов геосинтетических материалов путем проведения испытаний на сдвиг//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2014. № 1. С. 174-186. DOI: 10.15593/2224-9826/2014.1.15

УДК 006.91:612.821

## Метод совершенствования навыков афферентного синтеза при выполнении измерений

Севостьянова О. П.

*Ухтинский государственный технический университет, г Ухта, Россия*

**Аннотация.** Не смотря на колоссальный технологический и технический прогресс, который привел к замене человека роботами (машинизация и роботизация производств), многие научно-технические направления, как и прежде, требуют участия человека. В системе «измеряемый параметр-измерение-результат измерения», далее «п-и-р», самым важным является проводить измерения с необходимой точностью. В работе проводится анализ компонентов входящих в систему и рассматривается процесс афферентного синтеза по теории функциональных систем Анохина и его роль в формировании знаний и навыков у оператора в современном мире.

**Ключевые слова:** измерение, средство измерения, точность измерений, метрология, функциональные системы, афферентный синтез.

*«Не делайте неправды в суде, в мере,  
в весе и в измерении: да будут у вас  
весы верные, гири верные, ефа верная  
и гин верный»*

*(Библия, Ветхий завет. Третья книга Моисея, Левит).*

Человечество пришло к тому, что точность измерений является важнейшим фактором нашего существования. Измеряем мы абсолютно все, начиная с взвешивания новорожденного в роддоме и заканчивая измерением шероховатости деталей авиационных двигателей. Измерения с различной точностью проводятся регулярно и постоянно, и в современном обществе не может быть иначе. Понятие *измерение* дается в различных нормативно-технических документах. В соответствии с РМГ 29-2013 [1] измерение – это процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине. В РМГ 29-99 [2] дается следующее определение: измерение – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины. В 102-ФЗ [3] измерение – совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины. Измерение является базовой (главной) составной частью *метрологического обеспечения*. В состав метрологического обеспечения включаются: научные основы, технические основы, нормативно-законодательные и организационные основы. 102-ФЗ - законодательный документ, обеспечивающим единство обеспечения измерений, где прописаны требования к измерениям, единицам величин, эталонам, стандартным образцам, средствам измерений, а также государственное регулирование в области обеспечения единства измерений.

Для безопасной работы оборудования созданы системы контроля за протеканием различных процессов. В соответствии с РМГ 29-99 средства измерения классифицируют на: меры, измерительные преобразователи (датчики), измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы. Точность и чувствительность средств измерения влияет на скорость реакции со стороны оператора. Также, можно сказать, что компетентность, опытность работающего с оборудованием человека также будет влиять на скорость реакции и правильность выполнения последующих действий.

Схематически можно представить весь процесс измерения в виде схемы, в которой необходимо отразить: измеряемый параметр, эталон, наблюдателя, объект измерения, методику измерения, средство измерения, влияние окружающей среды и непосредственно результат измерения:

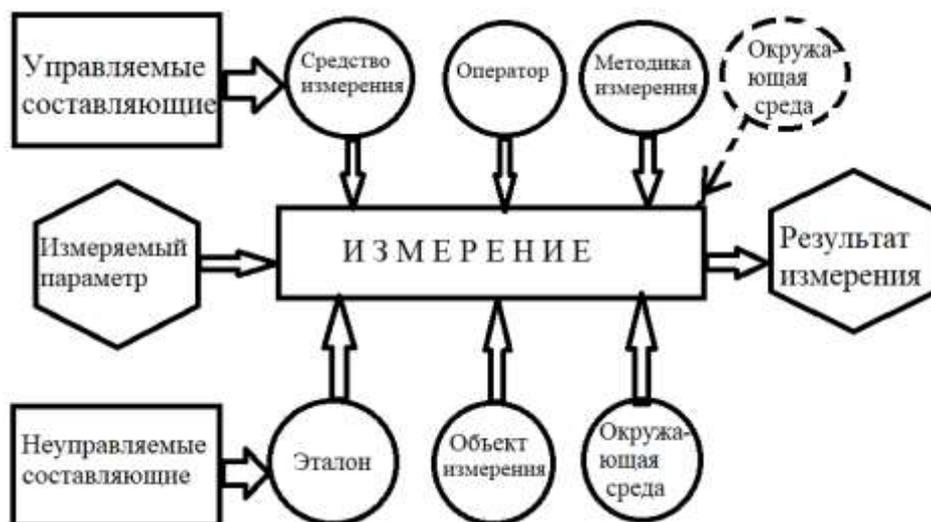


Рисунок 1 – Схема процесса измерения

В данном представлении мы не можем никоим образом повлиять на измеряемый параметр, эталон. Когда речь идет о параметрах окружающей среды, то тут возможны оба варианта. Если эксперимент проходит в лаборатории, то мы можем добиться необходимых условий, ну а если замеры проводятся вне помещения, мы не сможем повлиять на них.

Составляющие, которыми можно управлять при проведении замера, т.е. изменять их количественные и качественные характеристики – это методика измерения, средство измерения и оператор – человек, который непосредственно проводит замеры.

Методика выполнения измерений (МВИ) – совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности. На МВИ, применяемых в определенных сферах, распространяются особые требования. Они закреплены в [3]. МВИ включает: совокупность средств измерений, схему соединения средств измерений с объектом измерений и между собой, процедуру проведения измерений и алгоритм расчетов и погрешности измерений. Таким образом, средство измерения (СИ) является составной частью МВИ. Методика выполнения измерений – сумма действий и правил, исполнение которых при измерении обеспечивает получение необходимых результатов измерений в соответствии с избранным методом.

Согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 [4] метод измерений должен описывать как должно выполняться измерение, и включать в себя описание процедур получения и подготовки образцов для выполнения измерений. В соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 [5] национальные стандарты должны содержать только аттестованные методики выполнения измерений. Таким образом, говоря о МВИ, как об управляемом параметре, при выполнении замера, мы можем выбирать метод (методику) измерений и таким образом воздействовать на результат измерения.

При измерении мы все время говорим о точности измерений: выполнить замер с необходимой точностью. Точность будет зависеть от средства измерения и квалификации оператора (работника, персонала). Это вопросы, которые решаются непосредственно на предприятии, где протекают технологические процессы.

Технической основой обеспечения единства измерений на предприятии являются:

- воспроизведение единиц физических величин;
- передача информации о размере единицы от эталонов рабочим средствам измерений;
- метрологическая аттестация и поверка средств измерений.

Средства измерений, которые применяются, перед началом эксплуатации и в случае ремонта, по его окончании должны проходить первичную поверку, а в период эксплуатации – должны проходить периодическую поверку. Поверка СИ – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [3]. Основные требования к содержанию и построению поверочных схем установлены ГОСТ 8.061-80 "Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверочные схемы. Содержание и построение"[6]. Основная цель поверки средств измерений это – в строгом соответствии с разработанным и утвержденным порядком осуществить передачу рабочим средствам измерений (РСИ) размер единиц величин от исходных эталонных средств. При реализации этого установленного порядка поверки в наличии должны быть необходимые государственные первичные эталоны единиц величин, поверочные схемы, соответствующее техническое оснащение, разработанные методики поверки, необходимое нормативное обеспечение, обученные специалисты – поверители, а также – необходимые измерительные системы.

Из вышесказанного становится очевидным, что человек – это весомая составляющая в системе «*n-u-p*». Получается, изучив механизмы поведения оператора в тех или иных ситуациях, можно управлять процедурой измерения и добиваться лучших результатов, а в наши дни лучше – значит точнее.

Обратимся к теории функциональных систем Анохина П.К [7]. Функциональные системы – это системы, обладающие способностью экстренной самоорганизации, динамически и адекватно приспосабливающиеся к изменению обстановки, т.е. функционирующие по тому или иному признаку, а не упорядоченные. Анохин первым предложил целостностный подход к физиологии. Деятельность и функционирование живого организма, коим и является человеческий организм. В его теории выделяют следующие постулаты.

1. Акцептор результата действия. У любого живого организма существует особый аппарат, который предполагает какой будет результат действий и сверяет свое поведение с предполагаемым результатом.

2. Функциональные системы – это системы, выделенные (упорядоченные) именно по функциям (а не по структуре), которые они выполняют. Они динамические, т.е. постоянно меняющиеся и не ограниченные.

3. ФС является «открытой системой», т.е. функционирует в среде.

4. Цель (результат, к которому стремиться система) присутствует в организме до того, как система начинает действовать – идти к этой цели.

5. Любая ФС действует целенаправленно. Существует система принятия решений, система предсказания возможных результатов. Система выбора оптимального результата. Потребность в нужном результате складывается из мотивированной потребности. Конкретный результат деятельности является системообразующим фактором. Присутствие проактивности.

При анализе любой ФС необходимо ответить на ключевые вопросы:

1. Какой результат должен быть достигнут?
2. Когда он должен быть достигнут?
3. Каким механизмом он должен быть достигнут?
4. Как убедиться в достаточности результата?

Результат является системообразующим фактором, результат предшествует реализации.

6. Количество взаимодействующих элементов в ФС бесконечно. Во взаимодействии элементы, входящие в систему, ограничивают свои степени свободы для достижения более быстрого результата. Избавление от избыточных степеней свободы.

7. Любой компонент может войти в систему только если он вносит свою долю в Соединение и запрограммирован на достижение результата.

Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которого взаимодействие и взаимоотношение принимает характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного результата. Результат является неотъемлемым и решающим компонентом системы, инструментом, создающим упорядоченное содействие между всеми ее компонентами, где конкретный механизм взаимодействия – это освобождение от избыточных степеней свободы не нужных для данного конкретного результата и сохранение нужных. Не зависимо от сложности организации ФС они построены по одной схеме: системообразующий фактор + архитектура + узловые физиологические механизмы. Выделим основные блоки системы и изобразим ее на рисунке 2.

1 Блок – Афферентный синтез (приносящий – сбор информации внутрь). ФС запускает деятельность. Разделим его на элементы:

- 1.1. Доминирующая мотивация – запустили
- 1.2. Обстановочная афферентация – окружающая среда оценивается
- 1.3. Пусковая афферентация – деятельность запущена
- 1.4. Память – воспоминания о предыдущем опыте достижения цели

2 Блок – Принятие решения. Он состоит:

- 2.1. Точная цель – целенаправленность
- 2.2. Способ достижения цели – проактивность, прогноз, устранение избыточной степени свободы, выбор решения

3 Блок -Эфферентный (выносящий) синтез

- 3.1. Программа действий (цель есть, прогноз есть, стратегия есть, результат известен)
- 3.2. Акцепторы результата действия – одновременно с программой формируется образ, что должно получиться и параметры образа

4 Блок – Построение модели

- 4.1. Запуск действия – афферентное возбуждение – действуем

5 Блок – Обратная связь – обратная афферентация

После чего два чувства: удовлетворение и неудовлетворение (акцепторы результата возвращают действие к афферентному синтезу).

Эмоциональная оценка – ведущие эмоции (боль, страх, недовольство) – это факт потребности. Ситуативные эмоции (удовлетворение либо фрустрация) – относятся к деятельности.

При работе любой функциональной системы, в том числе, системы человеческого организма при формировании программы действий работает афферентный синтез, который состоит из: 1. Доминирующей мотивации – при возникновении опасности это будет сохранение жизни и здоровья; 2. Обстановочной афферентации – это оценка окружающей среды, т.е. оценка факторов нехарактерных для данных условий – наличие запаха, дыма и др.; 3. Пусковой

афферентации – это алгоритм действий который заложен в памяти. Память – это воспоминания о предыдущем опыте достижения цели. Очень важным моментом является наличие у работников реального опыта и получения результата.

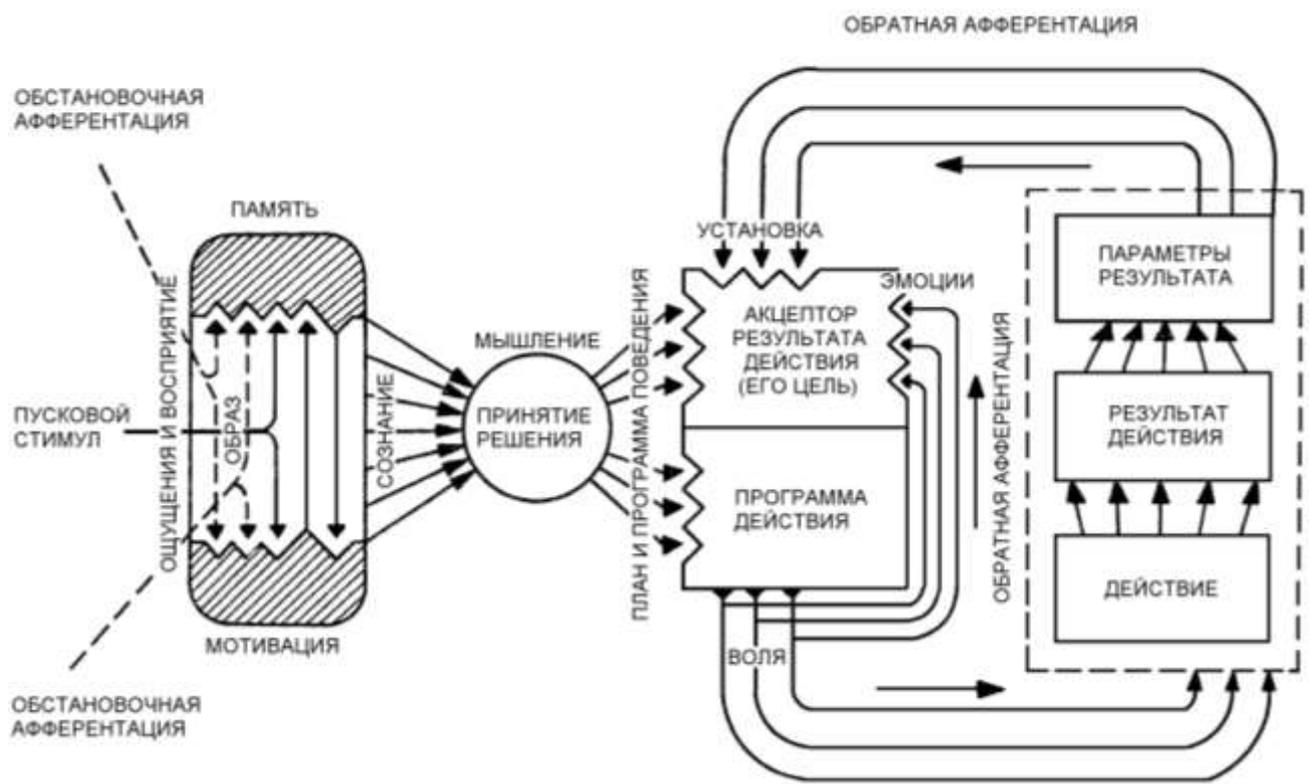


Рисунок 2 – Схема взаимодействия функциональных систем Анохина

Сегодня при подготовке специалистов используют виртуальные системы, которые позволяют на расстоянии изучить материал и возможно являются более экономичными для учебных заведений. Однако, опираясь на теорию функциональных систем Анохина, можно сделать однозначный вывод о том, что при формировании знаний и навыков у специалистов и работников, необходим практический опыт.

Итогом будут следующие выводы:

1. В системе «п-и-р» человеческий фактор имеет большое значение, т.к. не все системы могут работать без участия человека, и он является управляемым параметром. Точность измерений зависит от подготовки специалиста, т.е. его знаний и умений.
2. При работе любой функциональной системы, в том числе, системы человеческого организма при формировании программы действий, в соответствии с теорией Анохина, работает афферентный синтез.
3. Афферентный синтез состоит из следующих составляющих: 1) доминирующей мотивации; 2) обстановочной афферентации; 3) пусковой афферентации.
4. Для достижения наиболее качественных результатов, при обучении специалистов, необходимы практические навыки, так как на параметры результата действия влияет программа действий, которая, в свою очередь зависит от ощущений и восприятий, а ощущения – это психическое отражение изолированных свойств предметов объективного мира, возникающие при непосредственном воздействии на органы чувств – это и есть действие или практический опыт.

**Библиографический список:**

1. РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения: дата введения 2015-01-01: [РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения - docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru) (дата обращения: 23.05.24)

2. РМГ 29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения: дата введения 2001-01-01: [РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения \(с Изменениями N 1, 2\) - docs.cntd.ru](#) (дата обращения: 23.05.24)
3. Федеральный закон от 26.06.2008 №102-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «Об обеспечении единства измерений» (с изм. и доп., вступ. в силу 29.12.2021): [102-ФЗ Об обеспечении единства измерений \(legalacts.ru\)](#) (дата обращения: 23.05.24)
4. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения: дата введения 2001-11-01: [ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность \(правильность и прецизионность\) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения - docs.cntd.ru](#) (дата обращения: 23.05.24)
5. ГОСТ Р 8.563-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система единства измерений. Методики (методы) измерений: дата введения 2010-04-15: [ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений \(ГСИ\). Методики \(методы\) измерений - docs.cntd.ru](#) (дата обращения: 23.05.24)
6. ГОСТ 8.061-80. Межгосударственный стандарт. Государственная система единства измерений. Поверочные схемы. Содержание и построение: дата введения 1981-01-01: [ГОСТ 8.061-80 Государственная система обеспечения единства измерений \(ГСИ\). Поверочные схемы. Содержание и построение - docs.cntd.ru](#) (дата обращения: 23.05.24)
7. Анохин, П.К. Избранные труды: Кибернетика функциональных систем / под ред. К.В. Судакова. Сост. В.А. Макаров. - М: Медицина, 1998. – 400 с.

УДК 625.852

### **Совершенствование технологии строительства морозоустойчивых дорожных одежд лесовозных дорог**

Мотрюк И. Н.<sup>1</sup>, Бурмистров Д. В.<sup>2</sup>

*1 – Ухтинский государственный технический университет, г Ухта, Россия*

*2 – ООО «Транснефть», г Ухта, Россия*

**Аннотация.** Современные технологии строительства дорожных одежд лесовозных дорог с усовершенствованным типом покрытий основаны на создании прочных и высокопрочных конструктивных слоев. В основу этих технологических решений положен анализ основных физико-механических свойств дорожно-строительных материалов и процессов изменения их характеристик в процессе строительства.

В состав современной технологии дорожного строительства, помимо добычи, подготовки, складирования, переработки материалов включается еще и технологический контроль производства.

В статье рассматривается технология производства работ в современных условиях с использованием грунтовермикулитового материала. Описываются правила, которые необходимо соблюдать в процессе уплотнения грунтовермикулитового слоя и этапы уплотнения.

**Ключевые слова:** дорожные одежды, морозоустойчивость, грунтовермикулитовые материалы, виброкаток.

В общем виде технологию строительства дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог можно разделить на следующие технологические процессы: первоначальная подготовка исходного материала (местного грунта, каменного материала), разработка землеройными машинами, дробление, измельчение, перемешивание материала (грунтов с добавками, асфальтобетонных смесей), изготовление асфальтобетонов, распределение материалов в слое, уплотнение, уход. Организационно-технологические решения при строительстве дорожных одежд лесовозных дорог представлены на рисунке 1.

Процесс строительства дорожных одежд лесовозных дорог состоит в последовательном выполнении ряда технологических операций. Каждая операция требует полного завершения предыдущей перед началом последующей операции.

Одним из элементов повышения качества строительства лесовозных дорог служит система строительного контроля. Строительный контроль обеспечивает проведение достижения ввода в эксплуатацию элементов лесовозных дорог с требуемым качеством и в установленные нормативные сроки [1]. С целью снижения затрат на строительство были разработаны организационные мероприятия по внедрению системы технологического контроля качества лесовозных дорог и используемых дорожно-строительных материалов.

В общем виде, совершенствование технологии строительства морозоустойчивых дорожных одежд лесовозных дорог состоит в обосновании конструктивных решений дорожных одежд, подготовке и сооружении рабочего слоя земляного полотна, устройстве морозозащитных слоев, строительстве дорожного покрытия с теплостабилизирующими добавками и применении информационных систем контроля качества строительства.

В статье рассмотрим организацию и технологию производства работ в современных условиях с использованием грунтовермикулитовых материалов.

Грунтовермикулитовые материалы [2], доставленные на объект строительства, рекомендуется разгружать на рабочий слой земляного полотна, который в последующем разравнивают на всю ширину слоя автогрейдерами, погрузчиками, бульдозерами.

Объем материала на каждую длину сменной выработки определяют по выражению:

$$V = L \cdot B \cdot h \cdot k_{\text{зап}}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина сменной выработки, м;

$B$  – ширина слоя в м;

$h$  – толщина слоя в уплотненном состоянии, в м;

$k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса на уплотнение.

Коэффициент запаса для грунтовермикулитовых материалов принимают от 1,15 до 1,25 и уточняют по результатам пробного уплотнения.

Наименьшая толщина распределяемого слоя должна быть в 1,5 раза больше размера наиболее крупных частиц и должна составлять не менее 15 см.

Максимальная толщина слоя не должна превышать уплотняющей возможности виброкатков.

Допускается отклонение влажности не более 1% в меньшую сторону и 2% в большую сторону от оптимальной.

Планировку материала следует производить с помощью автогрейдера или бульдозера. Уплотнение производится после распределения и увлажнения грунтовермикулитового материала.

В процессе уплотнения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Уплотнение следует производить в строгом соответствии с технологическим регламентом.

2. Виброкаток перемещается параллельно оси строящейся дороги со скоростью от 2 до 7 км/ч. Меньшая скорость соответствует статическому режиму, наибольшая динамическому режиму.

3. На основаниях, имеющих продольный уклон более 30 % виброкаток перемещается по направлению снизу-вверх.

4. Начальные проходы виброкатков осуществляются ведущими вальцами вперед.

5. Процесс уплотнения виброкатками должны быть непрерывным и равномерным.

6. Запрещается останавливать виброкаток на неуплотненном грунтовермикулитовым слое.

7. С целью исключения образования деформаций слоя каждый последующий проход виброкатка должен быть смещен на величину, равную диаметру вибровальца.

Грунтовермикулитовый слой следует уплотнять за несколько этапов:

1. Первый этап уплотнения – обжимка.

Производится прикатка слоя и его предварительное уплотнение. Происходит обжимка грунтовермикулитового материала и выравнивание поверхности слоя виброкатком. Необходимо начальные два прохода по одному следу проводить без вибрации, а следующие два прохода по одному следу с наименьшей вибрацией, со скоростью не более 2 км/час.



Рисунок 1 – Организационно-технологические решения при строительстве морозоустойчивых дорожных одежд лесовозных дорог

## 2. Второй этап уплотнения – стабилизация.

По мере формирования морозозащитного слоя и формирования морозозащитной структуры, за счет включения максимального режима вибрационного воздействия происходит взаимное перемещение частиц вермикулита и грунтового материала. Признаками стабилизации служит отсутствие деформации верхнего морозозащитного слоя лесовозной дороги.

## 3. Третий этап уплотнения - доуплотнение.

Окончательное доуплотнение и формирование равнопрочного морозозащитного слоя за счет создания контактов между частицами вермикулита и грунта. Уплотнение производится от краев к середине основания.

Признаки окончания доуплотнения:

- отсутствие деформации на слое перед вальцом виброкатка;
- отсутствие следа на морозозащитном слое от прохода виброкатка.

В случае если после уплотнения не достигнута требуемая плотность и прочность морозозащитного слоя, с появлением большого количества деформаций, производится досыпка и укрепление грунтовермикулитового слоя.

По сформированному морозозащитному слою, разрешается открывать движение лесовозных автомобилей при условии ограничения скорости до 10 км/час, с регулированием движения по всей ширине слоя.

Работы по строительству морозозащитных слоев выполняются по разработанной технологической последовательности поточным методом на трех участках работ.

На первом участке работ – 200 м - выполняются следующие технологические операции:

Погрузка и транспортировка грунтовермикулитового материала (ГВМ).

Работает (на месте складирования ГВМ) экскаватор EU- 424 (емкость ковша 1,5 м<sup>3</sup>,) автомобили самосвалы КамАЗ 65115 с объемом кузова 8.5 м<sup>3</sup>, грузоподъемностью 15 т, вывозят ГВМ и разгружают ее по оси дороги.

На втором участке работ – 200 м - выполняются следующие технологические операции:

- Разравнивание материала по рабочему слою земляного полотна автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт);
- Увлажнение слоя поливомоечной машиной КО 806-06 с розливом до достижения оптимальной влажности из расчета 5% воды от массы смеси.

На третьем участке работ – 200 м - выполняются следующие технологические операции:

- Обжимка слоя катком гладковальцовым Bomag, BW 154 AD-4, с рабочей массой Q = 9,8 т;
- Уплотнение и формирование теплоизолирующего слоя катком гладковальцовым Bomag, BW 154 AD-4, с рабочей массой Q = 9,8 т;
- Планировка слоя автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт).

Перед началом работ по уплотнению необходимо провести пробное уплотнение.

В статье описана организация и технология производства работ в современных условиях с использованием грунтовермикулитовых материалов.

### **Библиографический список:**

1. Ильин Б.А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 384 с.
2. Ахтямов Э. Р. Повышение эксплуатационных характеристик покрытий лесных лесовозных дорог за счет добавки из вспученного вермикулита [Текст] / Ахтямов Э. Р., Кручинин И. Н., Побединский В. В., Кручинина

**Косвенное определение температуры перегрева асинхронного двигателя**

Старцев А. Э., Полетаев С. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

В последние годы в нефтегазовой промышленности применяется большое количество регулируемых электроприводов. Наиболее экономичным способом управления движением исполнительного органа является частотное регулирование скорости асинхронного электродвигателя. Частотный способ регулирования скорости помимо большого диапазона регулирования, высокой экономичности при высоком коэффициенте мощности приводит к искажению формы напряжения, питающего электродвигатель. В результате, высокочастотные гармоники, возникающие при работе электродвигателя от преобразователя частоты, приводят к увеличению потерь и снижению КПД асинхронного электродвигателя [1]. Поэтому превышает температура допустимого нагрева электродвигателя при номинальных режимах работы.

Для защиты асинхронного электродвигателя от перегрева применяют либо тепловую защиту, либо установку датчика температуры непосредственно в обмотку электродвигателя. Первый способ защиты электродвигателей рассчитан на питание электродвигателя от источника синусоидального напряжения и весьма приближен. Второй способ для большинства серийно выпускаемых электродвигателей приводит к изменению конструкции электродвигателей и экономически нецелесообразен. Поэтому в последнее время большое внимание уделяется разработке косвенных методов оценки перегрева электродвигателей.

Большинство авторов применяют для оценки перегрева модели нагрева электродвигателей в векторном виде, которые требуют при реализации больших вычислительных мощностей и помимо высокой точности математического описания нагрева электродвигателей для электродвигателей малой и средней мощности нецелесообразны и сложно распространяются на другие серии асинхронных электродвигателей.

Для решения подобной задачи использована достаточно распространённая одномассовая модель тепловых процессов в электрических машинах [2, 3, 4]

$$\Delta P \cdot dt = A \cdot \Theta \cdot dt + C \cdot d\Theta,$$

где  $\Delta P$  – потери мощности в асинхронном двигателе,

$A$  – коэффициент теплоотдачи асинхронного двигателя;

$C$  – коэффициент теплоёмкости асинхронного двигателя;

$\Theta = \tau - \tau_{OKP}$  – превышение температуры асинхронного двигателя над температурой окружающей среды.

Разделив левую и правую части уравнения на  $\Delta P dt$ , получим

$$\frac{\Delta P}{A} = \Theta + \frac{C}{A} \cdot \frac{d\Theta}{dt},$$

где  $\frac{\Delta P}{A} = \Theta_{уст}$  – установившаяся температура перегрева асинхронного двигателя,

$T = \frac{C}{A}$  – постоянная времени нагрева асинхронного двигателя.

Разложим потери на составляющие [5], т.е.

$$\Delta P = \Delta P_{эл} + \Delta P_{МАГН},$$

где  $\Delta P_{эл}$  – электрические потери в асинхронном двигателе,

$\Delta P_{МАГН}$  – магнитные потери в асинхронном двигателе.

Электрические потери в асинхронном двигателе определяются выражением

$$\Delta P_{эл} = I(t)^2 \cdot R \cdot m,$$

где  $R$  – активное сопротивление фазы асинхронного двигателя,  
 $m$  – число фаз асинхронного двигателя.

Теперь уравнение нагрева примет вид

$$\frac{\Delta P_{эл} + \Delta P_{МАГН}}{A} = \Theta + \frac{C}{A} \cdot \frac{d\Theta}{dt},$$

$$\frac{I(t)^2 \cdot R \cdot m}{A} + \frac{\Delta P_{МАГН}}{A} = \Theta + \frac{C}{A} \cdot \frac{d\Theta}{dt}.$$

Магнитные потери определяются опытом холостого хода [5]. Считая их постоянными, получим

$$\frac{I(t)^2 \cdot R \cdot m}{A} = \Theta + \frac{C}{A} \cdot \frac{d\Theta}{dt}.$$

Где установившаяся температура перегрева

$$\Theta_{уст} = \frac{I(t)^2 \cdot R \cdot m}{A},$$

или

$$\Theta_{уст} = I(t)^2 \cdot k_{\tau},$$

где  $k_{\tau} = \frac{R \cdot m}{A}$  – коэффициент тепловой инерции асинхронного двигателя.

Однако, на практике нельзя пренебрегать магнитными потерями в магнитопроводе, которые вызывают дополнительный нагрев обмоток электродвигателя, тогда

$$T \cdot \frac{d\Theta}{dt} + \Theta = K_{\tau} \cdot I^2(t) + \Theta_{МАГН}.$$

Полученное выражение достаточно точно описывает динамику теплового процесса с учётом существующих потерь в асинхронном двигателе. При этом перегрев асинхронного двигателя  $\Theta_{МАГН}$ , вызванный магнитными потерями, определяется при холостом ходе электродвигателя.

В уравнении теплового баланса производная есть скорость изменения температуры перегрева по времени, которая согласно [5] для одномассовой тепловой модели величина постоянная. Тогда постоянную времени электродвигателя достаточно просто определить при первом запуске электродвигателя по выражению

$$T = \frac{\Theta_{уст} - \Theta_{нач}}{v_t} = \frac{\tau_{уст} - \tau_{нач}}{v_t},$$

где  $\tau_{уст}$  – установившаяся температура нагрева, определяемая нагревом электродвигателя в номинальном режиме,

$\tau_{нач}$  – начальная температура нагрева,

$v_t$  – скорость нагрева электродвигателя.

Функциональная схема, описываемая результирующим уравнением приведена на рисунке 1.

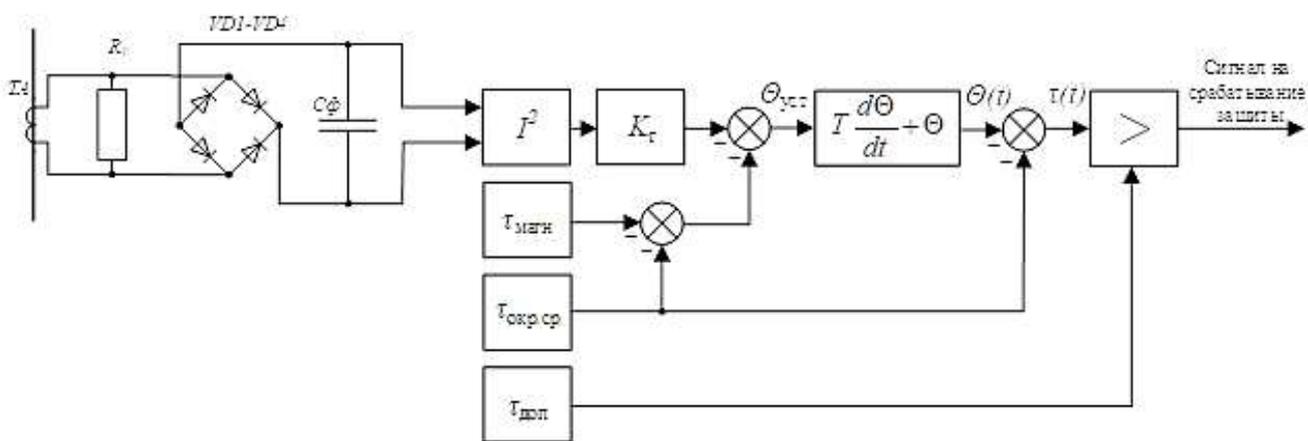


Рисунок 1 – Функциональная схема тепловой защиты трансформатора

Ток статора выпрямляется диодным мостом  $VD1 - VD4$ . Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором  $C_\phi$ . Постоянная составляющая пропорциональна квадрату тока статора. Произведение квадратичной составляющей тока статора на коэффициент тепловой инерции  $k_t$  даёт нагрев, определяемый электрическими потерями в обмотках электродвигателя. Сумма нагревов обмотки, вызванной потерями в обмотках электродвигателя и магнитопровода дают установившуюся температуру перегрева  $\Theta_{уст}$ . Далее происходит определение температуры наиболее нагретой точки обмотки. Следующий блок сравнивает полученное значение с допустимой температурой перегрева  $\tau_{доп}$  и при превышении результата заданной температуры перегрева подаётся сигнал на срабатывание защиты асинхронного двигателя.

#### Библиографический список:

1. Майер, В. Я. Исследование влияния несинусоидальных отклонений напряжения на эксплуатационные характеристики асинхронного двигателя [Электронный ресурс] / В. Я. Майер – режим доступа <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения 20.05.2024), 1998.
2. Ермаков, В. Ф. Выбор электрооборудования по нагреву [Текст] / В. Ф. Ермаков, Зайцева И. В. – Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2018. – 176 с.
3. Киш, Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов [Текст] / Л. Киш, Пер. с венгерского под ред. Г. Е. Тарле – М.: Энергия, 1980 - 208 с.
4. Ермаков, В. Ф. Опытное определение постоянной времени нагрева электрооборудования [Текст] / Ермаков В. Ф., Балькин Е. С., Еволенко Н. А. и др. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2012. – № 1. – С. 66 – 68.
5. Старцев, А. Э. Устройство непрерывного контроля переходных тепловых процессов сухих трансформаторов [Текст] / А. Э. Старцев, С. В. Полетаев, П. С. Шичев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2021. – № 3. – С. 142-151.

УДК 630\*383:625.72

#### Геоинформационное обеспечение при трассировании лесовозных дорог / Geoinformation support for logging roads tracing

Меньшиков С. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г Ухта, Россия*

**Аннотация.** Статья описывает важность геоинформационных систем (ГИС) в проектировании лесовозных дорог, акцентируя внимание на их роли в оптимизации процессов, снижении затрат и уменьшении экологического воздействия. Современные методы с использованием ГИС позволяют собирать, анализировать и визуализировать пространственные данные, значительно повышая точность проектирования. Примеры из России и других стран демонстрируют эффективность ГИС в управлении и планировании дорожных сетей.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы (ГИС), лесовозные дороги, моделирование маршрутов, экологическое воздействие пространственные данные.

**Annotation.** The article describes the importance of geographic information systems (GIS) in the design of logging roads, focusing on their role in optimizing processes, reducing costs and reducing environmental impact. Modern methods using GIS allow you to collect, analyze and visualize spatial data, significantly increasing the accuracy of the design. Examples from Russia and other countries demonstrate the effectiveness of GIS in the management and planning of road networks.

**Keywords:** geoinformation systems (GIS), logging roads, route modeling, environmental impact spatial data.

Лесовозные дороги критически важны для лесной промышленности, обеспечивая транспортировку древесины. С увеличением объемов добычи растет потребность в оптимизации их проектирования. Эти дороги позволяют эффективно организовать рубку и вывоз древесины, снижая транспортные издержки и время доставки, а также способствуют рациональному использованию лесных ресурсов.

Проектирование лесовозных дорог усложняется из-за сложного рельефа, водных преград и болот. Необходимо минимизировать экологическое воздействие и обеспечить экономическую эффективность.

Геоинформационные системы (ГИС) помогают собирать и анализировать данные, учитывая природные и техногенные факторы. Это повышает точность проектирования, снижает затраты и минимизирует воздействие на окружающую среду.

Цель статьи — осветить роль геоинформационных систем (ГИС) в трассировке лесовозных дорог, подчеркнув их значимость в оптимизации проектирования, снижении затрат и минимизации экологического воздействия.

Геоинформационные системы (ГИС) — это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для сбора, хранения, анализа и визуализации пространственных данных. ГИС интегрируют различные виды данных, включая географическую информацию, чтобы поддерживать принятие решений в различных сферах, таких как управление природными ресурсами, урбанистика, экология и инфраструктурное проектирование [1].

Трассировка дорог — это процесс планирования и проектирования маршрута дороги, включающий определение оптимального пути с учетом различных факторов, таких как рельеф местности, существующая инфраструктура, экологические и экономические параметры. Цель трассировки заключается в минимизации затрат на строительство и эксплуатацию дороги, а также в снижении ее воздействия на окружающую среду [2].

Традиционные методы трассировки лесовозных дорог включают:

- Геодезические исследования. Изучение рельефа и топография местности.
- Ручное проектирование. Планирование маршрутов на бумажных картах с учетом минимизации длины дороги и избегания сложных участков.
- Инженерные изыскания. Оценка грунтов, водных преград и других природных факторов [3, с. 35-38].

Современные методы трассировки лесовозных дорог с использованием ГИС включают:

1. Применение геоинформационных систем (ГИС).
  - Анализ пространственных данных. ГИС используются для управления и анализа большого объема пространственной информации, такой как рельеф местности, растительность, гидрография и инфраструктура. Это позволяет более точно моделировать маршруты и оценивать их влияние на окружающую среду.
  - Моделирование маршрутов. ГИС позволяют создавать различные сценарии трассировки и визуализировать их на карте. Это включает в себя анализ рельефа, определение оптимальных маршрутов и учет экологических факторов.
  - Оценка экологических и экономических факторов. ГИС помогают учитывать и минимизировать воздействие на экосистемы, а также оптимизировать затраты на строительство дорог.

2. Использование данных дистанционного зондирования и GPS:

- Сбор данных с помощью спутников и дронов. Дистанционное зондирование и GPS технологии позволяют получать высокоточные данные о местности, которые затем интегрируются в ГИС для дальнейшего анализа и моделирования.

- Трехмерное моделирование и визуализация. Использование 3D моделей позволяет более точно представлять топографию и рельеф местности, что помогает в планировании и прогнозировании возможных проблем на этапе строительства [4].

Принципы трассировки с использованием ГИС:

1. Точность и актуальность данных. ГИС системы обеспечивают доступ к точным и актуальным данным, что критически важно для правильного проектирования лесовозных дорог. Это включает в себя как пространственные, так и атрибутивные данные о местности.

2. Интеграция различных типов данных. ГИС позволяют интегрировать данные из различных источников, таких как карты, аэрофотоснимки, спутниковые изображения и результаты геодезических исследований. Это обеспечивает комплексный подход к трассировке и позволяет учитывать все возможные факторы.

3. Оптимизация маршрутов. Современные методы трассировки с использованием ГИС направлены на оптимизацию маршрутов для минимизации затрат и воздействия на окружающую среду. Это достигается за счет моделирования различных сценариев и выбора наилучшего из них с учетом всех факторов [5, с. 48-52].

Эти современные методы и принципы значительно улучшают процесс проектирования лесовозных дорог, делая его более эффективным, точным и экологически безопасным. ГИС системы эффективно собирают и анализируют данные о рельефе, почвах, водных ресурсах и растительности, что помогает оптимизировать маршруты и минимизировать экологическое воздействие. С помощью ГИС можно моделировать и визуализировать маршруты, учитывая природные и техногенные факторы, что позволяет точнее оценить влияние строительства на окружающую среду. ГИС учитывает водные преграды, зоны оползней и другие риски, что способствует точному планированию и снижению экологического воздействия.

Процесс проектирования лесовозных дорог с использованием ГИС включает несколько ключевых этапов:

1. Постановка задачи. Определение целей и требований к проекту, включая тип работ и технические условия.

2. Сбор данных. Сбор пространственных данных с использованием ГИС, включая топографические и экологические данные.

3. Анализ данных и моделирование. Обработка и анализ собранных данных для создания оптимальных маршрутов с учетом природных и техногенных факторов.

4. Создание проекта и документации. Разработка детального проекта дороги и необходимой документации.

5. Согласование и утверждение. Согласование проекта с компетентными органами и получение необходимых разрешений.

Для проектирования и трассировки дорог с использованием ГИС часто используются следующие программы:

- ArcGIS. Мощный инструмент для анализа и визуализации пространственных данных, широко используемый в различных отраслях.

- QGIS. Бесплатное и открытое программное обеспечение, предоставляющее широкий набор инструментов для обработки географических данных.

- AutoCAD Civil 3D. Специализированное ПО для гражданского строительства, включающее инструменты для проектирования дорог с учетом топографии и инфраструктуры [6].

Преимущества ГИС при трассировке лесовозных дорог:

1. Экономия времени и ресурсов. ГИС значительно ускоряет сбор и анализ данных, сокращая время и затраты на проектирование и строительство дорог за счет автоматизации процессов.

2. Повышение точности и надежности данных. ГИС обеспечивает точные и актуальные данные о географических и экологических условиях, что повышает надежность проектных решений и помогает избежать ошибок при планировании маршрутов.

3. Снижение экологических последствий. ГИС помогает минимизировать воздействие на окружающую среду, выявляя и избегая экологически уязвимые зоны, что способствует разработке более безопасных маршрутов [7].

Компания "Автотор" активно использует геоинформационные системы (ГИС) для управления и мониторинга автомобильных дорог, включая трассировку лесовозных дорог. В проекте по созданию базы данных дороги А-105, ГИС-технологии применялись для внесения информации по дорожным объектам, инфраструктуре и средствам организации дорожного движения. Это позволило создать дежурный план дороги в границах полосы отвода и придорожной полосы, а также вести диагностику выполненных дорожных работ и мест концентрации ДТП [8].

Также в различных европейских странах, например, в Италии в Тоскане ГИС использовались для планирования сети лесных дорог на двух участках. Основное внимание уделялось технической эффективности и экологической устойчивости. Были протестированы два различных подхода, что помогло лесоуправляющим организациям принимать более обоснованные решения [9]. Международные исследования показывают, что ГИС помогают оптимизировать планирование лесных дорог на стратегическом, тактическом и операционном уровнях. Применение ГИС позволило улучшить управление дорожными сетями, снизить затраты и минимизировать экологическое воздействие.

Использование ГИС при трассировке лесовозных дорог значительно повышает точность, эффективность и экологическую устойчивость проектирования. ГИС улучшает планирование и выполнение дорожных работ, сокращает время на диагностику и ремонт, а также помогает минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Расширение использования ГИС в новых и текущих проектах, интеграция с новыми технологиями, такими как беспилотные летательные аппараты, и повышение квалификации специалистов. Применение ГИС является перспективным направлением для повышения эффективности и устойчивости лесного хозяйства, что подтверждается успешными международными примерами.

#### **Библиографический список:**

1. Решетникова Мария. Геоинформационные системы: что это за технология и как работает? – 2022г. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/61f8fb399a7947618807cc41>
2. Что такое ГИС? - URL: <https://nextgis.ru/chto-takoe-gis/>
3. Борисов Г.А., Земляченко В.Н., Сидоренко Г.И. Оптимальное трассирование лесовозных дорог. - Известия высших учебных заведений. - Лесной журнал. – 2001г. – URL: <https://lesnoizhurnal.narfu.ru/>
4. Самцов Вадим Викторович. Геоинформационное обеспечение инженерно-ландшафтного проектирования при трассировании лесовозных автомобильных дорог. – 2020г. – URL: <https://www.dissercat.com/content/geoinformatsionnoe-obespechenie-inzhenerno-landshaftnogo-proektirovaniya-pri-trassirovanii>
5. Бургунутдинов Альберт Масугутович, Левушкин Дмитрий Михайлович, Бурмистрова Ольга Николаевна, Кунгурова Елена Александровна. Современные методы проектирования лесовозных дорог. – Учебное пособие. - Ухтинский государственный технический университет. – 2024г. – URL: <https://www.scientia-pub.org/index.php/Sci/catalog/book/63>
6. Клименко Михаил. Этапы проектирования автомобильных дорог. – 2015г. – URL: <https://avtomaniya.com/site/publication-full/11468>
7. Иванова М. Э. Применение ГИС-технологий для проектирования лесных дорог // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. - 2010. - №5. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-gis-tehnologiy-dlya-proektirovaniya-lesnyh-dorog>
8. Создание базы данных ГИС автомобильной дороги А-105. - URL: <https://avtodor-eng.ru/projects/sozдание-bazy-dannyh-gis-avtomobilnoi-dorogi-105>
9. Пиккио, Р.; Пиньятти, Г.; Марки, Э.; Латтерини, Ф.; Бенанчи, М.; Фодери, К.; Венанци, Р.; Верани, С. Применение двух подходов с использованием ГИС-технологий при планировании сети лесных дорог в горах Италии. – 2018г.– URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/9/5/277>

**Рекомендации по оптимизации метрологического обеспечения калибровки средств измерений**

Мучкинова Л. И., Отев К. С.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В данной работе рассматривается проблема оптимизации метрологического обеспечения калибровки средств измерений путем снижения затрат на разработку методик калибровки за счет использования методик поверки в качестве основы для разработки методик калибровки. Анализируются различия между процедурами калибровки и поверки, а также различия в требованиях к методам. Оценивается возможность преобразования процедуры поверки в процедуру калибровки.

**Ключевые слова:** калибровка, измерение, поверка, методика измерений.

Основной целью метрологического обеспечения в различных областях деятельности является оптимизация процессов измерений и других измерительных задач с точки зрения ресурсных, экономических и временных параметров. Измерения используются для получения информации о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерения являются основой для принятия решений о качестве продукции, внедрения систем качества и проведения научных экспериментов, но только точность, прецизионность и достоверность приводят к положительным результатам, а отсутствие достоверности - к низкому качеству продукции, остановке производственных процессов, авариям и другим негативным последствиям [1].

Результаты измерений часто используются для осуществления различных видов технического контроля продукции и технологических процессов. С другой стороны, средства измерений, используемые для проведения измерений, сами являются продукцией и требуют соблюдения технических условий и проверки соответствия для выполнения своих функций. Фундаментальными формами такого контроля в нашей стране являются процедуры поверки и калибровки. Основное различие между этими процедурами заключается в основной цели их проведения. Поверка - это процедура оценки пригодности средств измерений к применению и является одной из форм национального контроля. Калибровка проводится для получения информации о фактическом состоянии средств измерений и как процедура не подлежит государственному контролю. Сходство между процедурами поверки и калибровки заключается в том, что в обоих случаях действительные значения метрологических характеристик средства измерений определяются экспериментально. Обе процедуры для данного средства измерений документируются как процедуры поверки и калибровки соответственно.

В последние годы потребность в калибровке значительно возросла. Это связано как с новыми требованиями законодательства и национальных стандартов, так и с ростом «метрологической дисциплины» в компаниях. Поэтому учреждениям и организациям, вводящим эти процедуры, необходимо внедрять новые процедуры калибровки. Одной из основных трудностей при внедрении является отсутствие процедур калибровки для большинства средств измерений. С другой стороны, процедуры поверки предусмотрены практически для всех средств измерений утвержденного типа. Разработка процедуры калибровки «с нуля» является достаточно трудоемким и ресурсоемким процессом, а поскольку процедуры поверки и калибровки весьма схожи по выполняемым операциям, появляется вопрос о возможности разработки процедур калибровки на основе процедур поверки. Для этого необходимо рассмотреть основные различия между этими методами и определить характер изменений, которые необходимо внести.

Рассматривая фундаментальный смысл определений, можно отметить, что разница между этими процедурами заключается в том, что при поверке определяется соответствие свойств средства измерений заданным значениям, а при калибровке - действительные значения метрологических свойств средства измерений. Таким образом, поверка - это вид оценки соответствия, а калибровка - метод получения измерительной информации. Поверка имеет более высокий статус, чем калибровка, и включает в себя процедуры, предусмотренные для калибровки.

Калибровка же является более информативной процедурой, позволяющей получить достоверную информацию о действительных значениях метрологических характеристик средства измерений. Эта информация позволяет оценить техническое состояние средства измерений и, отслеживая изменения отдельных характеристик во времени, прогнозировать изменения состояния средства измерений, в частности, возникновение отказов и других критических состояний.

Калибровка является добровольной и поэтому не имеет срока действия. В отличие от калибровки, поверка является обязательной, имеет определенную периодичность, и ее процедура не включает оценку неопределенности. Перед вводом в эксплуатацию и после ремонта средства измерений подлежат первичной поверке и периодической поверке в процессе эксплуатации. Обязательная периодическая поверка должна проводиться при повреждении поверочных пломб на средстве измерений, а также после ремонта, юстировки или ввода в эксплуатацию средства измерений после длительного хранения.

Методы проведения поверки не дают достаточных данных для калибровки, т.е. для расчета неопределенности. Для этого требуется серия измерений (не менее пяти измерений), что обычно не требуется для методик поверки. В процедурах поверки средства поверки могут иметь строгие требования, такие как разрядность, классы точности и т.д., которые не являются необходимыми для калибровки средств измерений. Основным требованием к калибровке является использование эталонов и стандартных образцов, прослеживаемых при калибровке до национальных первичных эталонов Российской Федерации или, при их отсутствии, до национальных эталонов других стран.

Процедуры поверки имеют граничные значения допусков, и если результат поверки находится в этих пределах, то средство измерений считается годным, на него наносится знак поверки и делается соответствующая запись в документации или выдается свидетельство о поверке по установленной форме, а также сведения передаются в федеральный информационный фонд «Аршин» [1]. Если по результатам поверки средство измерений признано непригодным к применению, то знак поверки, свидетельство о поверке аннулируются и оформляется извещение о несоответствии по установленной форме с соответствующей записью в документации.

Формат и содержание документа о поверке строго определены нормативными документами Росстандарта, но содержание документа о калибровке (протокола калибровки) может меняться в зависимости от требований заказчика, например, исключение ненужных характеристик или включение дополнительных определенных характеристик.

Очевидно, что основным недостатком калибровки является невозможность утверждать о пригодности или непригодности средства измерения, потому что определяются только действительные значения. Однако этот факт может быть преимуществом в некоторых реальных рабочих ситуациях. Поскольку методики поверки не оценивают неопределенность измерений, выполняемых при калибровке, невозможно в полной мере оценить, насколько достоверными могут быть выводы о соответствии средства измерений.

Поэтому самое очевидное и простое решение о возможности калибровки по методике поверки, основанное только на том, что последняя включает в себя необходимые характеристики, подлежащие определению, и алгоритм выполняемой операции, неправомерно. В этом случае исчезнут все преимущества обеих процедур и останутся все их недостатки. Поэтому калибровочным организациям необходимо разрабатывать отдельную процедуру, полностью отвечающую требованиям этих процедур. Для оптимизации алгоритма разработки процедуры калибровки за основу может быть взята соответствующая процедура поверки. В этом случае оптимизация обычно заключается в изменении требований к оформлению и представлению результатов в дополнение к требованиям к оценке неопределенности.

#### **Библиографический список:**

1. Мучкина, Л. И. Современные тенденции развития цифровизации метрологического обеспечения / Л. И. Мучкина, К. С. Отев // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации : (шифр –МКСТР), Москва, 15 февраля 2024 года. – Москва: Издательство АНО ДПО «ЦРОН», 2024. – С. 194-198.

2. ГОСТ Р 8.973-2019. Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к содержанию и оформлению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <https://docs.cntd.ru/document/1200169344>
3. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <https://docs.cntd.ru/document/1200118303>
4. Об обеспечении единства измерений. [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ. – Режим доступа : Справочно-правовая система КонсультантПлюс, <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=7790>
5. ГОСТ Р 8.563–2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200077909>

УДК 005.6

## **Интеграция систем менеджмента качества (TQM) в эпоху цифровых логистических систем**

Печенко Н. С.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Рассматривается проблема интеграции системы менеджмента логистических систем в условиях «Индустрии 4.0». В работе отмечается, что интеграция TQM в цифровые логистические системы позволяет достичь более высоких стандартов, снизить затраты и повысить удовлетворенность клиентов.

**Ключевые слова:** качество, система менеджмента качества, логистика, цифровизация, управление цепями поставок.

Качество как объект управления преодолело долгий путь становления конкуренции на мировом рынке. Качество является символом процветания отдельного человека организации, региона и целого государства.

Понимание понятия «качество» воспринимается разными людьми по-разному, поэтому окончательное понимание понятия «качество» лежит на человеке, главной заинтересованной стороне в готовом продукте или предоставляемой услуге. Уильям Э. Деминг, основатель менеджмента качества, отстаивал идею о том, что качество воспринимается как «предсказуемая степень единообразия и надежности со стандартом качества, подходящим для заказчика». Джозеф Джуран, работающий в области улучшения качества, определил качество как «пригодность к использованию», также ориентируясь на потребителя, который будет использовать конечный продукт, поставляемый на рынок. В свою очередь, Филип Б. Кросби, выдвинул идею о том, что качество следует воспринимать как соответствие определенным спецификациям и установленным требованиям.

В результате основная концепция этих определений – обеспечение соответствия требованиям и производительности с учетом интересов клиентов. Определение, данное Американским обществом качества (ASQ), предполагает, что качество соответствует совершенству товаров и услуг, в частности, в той степени, в какой они соответствуют требованиям и удовлетворяют потребителей. В настоящее время международное признанное определение качества относится к семейству стандартов ISO 9000 на СМК, в которой указано, что качество продукции и услуг организации определяется способностью удовлетворять потребителей и преднамеренным или непреднамеренным влиянием на соответствующие заинтересованные стороны.

В этом контексте основные принципы TQM, изложенные в семействе стандартов ISO 9000 (ориентация на клиента, лидерство, вовлечение людей, процессный подход, совершенствование, принятие решений на основе фактических данных и взаимоотношения менеджмента) соответствуют перспективам движения «Индустрии 4.0».

Качество логистических операций, являясь флагманом цифровизации, оценивается по ряду показателей, таких как точность и своевременность поставок, эффективность управления запасами, надежность и безопасность транспортировки, стоимость обслуживания складов и транспортных средств, а также уровень удовлетворенности клиентов [1]. Хорошо организованная система менеджмента качества логистики TQM обеспечивает эффективное функционирование цепей поставок, повышает конкурентоспособность компании и способствует увеличению прибыли. Для оценки качества логистики используются различные методы и инструменты, такие как ключевые производственные индикаторы (KPI), анализ эффективности и рентабельности логистических процессов, опросы клиентов и партнеров.

Хотя на современном этапе TQM логистических операций используются многие известные IT-решения, такие как управление электронным документооборотом (EDM), планирование ресурсов предприятия (ERP), обслуживание клиентов системы управления взаимоотношениями (CRM), управление рабочими процессами и т.д. - эти технологии в значительной степени задействуют людей, их знания и способности. Цифровая трансформация предполагает следующий шаг, который заключается в переводе ручных операций по управлению качеством в цифровую форму.

Одной из наиболее заметных тенденций цифровизации логистических операций интегрированной TQM является регистрация и анализ данных, которые являются наиболее трудоемкими задачами внедрения CMK. Снижение стоимости и повышение производительности систем хранения и обработки информации позволяют измерять и регистрировать все, что может повлиять на качество продукта. Системы больших данных позволяют анализировать сложные и быстро меняющиеся наборы данных из нескольких источников. Кроме того, мониторинг и управление процессами, которые являются неотъемлемыми компонентами CMK и объектами применения статистических методов, могут быть улучшены за счет использования нейронных технологий сети и искусственного интеллекта. Нейронные сети способны выявлять тенденции и изменения в процессах гораздо эффективнее и быстрее, чем человек или автоматизированные комплексы, основанные на статистической обработке данных. И последнее, но не менее важное: цифровые технологии трансформация позволяет проводить прогнозную аналитику для принятия решений в неоднозначных ситуациях.

Для создания ценности для более осведомленных клиентов глобальный бизнес-сектор уделяет особое внимание внедрению интеллектуальных технологий в производство высококачественной продукции и логистические процессы.

Во-первых, большинство цифровых решений обеспечивают более высокое техническое качество продуктов и услуг.

Во-вторых, мероприятия по управлению качеством распространяются на всю организацию и ее процессы создания ценности с помощью цифровых решений.

Таким образом, IT-решения в области логистических операций напрямую влияют на бизнес-модели, операционную деятельность и опыт клиентов. Интеграция TQM в цифровые логистические системы может быть реализована путем внедрения специализированного программного обеспечения для управления качеством, проведения обучения сотрудников по методам улучшения процессов и внедрения системы непрерывного анализа и улучшения. Благодаря использованию TQM в цифровых логистических системах, организации могут достичь более высоких стандартов качества, сократить издержки и сроки выполнения заказов, а также улучшить уровень удовлетворенности клиентов. Следовательно, интеграция TQM поможет организациям успешно адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка и оставаться конкурентоспособными в условиях цифровой трансформации логистической индустрии.

#### **Библиографический список:**

1. Борисова, В. В. Логистическая система цифрового типа Евразийского экономического союза / В. В. Борисова, А. В. Молонова, Н. С. Печенко // Цифровые технологии в логистике и инфраструктуре : Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 10–11 октября 2019 года. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2019. – С. 31-39.

2. Лимонова, Е. В. Влияние факторов цифровизации компаний на результативность системы менеджмента качества / Е. В. Лимонова // Экономическая безопасность России: вызовы XXI века : Сборник научных статей. – Саратов : Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2018. – С. 53-60.
3. Горбашко, Е. А. Развитие системы менеджмента качества организации в условиях цифровизации экономики / Е. А. Горбашко, Н. А. Бонюшко, А. А. Семченко. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2019. – 155 с.
4. Алиева, Т. М. Системы менеджмента качества в условиях цифровизации / Т. М. Алиева // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт. – 2020. – № 7(32). – С. 8-14.

УДК 621.3

### **Методы диагностики состояния силовых трансформаторов в северных условиях эксплуатации**

Тетеревлева Е. В., Отев К. С.

*1 – Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы и методы диагностики состояния силовых трансформаторов. Данная тема актуальна, т. к. значительное количество находящегося в эксплуатации оборудования выработало свой ресурс, но при этом сохраняет работоспособность.

**Ключевые слова:** силовой трансформатор, методы диагностики, дефекты, оценка ресурса.

Силовые трансформаторы (СТ) - ключевое оборудование подстанций и электростанций. От их работы зависит надежность и качество электроснабжения. Трансформаторы выпускаются в различных конструктивных вариантах в зависимости от требуемой производительности и условий эксплуатации. Состояние трансформаторов регулярно контролируется операторами, а диагностика неисправностей проводится специализированными службами в соответствии со стандартами.

Повреждения силовых трансформаторов и отклонения от нормального режима работы могут быть вызваны конструктивными недостатками, скрытыми дефектами, транспортировкой, монтажом, эксплуатацией, некачественным ремонтом, влажностью, отсутствием масла и т.д.

Задачами диагностики технического состояния силовых трансформаторов являются выявление дефектов и повреждений, определение ремонтпригодности оборудования, оценка возможности продления срока службы без капитального ремонта или ремонтных работ на оборудовании, определение остаточного ресурса и рекомендации по его продлению. Своевременное обнаружение открытых дефектов позволяет предотвратить их развитие и сохранить работоспособное состояние трансформатора.

Используемые на сегодняшний день методы диагностики силовых трансформаторов, используемых в северных условиях, не могут надежно выявить неисправности и повреждения на ранней стадии, поскольку не реагируют на изменения или подвержены ошибкам при оценке состояния изоляции силовых трансформаторов. Оценка методом абсорбции дает ошибочные данные из-за сильного влияния температуры, влажности и неисправностей используемого оборудования. Известные методы диагностики изоляции не могут определить состояние всех силовых трансформаторов, а только некоторых из них.

С развитием прогресса появляются новые методы, а существующие постоянно совершенствуются. Тепловизионные методы включают в себя тепловизор и компьютерную обработку данных. Сложность этого метода заключается в тепловыделении оборудования при нормальной работе, но с его помощью можно также обнаружить повреждения обмоток, скрытые обрывы проводов, температуру контактных групп, систем охлаждения и заземляющих шин. В области тепловых расчетов применяется одномерный контроль температуры, решение уравнений теплопередачи аналитическими методами, методы тепловых диаграмм и построение термограмм. Особое внимание уделено методам конечных элементов для расчета тепловых полей.

Для обнаружения неоднородных дефектов в элементах СТ используются различные неразрушающие методы и методы проникновения в материал, позволяющие обнаружить внутренние трещины, несварные швы, расслоение, утонение и различные включения [3]. Основным требованием этих методов является чистота поверхностей контроля. Для измерения проводимости и влажности изолятора СТ изучается метод, который представляет собой усовершенствование абсорбционного метода расчета угла диэлектрических потерь. Этот метод основан на подаче зондирующего сигнала на вход одной обмотки и регистрации отклика других обмоток.

Для контроля состояния обмоток КТ метод низковольтных импульсов, основанный на применении прямоугольных зондирующих импульсов и фиксации осциллограммы обмотки, позволил измерить сопротивление короткого замыкания. Полученные изображения затем сравнивались с нормальными данными. Метод анализа частотных характеристик используется для диагностики состояния обмоток и магнитопроводов СТ и позволяет сравнивать исходные и текущие диагностические данные оборудования с помощью математических формул. Сравнение одновременных симметричных фаз обмоток является одним из лучших методов, когда предыдущие данные о характеристиках недоступны. Отклик является чувствительным, поскольку частота колебаний резко реагирует на изменение положения емкостных и индуктивных элементов оборудования.

Вибрационные методы контролируют мощность отдельных компонентов вибрации. Современные направления развития вибродиагностики включают в себя применение систем непрерывного мониторинга для уменьшения количества точек и применение мобильных систем для анализа источников вибрации для увеличения интервалов сбора данных. Современные методы вибродиагностики не только обнаруживают механические колебания, но и анализируют спектры вибрации, формы колебаний и фазовые углы.

Методы обнаружения утечек также используются для выявления не герметичности в корпусах и системах охлаждения СТ, т.е. с помощью жидкости или газа проникают в дефектную зону и определяют размер дефекта и степень герметичности. Эксплуатация силовых трансформаторов с низким уровнем масла недопустима, поскольку нарушается охлаждение, масло преждевременно стареет и может сработать газовое реле, отключающее СТ.

Состояние втулок и высоковольтной изоляции контролируется с помощью акустической детекции частичных разрядов (ЧР) в условиях эксплуатации. Информация с датчиков, установленных на объекте, может быть использована компьютерными программами для определения местоположения, типа и степени опасности неисправностей и повреждений. ЧР регистрируется по трем каналам - акустическому, электромагнитному и электромагнитному, что позволяет находить неисправности с достаточной точностью.

Хроматографический анализ газов, растворенных в масле (ХАРГ), позволяет измерить нормальный процесс старения оборудования и концентрацию газов, выделяющихся при повреждении бумажной изоляции, коротких замыканиях, электрических дугах и т. д. Эффективность и важность этого метода доказана его способностью выявлять многие проблемы.

Таким образом, решением проблемы диагностики состояния СТ является разработка комплексной автоматизированной системы диагностики, позволяющей быстро и своевременно выявлять неисправности и повреждения на самой ранней стадии, определять их причины и оценивать объем ресурсов оборудования и необходимость ремонта. Система должна помогать планировать время и объем технического обслуживания оборудования в соответствии с реальными условиями. Система должна отвечать требованиям универсальности и простоты использования, минимальной погрешности и максимальной точности измерений, наглядности результатов, возможности диагностики в рабочем режиме и т.д.

### **Библиографический список:**

1. Колесников, И. Е. Единая модель цифровой диагностики состояния силового трансформатора / И. Е. Колесников, А. В. Коржов, К. Е. Горшков // Приборы. – 2021. – № 3(249). – С. 51-56
2. Черепанов, А. Б. Проблемы диагностики состояния силовых трансформаторов / А. Б. Черепанов // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. – 2020. – № 4(42). – С. 16-19
3. Тетеревлева, Е. В. Пути решения задач эффективного электроснабжения нефтедобывающего предприятия / Е. В. Тетеревлева, К. С. Отев // Естественные и технические науки. – 2024. – № 1(188). – С. 226-229.

**Древесина – главный продукт леса**

Чемшикова Ю. М.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Значение лесов в жизни человека, потенциал древесины и ее натуральных компонентов, возможности ее использования сегодня.

**Ключевые слова:** древесина, применение, использование, древесная биомасса, развитие.

Древесина – это плотный природный материал, который состоит: корни, ствол и ветви дерева. Больше всего древесины сосредоточено на стволах, которое распиливают на части. Ее часто называют деловой древесиной. Заготавливают ее из спиленных и очищенных от ветвей и сучьев стволов деревьев – хлыстов.

Сегодня она применяется при строительстве зданий и сооружений хозяйственного назначения, в мебельном и спичечном производстве, в химической промышленности и т.д. Лесная промышленность Федеральной лесной службы России сосредоточена в лесхозах и лесничествах и охраняется законом.

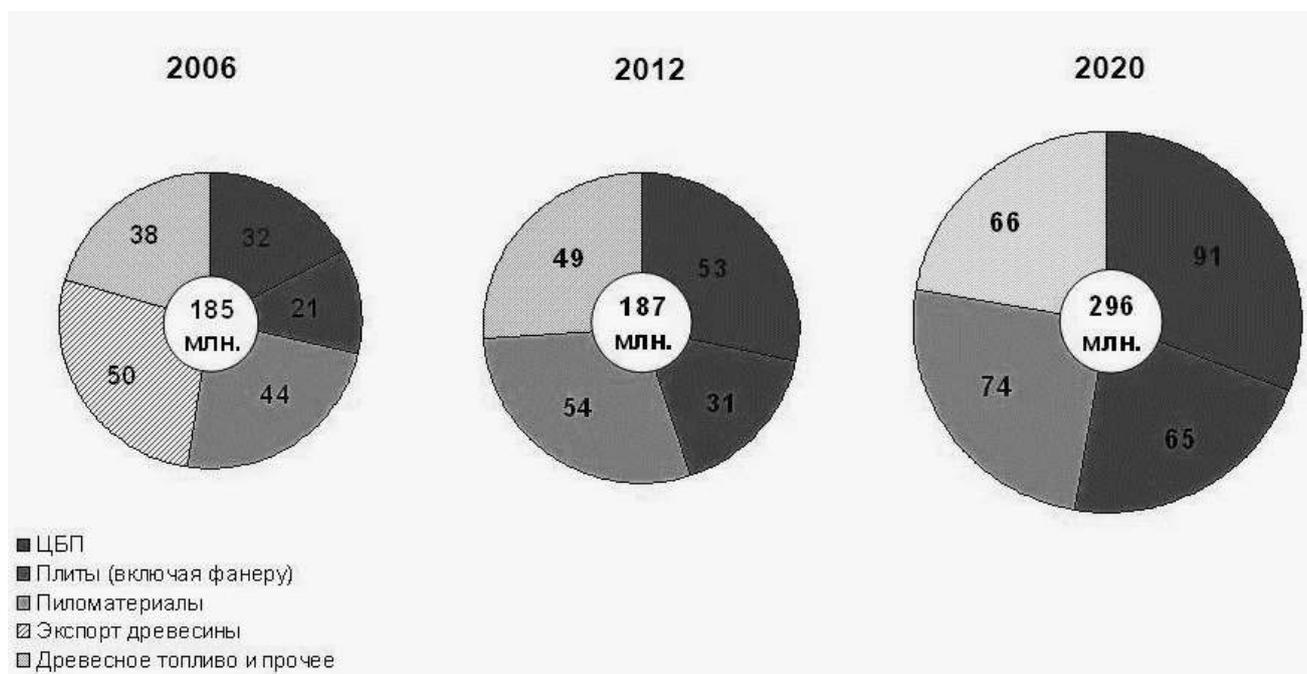


Рисунок 1 – Прогноз потребляемых лесных ресурсов при внедрении стратегии развития ЛПК РФ

На территории нашей страны произрастает более 100 различных пород деревьев. В природе различают хвойные (ель, сосна, лиственница, пихта, кедр) и лиственные породы (дуб, ясень, осина, липа, яблоня, груша, акации, и др.). хвойные породы на территории России играют ведущую роль в деревообрабатывающей промышленности. Здесь распространены сосна, ель, лиственница, кедр, пихта.

Отличительными свойствами породы древесины являются: кора, хвоя (листья), цвет, запах, расположение сучьев и веток, твердости, текстура (рисунок поверхности древесины, образованный в результате перерезания годовичных колец и волокон).

Использование древесины создает и обеспечивает рабочие места. Лесное хозяйство использует древесное сырье как материальную основу для множества различных отраслей и производств, экономическое значение которых часто недооценивают. Согласно определению, лесное хозяйство и лесозаготовительная промышленность должны рассматриваться как единое целое. К ним относятся области Лесное хозяйство, лесозаготовка и переработка древесины, торговля древесиной, производство целлюлозы и бумаги, обработка бумаги и бумаги, включая упаковку, а также полиграфия и издательское дело.

Древесина является превосходным природным сырьем и материалом с точки зрения разнообразия ее использования. Разнообразие варьируется от использования пиломатериалов и древесных материалов до впечатляющих архитектурных и дизайнерских решений. Возможности в области строительства и мебели, от производства предметов первой необходимости для повседневной жизни до переработки в целлюлозу и бумагу [2].

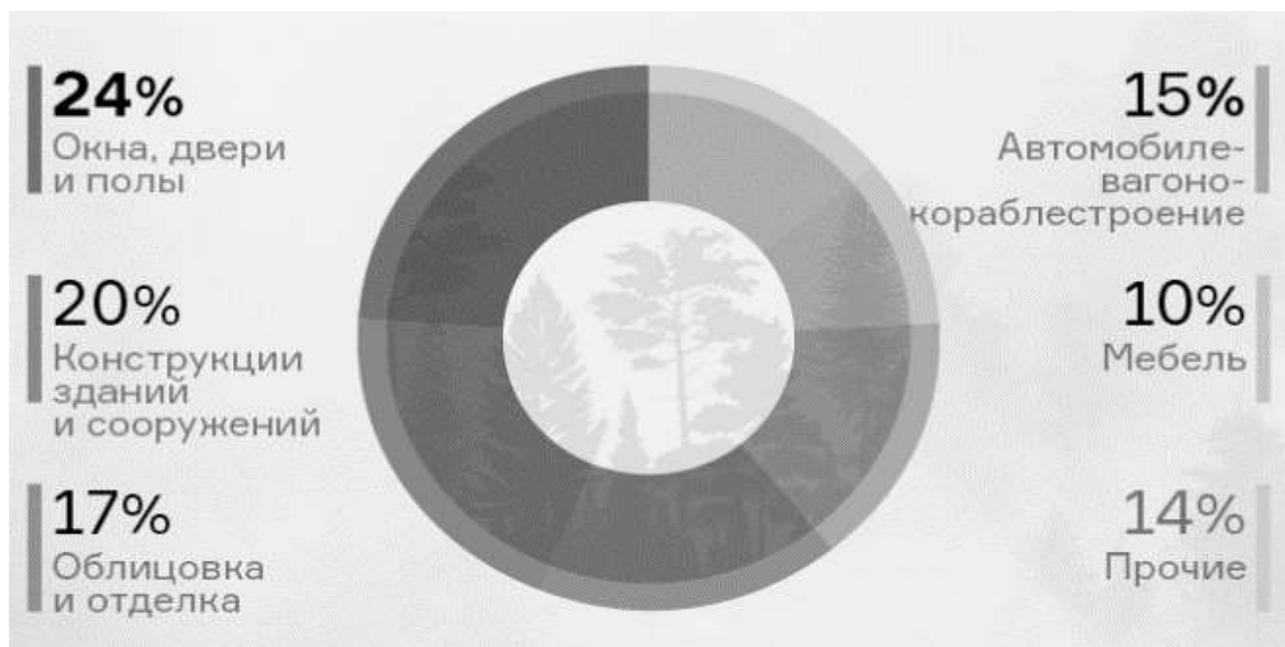


Рисунок 2 – Структура потребления пиломатериалов

Разумное использование древесины позволяет экономить дефицитное сырье и энергию, сокращает выбросы углекислого газа и, благодаря предотвращению образования отходов, также вносит важный вклад в облегчение использования. Место для захоронения отходов и, в свою очередь, средства, выделяемые на охрану окружающей среды.

Кроме того, замена конечных источников энергии может быть достигнута за счет использования возобновляемого источника энергии – древесины.

Экономическая ситуация лесохозяйственных предприятий всех типов собственности остается напряженной. Более широкое использование древесины должно способствовать улучшению ситуации с доходами лесозаготовительных предприятий и, как следствие, созданию рабочих мест, особенно в сельской местности. Это обеспечит и создаст пространство для дальнейшего развития и благоприятное содействие лесохозяйственным объединениям.

Важной основой для постоянного и экономически эффективного обеспечения древесным сырьем являются экономически здоровые и эффективные лесозаготовительные предприятия. Управление лесами в современных развитых странах с высокой плотностью населения, помимо производства древесины, предоставляет дополнительные возможности получения дохода и в области защиты и отдыха. Его можно транспортировать и хранить без риска для окружающей среды. По мере того, как доступность ископаемого сырья уменьшается, значение древесины как возобновляемого химического сырья и возобновляемого источника энергии также возрастает. Дрова традиционно используются для обогрева производственных помещений. Однако в последние годы в дополнение к этому использованию дров началось бурное развитие использования древесной биомассы для производства тепла и электроэнергии. Древесина используется в энергетике на теплоэлектростанциях и электростанциях, а также на ТЭЦ [1].

Экологическая электроэнергия в понимании – это электроэнергия из возобновляемых источников энергии, включая солнечную, ветровую, гидроэнергетику, биомассу и отходы с высоким содержанием биогенных веществ.

Как в лесопильной, так и в целлюлозно-бумажной промышленности благодаря круглогодичной потребности в технологическом тепле (сушка пиломатериалов, сушка волокон, бумажная линия) достигается высокий коэффициент использования топлива, что делает инвестиции особенно интересными с экономической точки зрения.

Однако потенциал древесины и ее натуральных компонентов намного превосходит возможности ее использования сегодня. Так, например, термопластичные материалы для литья под давлением могут быть изготовлены из лигнина и его натуральных волокон, а также углеродистых материалов или технической керамики из массива дерева и древесных материалов.

### **Библиографический список:**

1. Лесопромышленный комплекс: Состояние, проблемы, перспективы / Н.А. Бурдин, В.М.Шлыков, В.А. Егорнов, В.В. Саханов. – М.: МГУЛ, 2000. – 473 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: МГУЛ, 2001. – 333 с.
3. <https://forestcomplex.ru/logistics/lesnaya-logistika/> / журнал «Лесной комплекс».



## СЕКЦИЯ 2. МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК [514. 115+744.00]

### Новейшие современные технологии и разработки наномеханики на примере нефтегазовой отрасли производства

Лебедь А. Д., Думицкая Н. Г.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы применения эффективных условий развития производственных процессов с применением новейших технологий, которые помогают развиваться и успешно использоваться в методиках наномеханики; помогает использовать новые экологически чистые конструктивные строительные материалы с уникальными свойствами; рассматриваются новые направления научной и технической деятельности с использованием микросистемной техники.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, нефтегазовая отрасль, трубы, прочность, научная, деятельность, эффективность, современное, производство.

**Annotation.** The article discusses the issues of applying effective conditions for the development of production processes using the latest technologies that help to develop and successfully use nanomechanics techniques; helps to use new environmentally friendly structural building materials with unique properties; new directions of scientific and technical activities using microsystem technology are considered.

**Keywords:** nanotechnology, oil and gas industry, pipes, strength, scientific, activity, efficiency, modern, production.

Современное развитие технического прогресса и различных новых технологий, которые зависят от непрерывных производственных и технологических процессов, а так же их бесперебойные поставки, использование энергоресурсов, несомненно, влечет за собой возникновение аварий в производственных сферах (нефтепроводах, водоснабжении, выработке теплоэнергии, в машиностроении и т. д.).

Время шагает вперед и развитие технологий в разных сферах жизни идёт в ногу с развитием новых инновационных систем.

Технологические промышленные методики и внедрение инновационных разработок существенно улучшили возможности добычи нефти.

Нанотехнологии вошли в нефтегазовую промышленность не так давно, но многие их приложения уже стали неотъемлемой частью многих, казалось бы, традиционных технологических процессов. В данной работе мы подобрали несколько примеров применения данных технологий в нефтегазовой сфере.

Современное применение условий развития производственных моментов с применением новейших технологий развиваются успешно в методиках наномеханики, которая изучает новые направления научной и технической деятельности с использованием микросистемной техники.

И, следовательно, основными задачами сопротивления материалов в нынешних условиях, является изучение новых конструкционных материалов, которые участвуют в необходимости создания условий теории прочности, отражающих определенные по специфике свойства таких материалов.

Отсюда, можно сделать вывод, что сегодня ценно разнообразие различных технических идей и мнений ученых-исследователей.

Цель нашей работы:

- изучить и проанализировать современные вопросы, связанные с проблемами прочности, а именно: технологии в которых все процессы происходят на микроуровне, приводя к полученному результату на макроуровне.

Задачи исследовательской работы:

1. Провести анализ существующей научной литературы и исследований, посвященных переработке высоковязкой нефти.

2. Рассмотреть примеры применения новейших технологий в нефтегазовой отрасли.

3. Изучить основные методы исследования конструктивной прочности тонкостенных и толстостенных оболочек на примере газопроводных труб.

В исследуемой литературе приводятся примеры, в которых отражаются данные о применении современных *нанотехнологий в нефтеотрасли*:

1. *Научные исследования, мониторинг*: техническая диагностика, мониторинг структуры и состояния скважин; определение участков различных повреждений, запоров; замеры физико-химических составляющих и параметров внутри скважин.

2. *Эффективные технологические улучшения в области процессов добычи и производства*: изучение методик в оснащении процессов фракционирования на наноуровне при добыче нефти и газа; изучение напряженного состояния прочности и разрушения газопроводных труб и их элементов; для удаления отложений парафинов, асфальтенов, смол, карбоната кальция в трубах в которые закачивается нефть и др.

3. *Основы модернизации и улучшения свойств материалов*: изучение и диагностика микро- и наноремонта повреждённых материалов; использование и контроль нанослоёв различных смазочных и антикоррозионных материалов на внутреннюю поверхность трубопроводов, технического оборудования.

4. *Особенности ремонтных работ*: детальное исследование повреждений и поэтапное проведение микроремонта без извлечения трубопровода на поверхность земли; определить наиболее эффективные методы применения и внедрения на производстве способов безопасности и надёжности системы.

Рассмотрим данные положения на примере. Одна из развивающихся областей промышленности занимается исследованием и применением «наножидкостей».

1. *Наножидкости* - это технологические растворы с добавлением небольшого количества нанодисперсии твердых частиц для улучшения тех или иных свойств.

Наножидкости можно создавать таким образом, чтобы они были совместимы с флюидами и горными породами продуктивного пласта и в то же время не представляли опасности для окружающей среды. Данные предположения уже находят применение в современном производстве.

В скором времени эта методика позволит решить ряд острых проблем, возникающих при бурении; закачивании горючего материала и эксплуатации скважин, а именно: позволит снижать трения в трубах о стенки скважины; укрепить слабые песчаные пласты; производить борьбу с гелеобразованием; изменять смачиваемость горных пород и производить борьбу с коррозией.

2. *Применение волн различной частоты*: магнитные, ультразвуковые и др.

Для снижения физико-химических показателей добываемой нефти на месторождениях тяжёлой, высоковязкой нефти используют целый ряд технологий: термическую, ультразвуковую, магнитную обработки и другие методы физического воздействия, а также разбавление лёгкими фракциями нефти или различными растворителями.

Для интенсификации процессов смешивания и анализа влияния внешних полей на физико-химические свойства тяжёлой нефти применяют ультразвуковые преобразователи, сверхвысокие частоты и магнитное поле постоянного тока.

Эта технология сможет значительно улучшить очистку жидкости, извлекаемой из скважин, что важно для продления срока службы насосов, используемых для добычи. Новые "умные" материалы могут изменять процесс фильтрации и увеличивать емкость фильтров, что позволяет продлить их срок службы и уменьшить остановки в процессе добычи.

3. *Нанокрытия* защищают инструменты и детали от совместного действия коррозии, ударов и тепла. Разработанные технологии позволяют заранее задать структуру и свойства слоев, а также адаптировать процесс нанесения покрытий под индивидуальные заказы промышленных предприятий.

Для нанесения состава на металлы используются различные способы, включая импульсное магнетронное распыление, катодно-дуговое испарение и комбинированные методы.

Ученые провели испытания защитных свойств покрытий в агрессивной среде, вызывающей коррозию (например: растворы хлорида натрия и гидроксида натрия). Данные помогли определить оптимальный состав покрытий с максимальным защитным эффектом.

Современное двухкомпонентное наноструктурированное покрытие на основе нитрида титана получают с помощью импульсного магнетронного распыления. Его состав, на основе нитрида циркония, наносят на металл с помощью катодно-дугового испарения. По износостойкости и защите от коррозии такие покрытия превосходят зарубежные аналоги.

Применение подобных исследуемых методов защит от коррозии, в различных агрессивных средах с такой эффективностью, в настоящее время не существует.

4. *Нанодатчики* предоставляют информацию о давлении, температуре, составе флюидов и других параметрах в реальном времени.

Они используются для оптимизации добычи, транспортировки и переработки углеводородов, а также для мониторинга состояния оборудования и обнаружения утечек.

5. *Наномодификаторы* используются для улучшения свойств различных материалов и процессов. Например, наномодификаторы могут использоваться для создания более эффективных буровых растворов. Они могут уменьшить вязкость раствора, что позволяет более эффективно проводить бурение; улучшить стабильность раствора, предотвращая его разделение на фракции.

6. *Нанокатализаторы* позволяют увеличить эффективность и снизить затраты на производство энергии.

Нанокатализаторы используются в следующих областях нефтегазового строительства: - каталитический крекинг (процесс переработки тяжелых нефтяных фракций в бензин и дизельное топливо; увеличивают активность и селективность процесса, что позволяет получать более качественные нефтепродукты); - гидроочистка (процесс удаления серы, азота и других примесей из нефтяных фракций); - очистка выбросов (нанокатализаторы используются для очистки выбросов от вредных веществ (оксиды азота и серы); - переработка отходов (нанокатализаторы могут использоваться для переработки отходов нефтепродуктов в полезные продукты, такие как топливо или химические вещества).

Заключение: цели и задачи в данной работе, на наш взгляд, выполнены:

1. Использование нанотехнологий позволяет повысить нефтеотдачу и надежность производственного оборудования.

2. Изучили способы применения нанотехнологий в нефтеперерабатывающей промышленности.

3. Выявлены современные методы, подходящие именно для переработки высоковязкой нефти, что способствует увеличению переработки добываемого сырья, снижению себестоимости при добыче нефтепродуктов, увеличению энергосбережения и др.

Делаем вывод: развитие современных нанотехнологий – это новейшие исследования и разработки, которые, несомненно, будут развиваться в современном обществе. Это есть технологический прорыв в современной индустрии общества и производства.

#### **Библиографический список:**

1. Евдокимов, И. Н., Елисеев, Н. Ю., Лосев, А. П., Новиков, М. А. Перспективные нефтегазовые нанотехнологии для разработки месторождений. Резюме. Российский Государственный университет Нефти и газа им. И. М. Губкина. – 29 с. <https://www.ferra.ru/news/techlife/rossiiskie-uchyonye-uluchshili-filtraciyu-dobyvaemoi-nefti-23-10-2023.htm>.

2. Солодова, Н. Л. Наноматериаллы и нанотехнологии в нефтепереработке / Н. Л. Солдатова, Н. А. Терентьева // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. Т. 16. №3 - С. 209-216.

3. Воробьев А. Е., Оганесян А.Г., Воробьев К. А. Типизация и конструктивные особенности нанодатчиков для нефтяной отрасли. Вестник национального политехнического университета Армении. Изд-во: Национальный политехнический университет Армении. - №2, 2019. - 29 с.

**Мобильный агрегат для борьбы с нефтяными разливами на снегу или льду**

Михеевская М. А., Михеевский Е. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В данной статье представлена дизайн-концепция мобильного агрегата для борьбы с нефтяными разливами на снегу или льду. Данный агрегат может позволить уменьшить количество задействованных людей при устранении разливов нефти, также машина призвана улучшить и оптимизировать условия и процесс труда работников, привлекаемых к ликвидации подобного рода чрезвычайных ситуаций, при ликвидации разливов нефтепродукта.

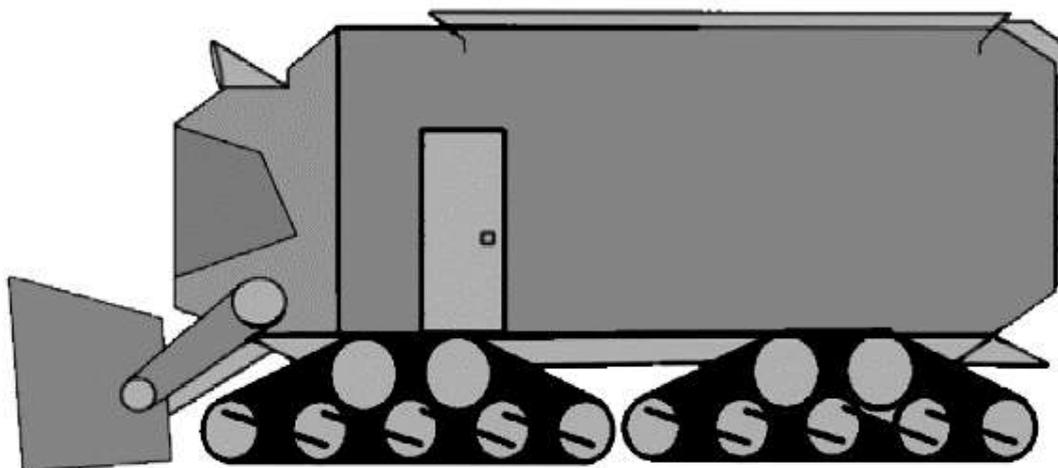
**Ключевые слова:** Арктика, снег, лёд, нефть, нефтяное загрязнение, водонефтяная эмульсия, шнек, ультразвук, контейнер.

Арктика и арктическая зона еще мало освоенные регионы и наиболее уязвимые экологические системы. Однако сегодня именно они вызывают повышенный интерес. Во-первых, это связано с большим количеством запасов нефти и газа. Согласно исследованию ученых подо льдами Арктики залегают около 83 миллиардов баррелей нефти, что составляет 13% от мировых неразведанных запасов [1].

Главным условием для эксплуатации данного агрегата является наличие загрязненного снега или льда, так как машина не способна очищать нефть с других поверхностей. Машина будет работать следующим образом: ковш с шнеками забирает загрязненный снег или лед по соединительным трубкам ведущим в плавильный отсек, где осуществляется расплавка снега или льда, после чего получившаяся водонефтяная эмульсия при помощи насосов направляется в отстойники, снабженные ультразвуковыми генераторами, в них происходит разрушение эмульсии. При полном разделении на фазы осуществляется слив по принципу бензоотделительной колонки. Воду, собранную в отдельные баллоны, можно будет использовать для плавильной установки, где она будет помогать быстрее растапливать снег или лед.

Преимуществами нашей машины являются ее мобильность – возможность передвижения при сборе снега и льда, а также гусеничный ход. В Арктике дорожное покрытие – это снежно-ледяной покров, главной особенностью которого является структурная прочность верхнего покрова, на который влияет влажность снега и воздуха, температура снежного покрова, температура окружающей среды, а также интенсивность движения транспорта и площадь опоры, производящей давление на снежный покров.

Данный агрегат (рисунок 1) представляет собой гусеничный транспорт с «заборным» отвалом, расположенным спереди и имеющий в себе «шнеки» для измельчения крупных кусков снега и льда.



1– кабина, 2– отвал со встроенным шнеком,  
3– камера для топки снега, 4– гусеничный модуль, 5– фара рабочего света

Рисунок 1 - Мобильный агрегат для отчистки снега и льда от нефтяных загрязнений, общий вид.

Масса снегоплавильной машины при полном заполнении будет равна:

$$N = m_{от} + m_{п} + m_{в} \quad ,$$

где  $m$  – масса (отстойников, плавильной и отсека для нагрева воды соответственно).

$$N = 7,6 + 4 + 2,7 = 14,3 \text{ т},$$

$$m_{общ} = N + z + x + c,$$

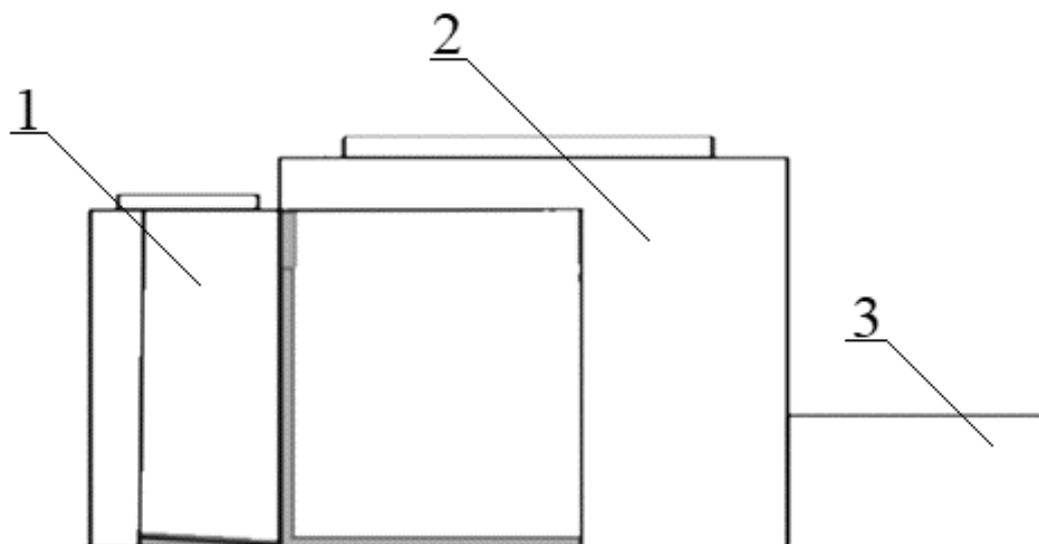
где  $z$  – масса гусениц (2 шт.), т;

$x$  – масса двигателя;

$c$  – средняя масса отвала.

$$m_{общ} = 14,3 + 3,2 + 1 + 3 = 21,5 \text{ т}.$$

Отвал соединен с отсеком для плавки льда и снега, через отверстие с «соединительными путями». Принцип работы ковша основан на принципе работы ковшей снегоуборочных машин, но лишь с тем отличием, что загрязненный снег или лед не будут выбрасываться наружу, а будут перенаправлены в отсек для плавки. Следующим этапом после забора является его топка (рисунок 2). Загрязненный снег растапливается пластинами, установленными снизу и по краям камеры, поддерживающими температуру не ниже 0°C градусов.



1 – плавильная установка, 2 – отсек для нагрева воды, 3 – насос.

Рисунок 2 - Устройство для топки снега

Получившаяся водонефтяная эмульсия перегоняется насосом в отсек для отстаивания. Здесь на результат растопки воздействуют ультразвуковые волны для ускорения процесса. При полном разделении фаз эмульсии вода или нефть сливаются в отдельные емкости для хранения по принципу бензоотделительной колонки. Вода и нефть будут помещаться в специальные контейнеры. Воду из контейнера можно будет поместить в специально предназначенный отсек в плавильной установке. Для ее подогрева и подачи в растапливаемую среду.

Так как форма агрегата прямоугольная, и ширина полос движения в РФ равна 3,75 м, выбираем безопасную ширину машины. Она равна 2,5 м, так как при данной ширине сохраняется возможность движения по полосе и обгона аппарата.

$3,75 - 2,5 = 1,25$  м – расстояние от пересекаемой полосы, при условии, что машина будет двигаться в крайне правом ряду. Предполагаемая длина агрегата равна 3 м.

**Обсуждение и заключение.** Плюсами данной машины является возможность очистки снега и льда практически на месте загрязнения, создание комфортных условий работы. Минусы заключаются в возможности отчистки снега и льда лишь при неглубоких загрязнениях. Для устранения описанной проблемы предлагается использовать навесное оборудование.

## Библиографический список:

1. Ампилов Ю.П. Разведка и освоение нефти и газа на Арктическом шельфе: проблемы и перспективы. – Арктические ведомости, № 4(12), 2014, с. 10 – 23.
2. Мобильная экологическая снегоплавильная установка : Потапов К А., Мушарапов Р. Н. XXIV / Туполевские чтения (школа молодых ученых); Материалы Международной молодёжной научной конференции, в 6-ти томах. Том II. 2019 – С. 522-526

УДК 534.1(075.8)

### К определению массы почвенно-корневой системы

Савич В. Л., Михитаров А. Р.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

При существующей технологии лесосечных работ после срезания дерева валочно-пакетирующей или валочно-трелевочной машиной на лесных делянках остаются пни, которые уже при проведении лесохозяйственных и лесовосстановительных работ приходится убирать, то есть выкорчевывать. Корчевка пней представляет собой довольно сложный и трудоемкий процесс, требующий больших энергетических и финансовых затрат, средств, времени и труда.

Также стоит отметить, что в России осуществляется интенсивное строительство линейных сооружений (дороги, электропередачи, газопроводы и пр.), при которых требуется полная очистка трасс от деревьев и остающихся после них пней. Собственно использование биомассы пней древесины получает всё большее распространение в мире для решения энергетических проблем, и открывает новые (а точнее, забытые старые) горизонты в лесохимии.

С учетом вышесказанного, можно предположить перспективность использования техники и технологии, объединяющие две отдельные операции (валка леса и корчевка пней) в одну, то есть производить корчевку деревьев вместе с корневой системой с дальнейшей ее обработкой.

Для снижения энергозатратности при применении такой технологии может быть использована вибрация.

При этом необходимо иметь в виду, что вибрация при одних условиях позволяет не только снизить нагрузку на машину при других - резко увеличить. Все зависит от правильного выбора параметров в механической системе «машина – дерево - почвенно-корневая система».

Прежде чем переходить на новую технику и технологию лесозаготовок, возникает необходимость более детального изучения объектов механической системы.

Одним из наиболее сложных объектов является почвенно-корневая система (ПКС), состоящая из двух задач.

Первая задача связана с физико-механическими свойствами почвы и корневой древесины; вторая - с физико-геометрическими свойствами корчевальной ямы.

Вторая задача является наиболее трудоемкой и важной, так как от точности ее решения зависит исходящий параметр – масса ПКС, которая является важным параметром выбора оптимальных частот в механической системе «вибромашина – дерево - ПКС».

Рассмотрим формирование массы ПКС в зависимости от геометрии почвы в корчевальной яме.

Отметим, что в работе [1] данная задача решалась как механическая: учитывался вес грунта над корнем, который участвовал в формировании силы сопротивления корчеванию пня (рис.1).

Согласно расчетной схеме силовые факторы как вес грунта над корнем ( $\bar{Q}_{cp}$ ) и вес одного корня ( $\bar{Q}_k$ ) определяются по формулам:

$$Q_k = \frac{1}{3} \frac{\pi d_k^2}{4} l_k \rho_k g \approx \frac{d_k^2}{4} l_k \rho_k g, \quad (1)$$

$$Q_{cp} = \frac{1}{3} l_k \rho_{cp} g d_0 h, \quad (2)$$

где  $d_k$  - диаметр корня в зоне входа в ствол дерева (м);  
 $d_0$  - диаметр опасного сечения корня в области корчевальной ямы (м);  
 $l_k$  - длина корня в зоне корчевальной ямы (м);  
 $\rho_k$  - плотность древесины опорных корней в естественных условиях (кг/м<sup>3</sup>);  
 $\rho_{sp}$  - плотность почвы (кг/м<sup>3</sup>);  
 $g$  - ускорение свободного падения (м/с<sup>2</sup>);  
 $h$  - глубина корчевальной ямы (м).

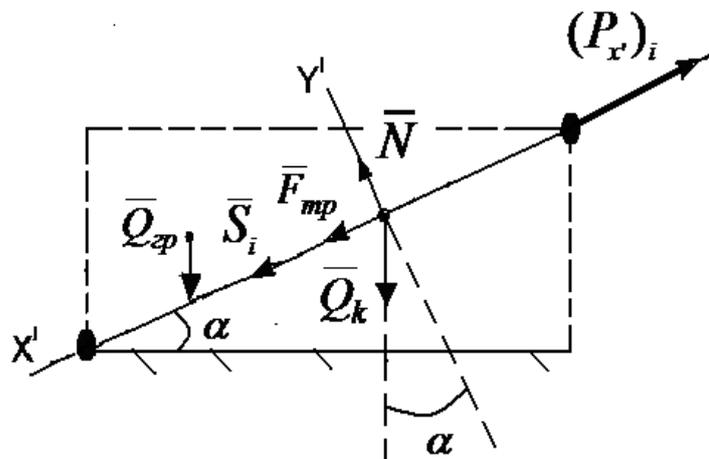


Рисунок 1 - Схема к формированию силы сопротивления корчеванию  $R_i$  на один корень

Согласно представленным данным вес ПКС, а, следовательно, и масса, учитывается только в зависимости от количества корней и грунта над ними в зоне корчевальной ямы.

Однако на практике при корчевании пня или дерева формируется целая воронка различной геометрической формы, что в свою очередь говорит о вытаскивании грунта из всей области корчевальной ямы.

Рассмотрим формирование массы ПКС при разной геометрии корчевальной ямы.

В качестве исходных данных в первом приближении примем две формы: параболоидную (рис.2 а) и усеченную коническую (рис.2 б).

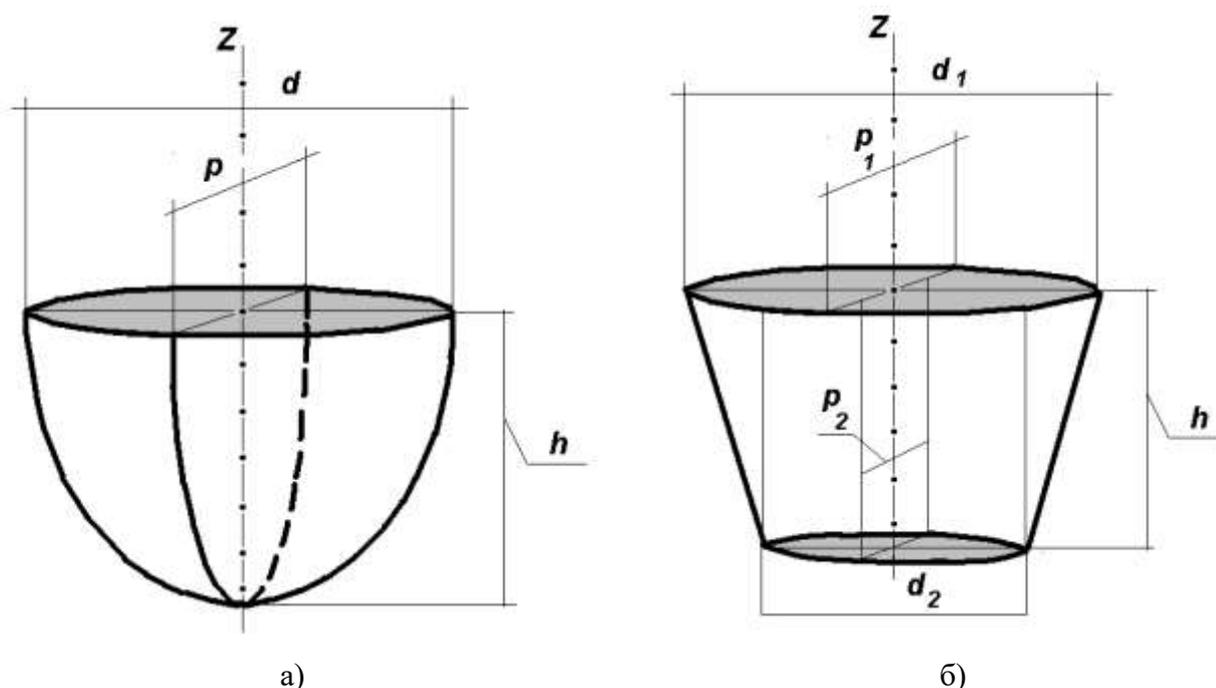


Рисунок 2 - Схема объемной модели формы корчевальной ямы

Здесь:  $d, p, d_1, p_1$  – диаметры корчевальной ямы на уровне земли;

$d_2, p_2$  – диаметр корчевальной ямы на уровне отрыва ПКС со сплошной средой грунта;

$h$  – глубина формирования корчевальной ямы.

Согласно [2] объемы элементарных тел вращения определяются по формулам:

- для параболического тела

$$V = 0.3925 d^2 h \quad (3)$$

- для усеченного конуса

$$V = 0,262h(d_1^2 + d_2^2 + d_1d_2). \quad (4)$$

Если ввести коэффициент соотношения между  $d_1$  и  $d_2$  в виде  $d_2 = kd_1$ , то формула (4) примет вид:

$$V = 0,262h(d_1^2 + k^2d_1^2 + kd_1) = 0.262d_1^2h(k^2 + k + 1).$$

Или, считая  $d_1 = d$  и  $k^2 + k + 1 = k^*$ , объем усеченного конуса находим по формуле:

$$V = 0.262 k^* d^2 h. \quad (5)$$

Для сопоставления уравнений (3) и (5) воспользуемся опытными параметрами [1], представленные в таблице 1, в которой  $h$  - глубина корчевальной ямы;  $r$  - радиус корчевальной ямы.

Таблица 1 - Опытные данные по геометрии корчевальной ямы

Параметры	Береза		Ель		Сосна	
	$h$ , см	$r = 0.5d$ , м	$h$ , см	$r = 0.5d$ , м	$h$ , см	$r = 0.5d$ , м
20	50	2,1	50	1,8	50	2,1
24	50	2,6	50	2,1	50	2,4
28	60	3,0	50	2,4	60	2,6
32	60	3,2	60	2,7	60	2,7
36	60	3,5	60	2,9	70	3,1
40	70	3,6	60	3,0	80	3,4

Результаты расчетов для березы по формулам (3) и (5) представлены на рис. 3. Расчет производился с помощью пакета Microsoft Office Excel.

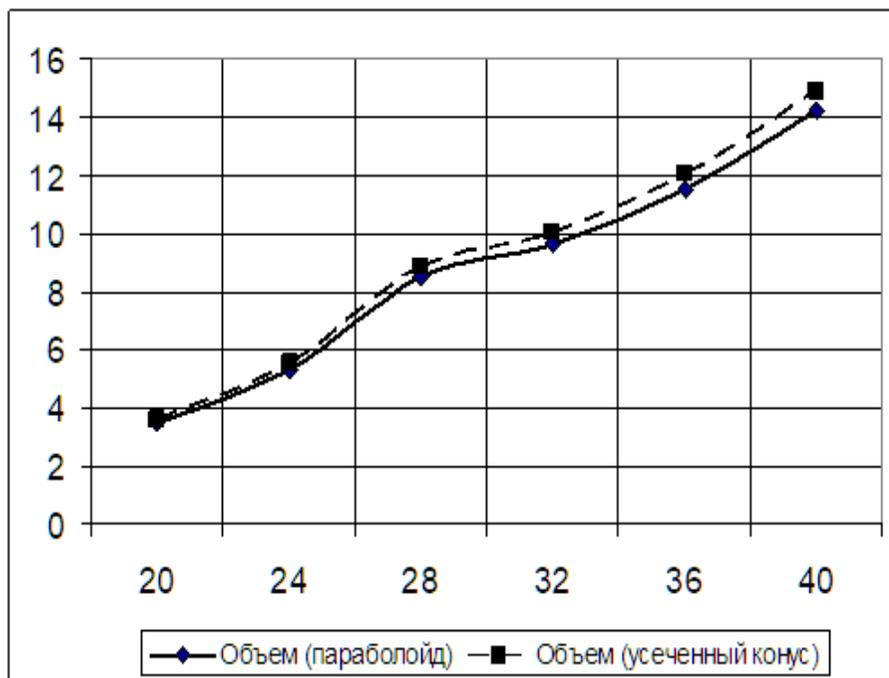
Из полученных результатов (рис.3) видно, что важным фактором для принятия модели объема корчевальной ямы является коэффициент  $k$ .

С увеличением (уменьшением) коэффициента  $k$  разность объемов между моделями «параболойд» и «усеченный конус» увеличивается, что представлено в таблице 2.

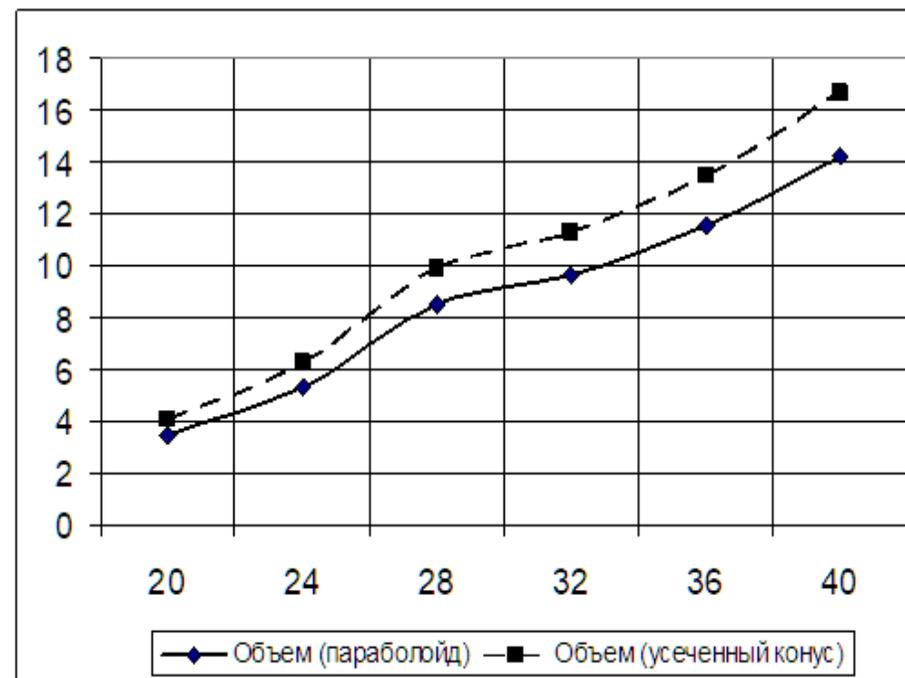
Анализируя результаты таблицы 2, можно констатировать, что только при определенных значениях коэффициента  $k \in [0.35; 0.4]$  геометрические модели расчета объема корчевальной ямы дают близкие значения.

Таблица 2 - Разность объемов при различных значениях  $k$  для березы

Параметры	Коэффициент соотношения $k$					
	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
20	0,591	0,423	0,244	0,052	-0,149	-0,364
24	0,906	0,649	0,373	0,081	-0,229	-0,558
28	1,447	1,034	0,597	0,129	-0,367	-0,892
32	1,646	1,179	0,679	0,147	-0,418	-1,014
36	1,969	1,4102	0,812	0,175	-0,499	-1,2137
40	2,431	1,741	1,002	0,216	-0,617	-1,498



$k = 0,4$



$k = 0,5$

Рисунок 3 - Объемы корчевальной ямы для березы в зависимости от коэффициента  $k$

Таким образом, при расчете массы почвенно-корневой системы, важное значение имеет геометрия объема, который занимает сплошная среда в виде почвы, участвующей в формировании напряженного состояния.

Массу почвенно-корневой системы можно определить в виде суммы двух масс:

$$M = m(V) + m, \quad (6)$$

где  $m$  – масса корневой системы;

$m(V)$  - масса почвы.

Массу корневой системы можно определить, по следующей формуле:

$$m = \frac{d_k^2}{4} l_k \rho_k N, \quad (7)$$

где  $N$  - количество опорных корней;

$d_k$  - диаметр корня, который согласно опытам [1] определяется соотношением через диаметр дерева  $D$ :

$$d_k = 0,4D.$$

Если принять во внимание, что длина корня приблизительно равна радиусу корчевальной ямы ( $l_k = r = 0,5d$ ), то уравнение (7) после несложных математических преобразований примет вид:

$$m = 0,02D^2 d \rho_k N. \quad (8)$$

Массу почвы можно определить в зависимости от геометрической модели в виде:

$$m(V) = \begin{cases} \text{параболойд} & 0,262k * d^2 h \rho_{zp}, \\ \text{усеч. конус} & 0,3925d^2 h \rho_{zp}. \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, для определения массы почвенно-корневой системы необходимы соответствующие уточнения, требующие практических измерений:

- 1) геометрии корчевальной ямы;
- 2) плотности почвы не только от ее типа, но и от внешне климатических факторов;
- 3) географического расположения опорных корней;
- 4) закона диаметрального сбегания опорных корней от стволовой зоны до области их разрыва под действием сил тяжести и трения со стороны сплошной среды.

### Библиографические ссылки

1. Савич, В. Л. Обоснование основных параметров оборудования для виброкорчевки пней и целых деревьев: Дис. ... канд. техн. наук [Текст] / В. Л.Савич, Ухта, 2012– 188 с.
2. Выгодский, М. Я. Справочник по элементарной математике [Текст] / М.Я. Выгодский – М.: ООО «Большая Медведица», 2001 г. – с. 334-336.

УДК 539.3

### Математическое моделирование малоциклового усталостного разрушения металлов

Савич В. Л., Отев К. С.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В работе рассматриваются основные понятия малоциклового усталости, а также методы прогнозирования циклического ресурса с использованием различным математических моделей.

**Ключевые слова:** усталость, оценка ресурса, энергетические критерии, пластическая деформация.

Разрушение материалов при повторно-переменных нагрузках является важной технической проблемой, решение которой определяет долговечность и безопасность технических объектов. Именно с усталостными повреждениями связан большой процент отказов деталей и элементов конструкций, которые приводят к опасным последствиям. Принято различать несколько типов усталости, в зависимости от прикладываемого напряжения: малоцикловая, многоцикловая и гигацикловая.

Процесс разрушения, возникающий при большом количестве циклов ( $10^4$ –  $10^7$  циклов) и происходящий в основном при упругом деформировании, называется разрушением от многоцикловой усталости. Например, такой процесс накопления повреждений характерен для многих деталей газотурбинного двигателя (лопатки компрессора, корпуса, валы, шестерни) и происходит при нагружении с амплитудой напряжений, ниже предела текучести или близкой к нему.

Другой тип разрушения – это разрушение от малоцикловой усталости, который характеризуется появлением макроскопических пластических деформаций в каждом цикле и вызывается напряжениями, превышающим предел текучести материала, т.е. разрушение происходит в условиях повторного упругопластического деформирования при значениях амплитудных напряжений, превышающих предел текучести. При этом разрушение обычно происходит в диапазоне от  $10^1$  до  $5 \cdot 10^4$  циклов. Повреждения от малоцикловой усталости возникают в местах концентраций напряжений различных элементах конструкций, в частности, задиры и выдавки, образующиеся на внешних стенках трубопроводов, работающих в условиях изменяющихся температур и давления [1].

Граница между малоцикловым и многоцикловым разрушением является условной и сдвигается для высокопрочных сплавов в сторону большей долговечности, а для хрупких – в сторону меньшей долговечности. Решение проблемы усталости представляет собой одну из важнейших технических задач обеспечения надежности и безопасности магистральных трубопроводов.

Изучение процесса накопления повреждений от малоцикловой усталости происходит при жестком или мягком режиме нагружения. «Мягкий» режим в процессе нагружения задается поддержанием постоянной амплитуды напряжения, а при «жестком» режиме нагружения задается постоянная амплитуда деформации.

При циклическом нагружении в упругопластической области происходит образование петель механического гистерезиса (рисунок 1), которая характеризуется следующими параметрами:

1.  $\sigma_a (\varepsilon_a)$  – амплитуда напряжений (деформаций) в цикле;
2.  $\sigma_{max}, \sigma_{min} (\varepsilon_{max}, \varepsilon_{min})$  – максимальное, минимальное значения напряжений (деформаций) в цикле;
3.  $\sigma_r (\varepsilon_r)$  – размах напряжений (деформаций) в цикле;
4.  $\varepsilon_p$  – ширина петли гистерезиса (максимальная пластическая деформация в цикле);
5.  $S$  – площадь петли механического гистерезиса (энергия пластического деформирования в цикле);
6.  $R_\sigma (R_\varepsilon)$  – коэффициент асимметрии в цикле  $R = \sigma_{max} / \sigma_{min}$ .

Рассмотрим методику определения циклического ресурса с использованием энергетических критериев разрушения. Так как при малоцикловой усталости на каждом цикле нагружения является характерным наличие пластических деформаций, то для расчета ресурса элементов конструкций используют критерии разрушения, в основе которых заложена гипотеза об ограниченности ресурса пластической деформации, величина которого определяется из установочных экспериментов. В качестве характеристики пластичности металлов и сплавов используется энергия пластического деформирования за цикл, которая равна площади петли гистерезиса.

Существует несколько энергетических критериев. В первом критерии за критическую величину принимается удельная энергия разрушения при статическом разрыве:

$$\sum_1^N W_{pl}^i = W_{кр}, \quad (1)$$

где:  $N$  – число циклов до разрушения;

$W_{pl}^i$  – удельная энергия пластического деформирования за цикл;

$W_{кр}$  – критическая величина энергии, которая равна удельной энергии разрушения при статическом разрыве.

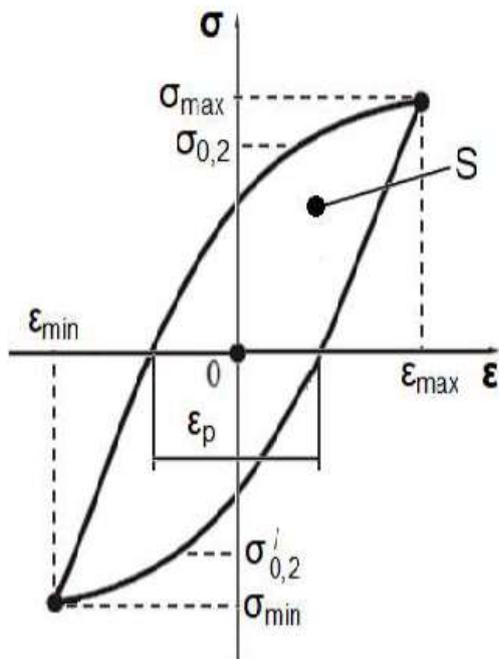
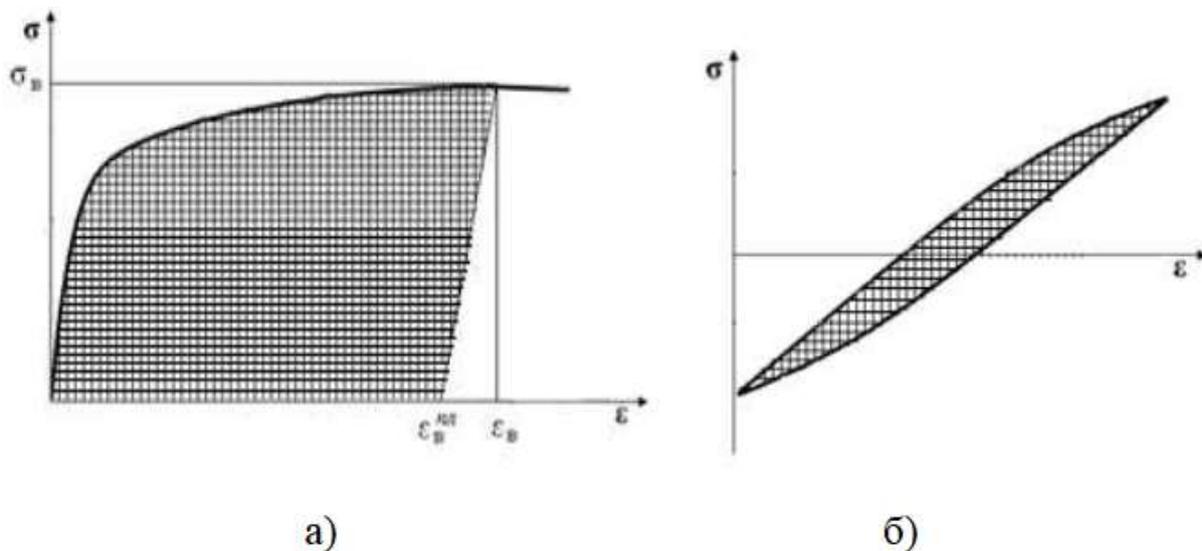


Рисунок 1 – Петля механического гистерезиса в координатах напряжение – деформация

Во-втором случае в качестве критической величины при циклическом нагружении с различными параметрами выбирается величина удельной энергии, затраченной на пластическое деформирование при определенной амплитуде деформации:

$$\sum_1^N W_{pl}^i = W_{кр.цикл} \quad (2)$$

Схемы определения энергий представлены на рисунке 2.



- а) энергия, затраченная на разрушение при статическом нагружении;
- б) энергия, затраченная на пластическое деформирование за один цикл при малоцикловом нагружении

Рисунок 2 – Схемы определения энергии

Вторым направлением оценки ресурса при малоциклового усталости в условиях действия переменных амплитуд одноосного циклического нагружения являются модели суммирования повреждений. Самая простая и наиболее широко применяемая теория суммирования повреждений – линейная теория А. Пальмгрена и М.А. Майнера.

$$D_i = \frac{n_i}{N_i}, \quad (3)$$

где:  $D_i$  – повреждение материала, накопленное на  $i$ -м режиме циклического нагружения;  
 $n_i$  – количество циклов, осуществленных при  $i$ -ом режиме нагружения;  
 $N_i$  – общее количество циклов до разрушения при  $i$ -ом режиме, неизменном во времени.

Однако линейная теория не является исчерпывающей, так как сумма накопленной поврежденности колеблется в очень широких пределах в зависимости от материала и программы нагружения, т.е. большое влияние на долговечность при последующем нагружении оказывает предыстория нагружения. Поэтому, во многих случаях используют нелинейные модели накопления повреждений [2].

Одной из первых и простых нелинейных гипотез суммирования повреждений была предложена Марко и Старки. По данной гипотезе кривые поврежденности для любой по величине амплитуды деформаций-напряжений описываются следующим соотношением [3]:

$$D_i = \left( \frac{n_i}{N_i} \right)^{m_i}, \quad (4)$$

где:  $m_i$  – показатель степени, который зависит от уровня деформаций или напряжений.

В случае ступенчатого нагружения, когда изменяется уровень деформаций, суммарная поврежденность вычисляется по следующей формуле:

$$\sum_{k=1}^i D_k = \left[ \frac{n_i}{N_i} + \left( \sum_{k=1}^{i-1} D_k \right)^{\frac{1}{m_i}} \right]^{m_i}, \quad (5)$$

где:  $D_k$  – параметр поврежденности за  $i$  этапов нагружения.  
 Известна также модель Вулла [4]:

$$\frac{dD}{dn} = CD^m, \quad (6)$$

где:  $C=C(S(n))$  – параметр определяется условиями  $S(n)$  циклического воздействия, соответственными циклу  $n$ . Соотношение имеет смысл при  $0 < m < 1$ , при этом для повреждения  $D$  получим:

$$D_i = 1 - \sqrt[1-m]{(1-m) \int_0^n C(S(n)) dn}. \quad (7)$$

Согласно модели Тсай Г.С., Дойла Д.Ф. и Сана С.Т., которую можно представить в виде [5]:

$$\frac{dD}{dn} = \frac{K(S(n))}{(1-D)^\alpha}, \quad (8)$$

повреждение  $D$  выражается так:

$$D_i = 1 - \left[ 1 - (\alpha + 1) \int_0^n K(S(n)) dn \right]^{\frac{1}{1+\alpha}}. \quad (9)$$

Таким образом, для прогнозирования циклической долговечности рассмотрены энергетические критерии разрушения, в которых поврежденность материала связана с общей энергией пластических деформаций, а также некоторые нелинейные модели. Рассмотренные модели лягут в основу для обработки экспериментальных данных, полученных при проведении испытаний на малоциклового усталость при одноосном нагружении.

### **Библиографический список:**

1. Шанявский, А. А. Моделирование усталостных разрушений металлов. Синергетика в авиации / Уфа: ООО «Монография», 2007 г., С. 500.
2. Иноземцев, А. А. Экспериментальная проверка модели суммирования повреждений при циклическом нагружении дисков турбин // Известия Самарского научного центра. – 2012. – Т. 14, № 4-5. – С. 1372-1375.
3. Вахромеев, А. М. Экспериментальное исследование выносливости алюминиевых сплавов при двухосном асимметричном нагружении // Вестник МАДИ. – 2010. – Т. 46, №24. – С. 22-26.
4. Woll, R. P. Material damage in polymer. Workshop on a continuum mechanics Approach to Damage and Life Prediction, Carrollton, 1980. pp. 28-35.
5. Tsai, G.C., Doyle J.F. and Sun C.T. Frequency Effects on the fatigue life and damage of graphite. Journal of Composite Materials. 1987.21. p. 2-13.

УДК 621.431:004.032.26

### **Перспективы использования нейронной сети**

#### **для моделирования и оптимизации работы двигателей внутреннего сгорания**

Тимохов Р. С., Тимохова О. М., Шакирзянов Д. И.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В данной работе была проанализирована возможность моделирования выбросов двигателя, учитывающая содержания оксидов азота (NO<sub>x</sub>), твердых частиц, несгоревших углеводородов и удельный расход топлива под нагрузкой (BSFC) в зависимости от параметров впрыска и сложности системы рециркуляции отработавших газов.

Результаты показали, что метод нейронной сети способен анализировать влияние любого отдельного входного параметра на любую выходную переменную и позволяет сформулировать эффективную простую математическую модель двигателя, которая способна предсказать интересующий результат.

**Ключевые слова:** Дизельные двигатели, нейронные сети, загрязняющие вещества, многократные впрыски.

#### **Введение**

За последние несколько лет производительность и качество сгорания топлива в дизельных двигателях автомобильной техники были значительно улучшены, особенно благодаря использованию методов диагностики, применяемых при анализе процесса сжигания топлива, с высоким пространственным и временным разрешением.

Эти методы, основанные на взаимодействии света и вещества, позволяют анализировать как термогазодинамические процессы внутри цилиндра, так и раннюю фазу образования загрязняющих веществ.

Такие экспериментальные методы позволили точно настроить математические модели, описывающие сложные, но фундаментальные физические явления воспламенения и последующего продолжение процесса горения. Эти модели, включенные в программное обеспечение для многомерного моделирования термогазодинамических процессов внутри камеры сгорания, позволили установить, что на процесс горения и связанное с ним образование загрязняющих веществ сильно влияют модуляция впрыска топлива и движение воздуха внутри камеры сгорания. Это позволило изучить новую модель впрыска топлива, при которой расход топлива модулировался путем деления общей массы топлива, впрыскиваемого в каждом цикле, на пять различных более мелких частей. Дальнейшие улучшения могут быть достигнуты за счет системы рециркуляции выхлопных газов (EGR), увеличения давления впрыска, изменения фаз газораспределения впускных и выпускных клапанов, а также правильного формирования системы впуска и камеры сгорания [1]. Однако несколько исследований в этой области показали, что, если вышеупомянутые параметры не настроены правильно для различных условий работы двигателя, их использование может привести к ухудшению сгорания вместо улучшения [2].

С другой стороны, большое количество параметров и широкий диапазон их изменения затрудняют проведение экспериментов и выполнения соответствующих расчетов с целью оптимизации процессов сгорания топлива. Поэтому использование таких математических методов, как нейронные сети, позволит значительно упростить эту задачу, поскольку они позволяют моделировать физическую систему на основе ранее полученных экспериментальных результатов.

В данной работе была проанализирована возможность моделирования выбросов двигателя, учитывающая содержания оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ), твердых частиц, несгоревших углеводородов и удельный расход топлива под нагрузкой (BSFC) в зависимости от параметров впрыска и сложности системы рециркуляции отработавших газов.

### **Применение нейронной сети**

Для прогнозирования выбросов загрязняющих веществ в дизельном двигателе, в котором топливо впрыскивается тремя разными способами, была применена нейронная сеть. В качестве входных данных для нейронной сети использовались скорость рециркуляции выхлопных газов, время и продолжительность первых двух впрысков. Все данные относились к одному режиму работы двигателя, характеризующемуся частотой вращения 1400 об/мин и крутящим моментом двигателя 32 Нм.

### **Оптимизация архитектуры нейронной сети**

Когда предполагается, что нейронная сеть будет применяться для решения любого рода задач, фундаментальное значение имеет правильный выбор ее архитектуры и ограничений, которые необходимо наложить во время ее обучения. Фактически, во время обучения сети ошибка рассчитывается для каждой итерации, предоставляющей сети те же данные, которые использовались во время её обучения. Чрезмерно сложная архитектура сети или ограничивающие возможности могут привести на этапе обучения сети к проблеме ее переобучения (развитию). Эта проблема заключается в создании сетевой модели, способной с высокой точностью прогнозировать данные, используемые во время обучения сети, но не прогнозировать существующие пики между одной точкой и другой.

Программный режим *modeFrontier* [3] позволяет установить для нейронной сети со скрытым слоем количество нейронов в самом скрытом слое, среднюю процентную ошибку, допустимую во время обучения, и максимальную процентную ошибку, разрешенную для каждой точки во время обучения.

Для обсуждаемой задачи было доступно 108 записей данных, 89 из которых использовались для обучения сети (обучающий набор) и 19 использовались апостериорно для проверки сети (набор проверки).

На рисунке 1 показана средняя процентная ошибка, допущенная при валидации данных, в зависимости от количества нейронов в скрытом слое при установке для фазы обучения максимальной ошибки, равной 15%, и средней максимальной ошибки, равной 10%.

Как показано на графике, наилучшие результаты были получены с 15 скрытыми нейронами для прогнозирования уровней  $\text{NO}_x$  и с 12 скрытыми нейронами для общего содержания углеводородов (ТНС). Прогноз удельного расхода топлива кажется независимым от количества нейронов, если оно превышает 9; вероятно, это связано с небольшим изменением выходной мощности, поскольку частота вращения двигателя и крутящий момент оставались постоянными во время всех экспериментов.

Разброс результатов для  $\text{NO}_x$  и ТНС показан на рисунке 2, в обоих случаях для лучшей архитектуры нейронной сети.

После проверки влияния количества нейронов в скрытом слое оценивалось влияние средней ошибки, допускаемой на этапах обучения. Соответствующие результаты представлены на рисунке 3. Как видно, алгоритм обучения вскоре останавливается, если допускается высокая ошибка (15%); как следствие, сеть не может правильно предсказать поведение двигателя; с другой стороны, если требуется низкая ошибка (3%), наблюдается переобучение, как подчеркивалось ранее. Чтобы решить эту проблему, необходимо разработать новый алгоритм проверки для анализа эффективной производительности сети.

Разброс данных об уровнях углеводородов, относящихся к двум различным значениям средней ошибки, показан на рисунке 4.

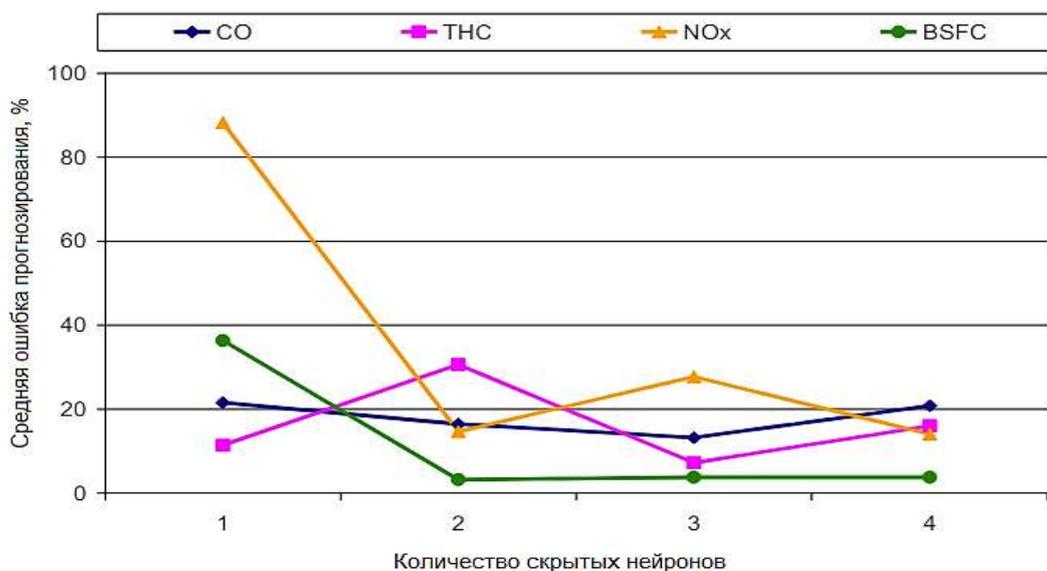


Рисунок 1 – Влияние количества скрытых нейронов на среднюю ошибку прогнозирования CO, THC, NO<sub>x</sub> и BSFC

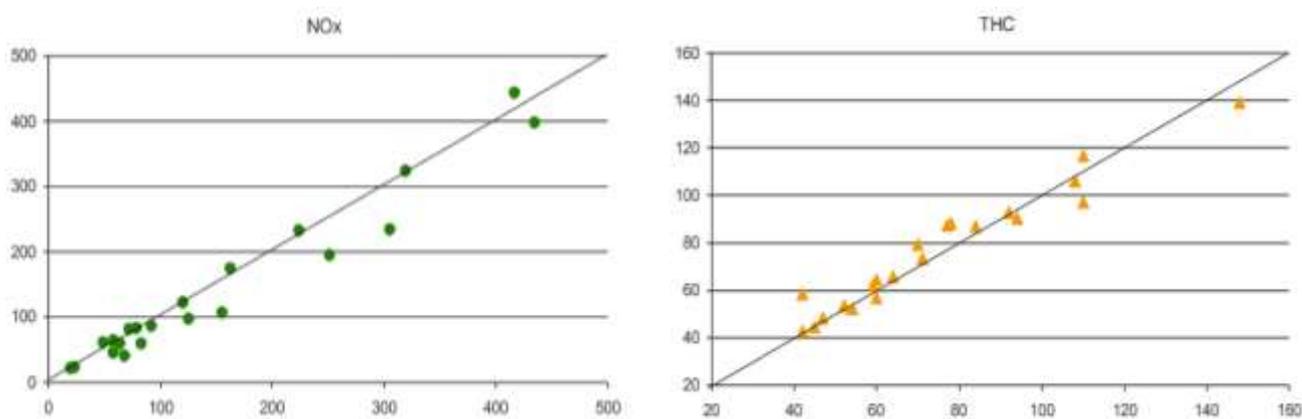


Рисунок 2 – Сравнение измеренных и прогнозируемых уровней выбросов NO<sub>x</sub> и THC

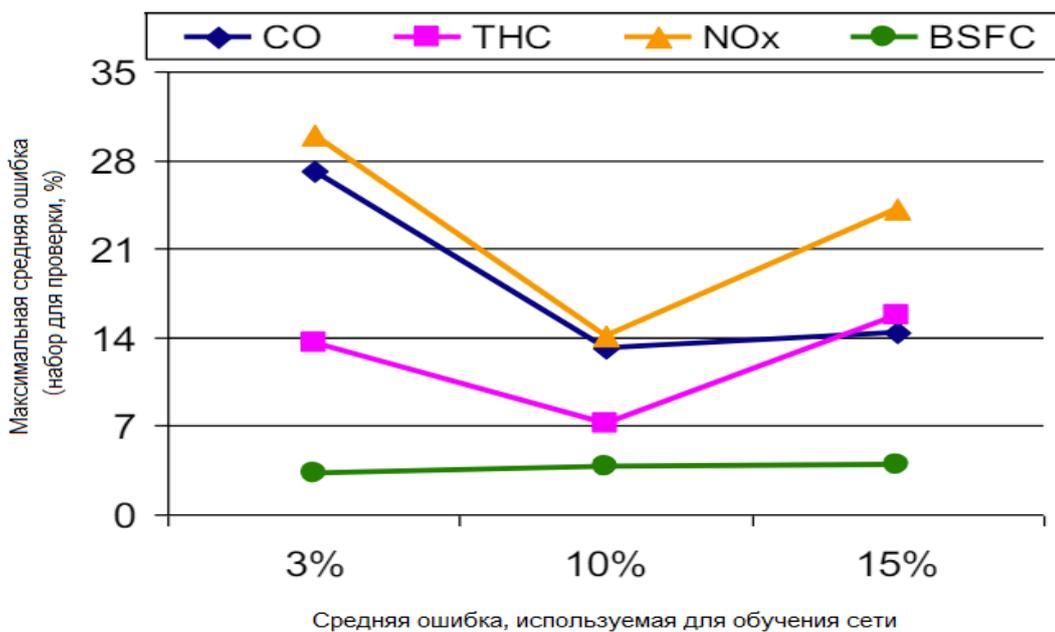


Рисунок 3 – Влияние средней ошибки на ошибку прогноза

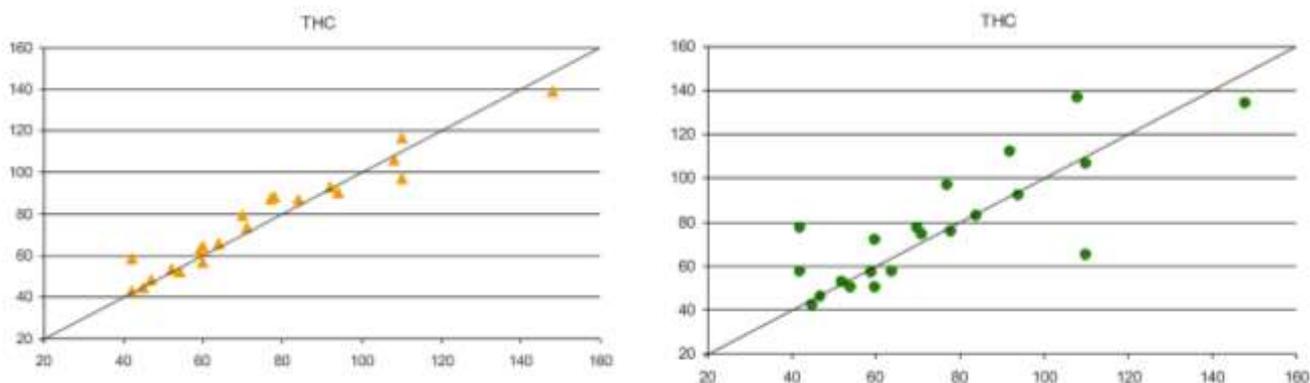


Рисунок 4 – Разброс данных об уровнях углеводородов, относящийся к двум различным значениям средней ошибки

### Выводы

Применение нейронной сети для прогнозирования поведения дизельного двигателя оказалось весьма перспективным подходом, поскольку позволяет получать прогнозы с относительно высокой надежностью и с минимальными вычислительными ресурсами, особенно с учетом того, что это требует много времени, а иногда весьма затруднительно получить экспериментальные данные или корректно смоделировать гидродинамические процессы для всех условий работы двигателя.

### Библиографический список:

1. P. Carlucci, F. F. Chiara, A. Ficarella, T. Giuranna, D. Laforgia: “Combined Effect of Exhaust Gas Recirculation and Partially Premixed Charge on Performance and Emissions of a Direct Injection Diesel Engine”, 7th International Conference on Engines for Automobile, Capri (Napoli), September 11-16, 2005.
2. P. Carlucci, A. Ficarella, D. Laforgia: “Effects on Combustion and Emissions of Early and Pilot Fuel Injections in Diesel Engines”, International Journal of Engine Research, 2005, Vol. 6, No. 1, pp. 43-60
3. Хабарова, Д. С. Обзор программных комплексов многокритериальной оптимизации // Прикладная информатика. 2013. №2 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programmnyh-kompleksov-mnogokriterialnoy-optimizatsii> (дата обращения: 28.04.2024).



### СЕКЦИЯ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 550.7:502.131.1 (571.121)

#### Геоэкологический анализ стратегических приоритетов социально-экономического развития Ненецкого автономного округа

Быкова М. В.<sup>1</sup>, Медведков А. А.<sup>2,3</sup>

1 - Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

2 - МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

3 - Институт географии РАН, г. Москва, Россия

**Аннотация.** Обсуждаются стратегические приоритеты социально-экономического развития Ненецкого автономного округа с позиции существующих геоэкологических и эколого-правовых ограничений. Названы основные стратегические приоритеты в социально-экономическом развитии округа. Сформулированы основные вызовы для развития традиционного природопользования и охраны уязвимых северных ландшафтов.

**Ключевые слова:** традиционное природопользование, инвестиционные проекты, экологическая безопасность.

*Введение.* Ненецкий автономный округ (НАО) полностью располагается в пределах Арктической зоны РФ, а также относится к районам Крайнего Севера. НАО обладает крупными запасами углеводородного сырья и характеризуется высоким потенциалом освоения недр. Большинство месторождений углеводородного сырья находится на территории Большеземельской тундры, к которой приурочена северная часть Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (НГП). Ненецкий автономный округ расположен по маршруту Северного морского пути: длина береговой линии - более 1500 км, что составляет 10% от протяженности береговой линии российского участка Северного морского пути. В тоже время НАО является единственным субъектом европейской части России, который не имеет постоянного наземного транспортного сообщения с другими регионами нашей страны. Для обсуждения стратегических приоритетов развития важным является то обстоятельство, что на территории НАО представлены районы исконного проживания коренных малочисленных народов Севера (КМНС), которые занимаются традиционными видами природопользования. В данном случае – это оленеводство, рыболовство, охота, собирательство.

*Стратегические инициативы и экологические угрозы.* Основным федеральным нормативно-правовым документом в области развития северных территорий, является «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [1], в которой определены приоритетные задачи регионального развития и обеспечения национальной безопасности в Арктике. В Стратегии также определены и основные задачи в сфере охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности Арктической зоны. К их числу отнесены следующие направления деятельности: создание особо охраняемых природных территорий; выявление, оценка и учет объектов накопленного ущерба окружающей среде и организация работ по его ликвидации; развитие единой системы экологического мониторинга и минимизация выбросов загрязняющих веществ в природные среды (атмосферный воздух, водные объекты и др.); предотвращение негативных экологических последствий при освоении природных ресурсов; проведение регулярной оценки экологических и социально-экономических последствий антропогенного воздействия на окружающую среду; государственная поддержка деятельности в сфере обращения с отходами и совершенствование системы обращения с опасными отходами в Арктической зоне и другие.

Учитывая, что в список приоритетных инвестиционных проектов НАО включены следующие направления [2]:

- увеличение нефтедобычи на 3 млн т в год до 20 млн т;
- «распечатка» газовых месторождений;
- развитие системы трубопроводного транспорта;
- строительство и запуск производства сжиженного природного газа;
- строительство и запуск нефтеперерабатывающего завода;
- строительство глубоководного порта по маршруту Северного морского пути (СМП);
- строительство железной дороги до глубоководного порта.

В этих условиях важно понять, а как реализация названных в Стратегии инвестиционных проектов сочетается с существующими вызовами в сфере охраны природы и традиционного хозяйства местных сообществ. Далее в краткой форме сформулированы потенциальные вызовы, которые необходимо учитывать при реализации названных проектов:

*Увеличение нефтедобычи и «распечатка» газовых месторождений* Тимано-Печорской НПП ухудшит условия для ведения традиционного хозяйства КМНС на территории Большеземельской тундры. В настоящее время из-за разработки месторождений углеводородного сырья площадь используемой территории для оленеводства уменьшается, сами пастбища фрагментируются, утрачиваются традиционные пути сезонных прогонов оленей. Чтобы сохранить прежний уровень дохода оленеводческие хозяйства вынуждены увеличивать поголовье скота, превышая естественную емкость кормовых угодий, что вызывает пастбищную дигрессию.

*Развитие системы трубопроводного транспорта.* Предполагается строительство газопроводов к магистрали «Бованенково – Ухта» и до порта Индига. Строительство трубопроводов преграждает пути миграции прежде всего оленей, меняет маршруты сезонных прогонов на менее эффективные с точки зрения емкости кормовых угодий, ухудшая условия для ведения традиционного природопользования.

*Строительство и запуск нефтеперерабатывающего завода (НПЗ).* Известно, что нефтепереработка является одним из самых «грязных» производств, поэтому очевидно, что эта деятельность заметно скажется на состоянии природной среды и биологических ресурсов. Важно понимать, что подкисление атмосферных осадков, вызванное функционированием НПЗ, по-видимому, повлияет на состояние напочвенного покрова, выполняющего мерзлотно-стабилизирующую функцию.

*Строительство глубоководного порта по маршруту Северного морского пути.* Строительство глубоководного порта вблизи поселка Индига намечено в три этапа: 1 – глубоководный морской порт, газопроводы от Кумжинского и Коровинского месторождений, завод СПГ; 2 – нефтяной терминал и нефтеперерабатывающий завод; 3 – контейнерный терминал, а также база портового флота и база ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов. Предполагается, что данный порт будет служить базой для освоения минерально-сырьевых богатств западной части Арктики. В этой связи необходима оценка интенсивности развития неблагоприятных природных процессов, связанных с ледовыми воздействиями в условиях изменяющихся климатических условий [3]. Это представляется необходимым аспектом обеспечения экологической безопасности портово-промышленного комплекса.

*Строительство железной дороги до глубоководного порта Индига.* Железнодорожная ветка «Баренцкомур» Сургут – Полуночное – Троицко-Печорск – Сосногорск – Индига является дополнением сразу к двум крупным инвестиционным проектам: это и строительство глубоководного порта Индига, и разработка Пижемского месторождения титановых руд в Усть-Цилемском районе Республики Коми (в зоне притундровых лесов). Строительство железной дороги будет проходить по территории Малоземельской тундры, которая в настоящий момент практически не используется для добычи полезных ископаемых, а значит беспрепятственно используется КМНС для ведения традиционного хозяйства. Фрагментация пастбищ, несомненно, приведет к подрыву устойчивого оленеводства. Разработка Пижемского месторождения титановых руд уменьшит площадь притундровых лесов, которые помимо своего высокого природоохранного статуса являются ценными зимними оленьими пастбищами.

*Заключение.* Отсутствие в экологическом законодательстве и природоресурсовых лицензиях позиций по площадному лимитированию интенсивного природопользования не будет способствовать решению основных задач регионального развития, как в области рационального природопользования, так и обеспечения социального благополучия коренного населения округа, занимающегося традиционным хозяйством. Важно, что в стратегических документах НАО не в полной мере отражены экологические угрозы, которые необходимо учитывать при реализации инвестиционных проектов. Общие позиции по мониторинговым исследованиям, которые обозначаются в стратегических документах, должны быть конкретизированы. Представляется, что для обеспечения экологической безопасности территории округа, экологический мониторинг должен включать следующие виды исследований: изменение скоростей денудации в зоне влияния добывающих отраслей и береговой абразии в прибрежных зонах инфраструктурного освоения, а также оценку динамики биологической продуктивности в зонах оленеводства. Данные направления мониторинговых исследований, наряду с видами эколого-геохимических исследований депонирующих сред, позволят судить о скоростях и тенденциях изменения природной среды, что необходимо для прогнозирования неблагоприятных геоэкологических и социально-экологических процессов с целью их смягчения.

#### **Библиографический список:**

1. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. – Текст: электронный;
2. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Ненецкого автономного округа до 2030 года: постановление Собрания депутатов НАО от 07.11.2019 №256-сд // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. – Текст: электронный.
3. Медведков А. А. Ненецкий автономный округ: экологические угрозы в условиях изменения климата и ресурсного освоения его территории // Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития. М.: БГУ, 2019. С. 178-181.

УДК 544.72

#### **Подбор оптимальных условий проведения эксперимента по исследованию адгезии эпоксидных покрытий**

Григорьева Т. А.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** выполнены исследования по подбору оптимальных условий для оценки адгезии эпоксидного полимера. Работа адгезии определялась на основании значений краевого угла, подбор оптимальных условий осуществлялся по методу дробно-факторного эксперимента, спланированного по схеме латинского квадрата

**Ключевые слова:** адгезия, краевой угол, эпоксидные полимеры.

Высокая адгезия является основным требованием, предъявляемым к покрытиям, используемым для защиты трубопроводов и металлоконструкций. Известно несколько способов экспериментального определения адгезионных свойств поверхности, один из которых основан на данных о значениях краевого угла смачивания [1].

Известен ряд методов измерения краевого угла смачивания: по профилю пузырька; по давлению газа, компенсирующему капиллярное давление (для пористых твердых тел и капилляров); по скорости капиллярного поднятия (также для пористых твердых тел и капилляров); метод прямой пластины (метод Вильгельми ) и т.д. [2]. В настоящей работе измерения краевого угла смачивания выполнено с помощью оптического прибора OCA-15EC DataPhysics Instruments GmbH по методу лежащей капли, по умолчанию, расчет краевого угла осуществлялся с помощью аппроксимации «Эллипс».

При выборе краевого угла, как параметра контроля адгезии исследуемого материала, необходимо понимать, какие условия, и в какой степени оказывают влияние на его значения. Поскольку основной целью научно-исследовательской работы автора является исследование изменения свойств эпоксидной матрицы при введении модифицирующих добавок, изучались три фактора, способных оказать влияние на значения краевого угла: температура перемешивания (фактор А), время контакта наполнителя с эпоксидной матрицей (В), концентрации наполнителя –  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

В основе оптимизации условий определения краевого угла лежит дробно-факторный эксперимент, спланированный по схеме латинского квадрата [3].

Дисперсионный анализ позволяет одновременно оценить действие всех факторов, поскольку основан на свойстве аддитивности дисперсии изучаемой случайной величины и возможности разложения ее на компоненты, обусловленные действием исследуемых факторов. Такое планирование эксперимента дает возможность быстро выделить факторы, значимо влияющие на исследуемый процесс, оптимальные значения которых устанавливаются далее традиционным способом.

Исследования проводились при четырех разных значениях для каждого фактора ( $m=3$ ;  $n=4$ ), что соответствует латинскому квадрату размерностью  $4 \times 4$ . Латинский квадрат представляет собой квадратную таблицу, составленную из 16 элементов с таким расчетом, чтобы для любого элемента сочетание факторов А, В и С повторялось только один раз.

Выбранные значения факторов А, В и С приведены в Таблице 1, для каждой их комбинации определено значение краевого угла относительно кремниевого субстрата.

Таблица 1 – Интервалы варьирования факторов А, В, С и значения краевого угла смачивания, град

А	В			
	$b_1 - 75 \text{ мин}$	$b_2 - 105 \text{ мин}$	$b_3 - 120 \text{ мин}$	$b_4 - 150 \text{ мин}$
$a_1 - 50^\circ\text{C}$	$c_4 - 5,0\%$ 62,1	$c_3 - 2,5\%$ 36,0	$c_2 - 1,0\%$ <b>34</b>	$c_1 - 0,2\%$ 50,7
$a_2 - 65^\circ\text{C}$	$c_3 - 2,5\%$ 36,2	$c_2 - 1,0\%$ <b>31,3</b>	$c_1 - 0,2\%$ 50,1	$c_4 - 5,0\%$ 27,5
$a_3 - 80^\circ\text{C}$	$c_2 - 1,0\%$ <b>42,5</b>	$c_1 - 0,2\%$ 49,5	$c_4 - 5,0\%$ 50,7	$c_3 - 2,5\%$ $\Theta = 23,4^\circ$
$a_4 - 95^\circ\text{C}$	$c_1 - 0,2\%$ 49,6	$c_4 - 5,0\%$ 51,1	$c_3 - 2,5\%$ 26,8	$c_2 - 1,0\%$ <b>27,0</b>

Эффективность воздействия исследуемых факторов на значения краевого угла оценивается по критерию Фишера. Дисперсионное отношение (F), превышающее табличное, подтверждает значимость влияния данного фактора (Таблица 2).

Таблица 2.2 – Дисперсионные отношения факторов А, В, С

Факторы	F
А (температура, °C)	7,0
В (время контакта ЭД-20 с наполнителем, мин)	4,8
С (концентрация оксида, % масс)	71
Табличное значение критерия Фишера ( $p=0.05$ , $f_1 = 3$ и $f_2 = 6$ )	4,8

Сравнение полученных дисперсионных отношений с табличным значением критерия Фишера показывает, что температура, продолжительность контакта матрицы и наполнителя и концентрация оксида показывают значимое влияние на краевой угол и оптимальное значение необходимо определять отдельно для каждого из этих факторов.

Влияние времени перемешивания на значения краевого угла определялось при фиксированных температуре перемешивания и концентрации наполнителя. Полное время контакта модифицирующего компонента и полимерной матрицы составило 60, 75, 90, 115, 135, 165 минут соответственно.

Подготовленная смесь в нагретом состоянии наносилась на поверхность исследуемого образца при помощи шприца с тонкой иглой ( $d=0,6$  мм) одновременной включалась функция динамического слежения.

Далее измерения краевого угла осуществлялись при комнатной температуре в процессе динамического слежения с фиксированием показаний через каждый 10 секунд до окончания изменяя значений краевого угла. Для каждого образца время слежения не превысило 90 минут.

В ходе оптимизации температуры перемешивания время контакта компонентов и концентрация наполнителя были зафиксированы, соотношение и последовательность ввода компонентов, скорость перемешивания аналогичны предыдущему опыту, в котором определено полное время – 90 минут.

В ходе оптимизации концентрации были зафиксированы время контакта – 90 минут, и температура перемешивания -  $80^{\circ}\text{C}$ .

Результаты исследований по определению оптимальных условий приведены на рисунке 1.

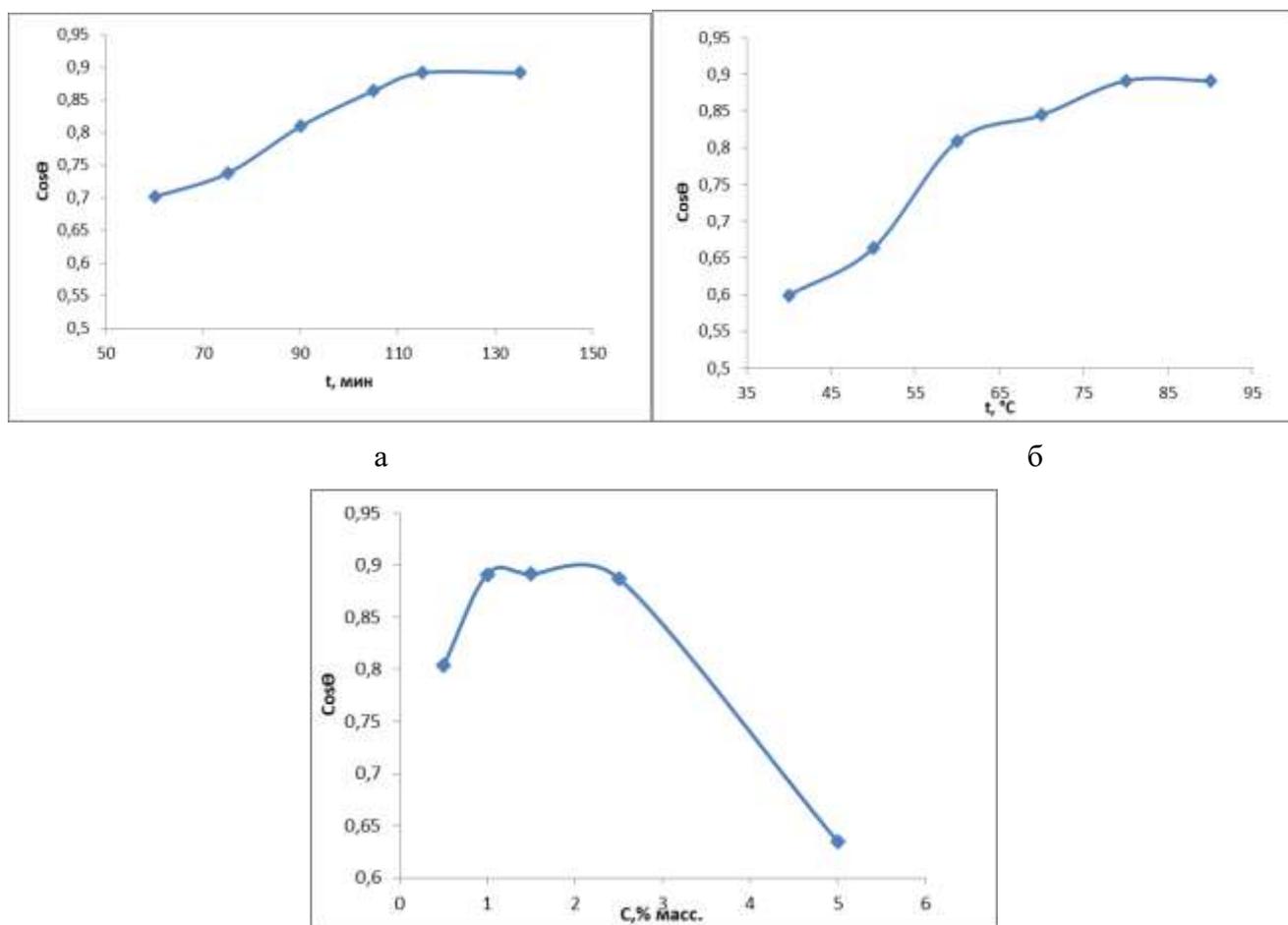


Рисунок 1 – Зависимость  $\text{Cos}\theta$  от времени контакта компонентов (а); температуры (б); концентрации оксида (в)

На основании полученных данных были установлены оптимальные условия проведения исследования, при которых наблюдается максимальный эффект введения оксида на смачивание (экстремумы на кривых зависимости значений краевого угла от исследуемого параметра): время контакта компонентов 120 минут, температура перемешивания  $80^{\circ}\text{C}$ .

### **Библиографический список:**

1. Матюхин С. И., Фроленков К. Ю. Измерение краевого угла смачивания как метод исследования адгезионных свойств поверхности и энергетического состояния молекул на границе раздела двух фаз //Конденсированные среды и межфазные границы. – 2003. – Т. 5. – №. 2. – С. 216-220.
2. Киселев М. Г., Савич В. В., Павич Т. П. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях //Наука и техника. – 2006. – №. 1. – С. 38-41.
3. Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учеб. Пособие / Н.И. Сидняев - М.: Юрайт, 2012.– 399 с.

УДК 621.644.07(943.8)

### **Проблемы подземного способа прокладки трубопровода в условиях крайнего севера**

Дубровский М. А., Михайлов В. А.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Арктическая зона обеспечивает добычу более 80 процентов природного газа и 17 процентов нефти в России. Запасы континентального шельфа в Арктике содержит более 85,1 триллионов кубометров природного газа и 17,3 миллиардов тонн нефти [1]. Эти данные позволяют сделать вывод, что в зоне залегания вечномёрзлых грунтов находятся стратегически важные резервы минерально-сырьевой базы Российской Федерации. В связи с этим поднимается вопрос о транспортировке углеводородного сырья в условиях Крайнего Севера.

**Annotation.** The Arctic zone provides production of more than 80 percent of natural gas and 17 percent of oil in Russia. The continental shelf reserves in the Arctic contain more than 85.1 trillion cubic meters of natural gas and 17.3 billion tons of oil [1]. These data allow us to say that in the permafrost zone there are strategically important reserves of the mineral resource base of the Russian Federation. In this regard, the question of transporting hydrocarbon raw materials in the Far North is raised.

**Ключевые слова:** пучение грунтов, вечная мерзлота, способ прокладки трубопровода, тепловое взаимодействие.

**Key words:** soil heaving permafrost, way of laying pipelines, thermal interaction.

#### **Введение**

Нефтяная и газовая отрасль нуждается в сооружении различных трубопроводов. Они могут быть проложены различными способами: подземным, наземным и надземным. Сегодня взор нефтяных и газовых гигантов падает на северные части России, так как там содержатся большие нефтяные и газовые залежи. При эксплуатации трубопроводов в ВМГ (вечномёрзлых грунтах) происходит теплообмен между ними и окружающей средой из-за чего образуется талая зона, что в свою очередь приводит к деформации зоны прокладки трубопровода, например, пучению грунта. Условия сохранности трубопровода связаны не только с его эксплуатацией, но и со способом его строительства.

#### **Недостатки подземного способа прокладки трубопровода в условиях крайнего севера**

Основными сложностям, с которыми сталкиваются инженеры, при проектировании трубопроводов на территории залегания вечной мерзлоты являются: пучение, осадка, термокарст [2]. На сегодняшний день из практики строительства трубопроводов в зоне вечной мерзлоты можно сказать, тепловое воздействие на мерзлый грунт при подземной прокладке ведет к его прогреву. При длительном контакте теплой трубы с мерзлым грунтом происходит процесс растепления грунтов. Мерзлые грунты принимают отводимое тепло, из-за чего происходит их оттаивание, а после – обводнение больших участков, просадки и т.д. [3]. Что в свою очередь провоцирует появление строительной техники на ранимой территории. Вследствие чего экосистема испытывает дополнительное антропогенное влияние, связанное с механическими нагрузками. Заключающимися в различных земляных работах, например, при подземном способе прокладке – рытье траншей с риском их обводнения. Также частое появление строительной техники нарушает соблюдение нулевого теплового баланса на поверхности мерзлого массива грунта.

При повреждении растительного покрова увеличивается глубина протаивания. При нарушении тонкого слоя почвенно-растительного покрова наблюдается нарушение гидрогеологического режима, активируются криогенные процессы, сменяется тепловой баланс поверхности, а глубина протаивания увеличивается в 1,5 – 3 раза. Например, после прохождения гусеничного трактора, в колеях оставленных им глубина протаивания увеличится на 0,6 – 0,8 метров. Летом же эти колеи заполняются водой из-за слабого дренирования. В результате интенсивной термоэрозии и термокарста образуются промоины и овраги глубиной до 5 метров и шириной в верхней части 7 – 10 метров.

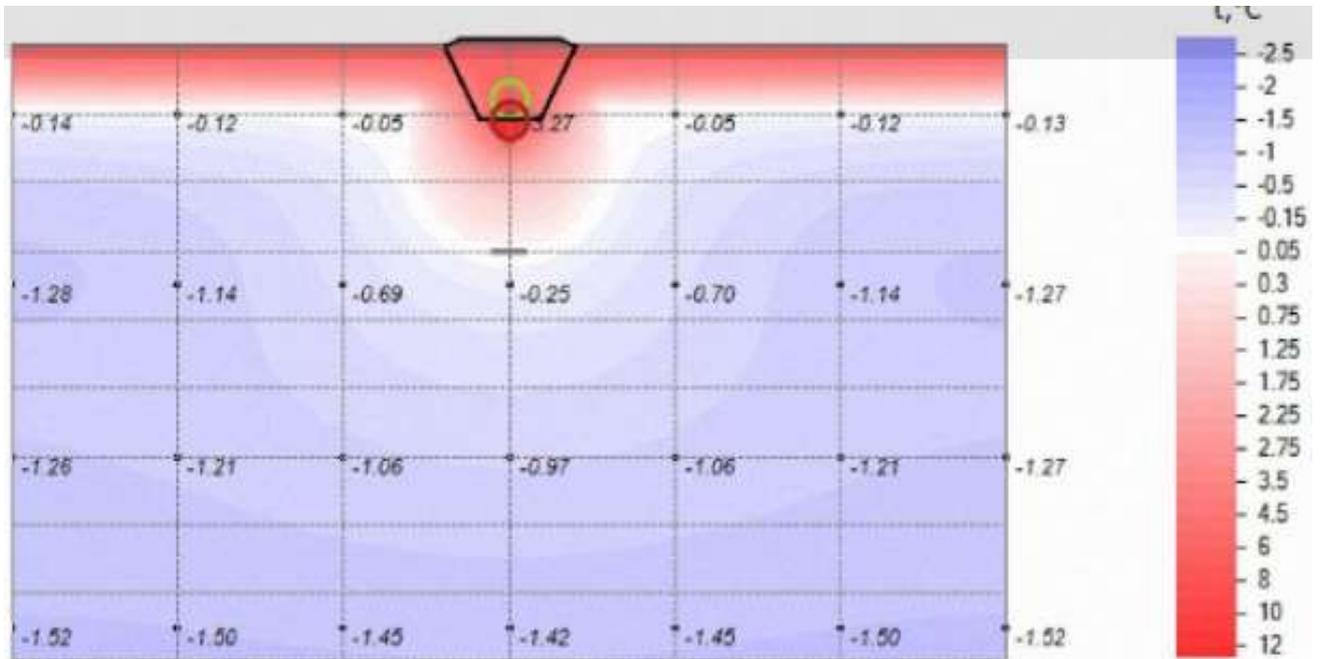


Рисунок 1. – Проектное положение трубопровода

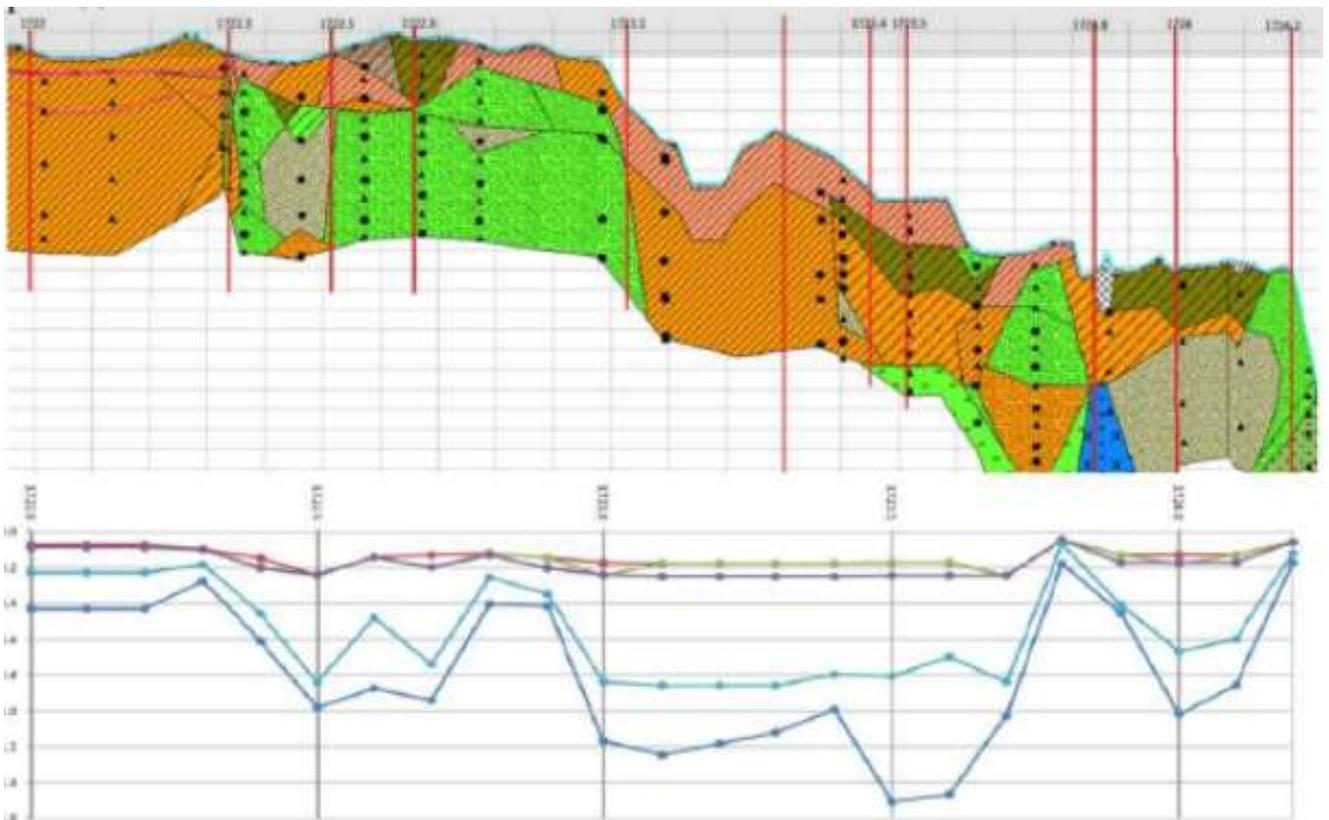


Рисунок 2 – Прогнозирование размера ореола оттаивания и просадки

Если растительный покров только поврежден, то в ближайшие два – три года глубина протаивания будет увеличена на 20 – 40 метров [3]. А восстановление растительного покрова займет годы.

Согласно СНиП 2.05.06-85 для магистральных трубопроводов в условиях вечной мерзлоты предусматриваются не только подземные способы прокладки, но и при соответствующем обосновании допускается наземный (в насыпи) и надземный способы прокладки.

У надземной прокладки в условиях вечной мерзлоты множество преимуществ, таких как доступность его для осмотра снижение риска аварий при их возникновении требуется меньше времени на ликвидацию. Трубопровод не оказывает прямого температурного воздействия на грунт, только косвенное, но оно существенно меньше, чем у подземного трубопровода, а при применении высоких опор отсутствует вовсе [4]. Главными её недостатками: является высокая стоимость, а также уязвимость к внешним ударным воздействиям.

Анализ эксплуатации трубопроводов сооружаемых на ВМГ показал, что возможная вероятность отказов на 1 км трассы для подземного трубопровода равняется примерно 3, а при условиях надземной прокладки эта вероятность оставляет 0,42, при этом распределение отказов напрямую зависит от типа грунта. Но не стоит считать надземную прокладку универсальным способом, потому что в некоторых случаях она невыгодна, да и не так эффективна. Проблему выбора способа прокладки трубопровода могут решить только тщательное изучение грунтов и их температурных циклов, взаимодействие 62 грунта и технико-экономический расчёт с прогнозами рисков аварий и деформаций трубопровода [4].

Поскольку удаленность трасс и обеспечение надёжной и бесперебойной работы трубопровода в столь суровых климатических условиях зачастую определяет способ, которым прокладывается трубопровод, недостатки надземной прокладки становятся незначительными в сравнении с подземной схемой, именно поэтому она более предпочтительная для районов распространения многолетнемерзлых грунтов.

#### **Выводы**

Исходя из выше сказанного, становится очевидно, что подземная прокладка трубопровода нецелесообразна, так как не только не решает проблему с просадкой конструкции, но и наносит значительный вред хрупким экосистемам северных регионов, в добавок ко всему является экономически нецелесообразной.

#### **Библиографический список:**

1. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 №645.
2. Н. А. Колоколова, Н. А. Гаррис // О выборе способа прокладки трубопроводов в районе вечной мерзлоты.
3. Л. М. Мугалова, Ф. М. Мустафин // Анализ проблем прокладки нефтепроводов на вечной мерзлоте.
4. А. Н. Патюков // Технология устройства Водовода Низкого давления в условиях мерзлоты на примере Куюбинского нефтегазового месторождения.
5. Б. Мирзазаде, А. Алиев // Анализ теплового и грунтового взаимодействия систем магистральных нефтепроводов в экстремальных условиях.

УДК 542.06 / 66.091

#### **Разработка технологии регенерации ферромагнитных наночастиц для получения рабочей жидкости в цикле физико-химической очистки воды**

Шабовта А. А.

Научный руководитель - Ивенина И. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Работа выполнена в рамках проекта по созданию технологической схемы разделения водо-нефтяной эмульсии при очистке пластовых и технических вод от нефтяного загрязнения. Важной частью этой схемы является блок регенерации магнетита, используемого в виде суспензии для омагничивания разделяемой эмульсии. Регенерация рабочего раствора позволит реализовать практически безотходную технологию очистки.

**Ключевые слова:** регенерация наночастиц магнетита, разделение водонефтяной эмульсии, очистка воды от нефти.

В нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности остается актуальной проблема загрязнения технической воды нефтью и нефтепродуктами. Особенно сложным и трудно разделяемым загрязнителем являются стабилизированные водонефтяные эмульсии. Физические методы отделения нефти от воды для таких систем неэффективны, а адсорбционные методы влекут за собой достаточные расходы и большой объем твердых отходов загрязненной нефтью сорбента.

Предыдущие исследования [1] позволили доказать высокую эффективность извлечения эмульгированной нефти из загрязненной воды в неоднородном магнитном поле после предварительной обработки водонефтяной эмульсии ферромагнитными наночастицами. Наночастицы, налипающие на поверхность нефтяных микрокапель за счет адгезионных сил взаимодействия, придают нефти парамагнитные свойства, заставляя их двигаться в магнитном поле по направлению к неодимовым магнитам. Устройство сепаратора для очистки воды от нефтепродуктов рассмотрено в работе [2]. Собранная таким образом нефть в виде нефтемагнетитной массы легко отделяется от воды. После такой очистки содержание нефти становится ниже установленных значений ПДК.

Для обеспечения безотходного характера данной технологии, очевидно, нефтемагнетитную массу необходимо подвергнуть переработке для восстановления рабочего материала, то есть ферромагнитных наночастиц, и повторного его использования. Была разработана и испытана в лабораторных условиях система физико-химических операций для узла регенерации, которая может быть представлена следующей схемой (рис. 1). Извлеченный и химически регенерированный магнетит показал высокую эффективность при разделении водонефтяной эмульсии [3], что позволяет считать данный метод его получения целесообразным.

Последовательность химических превращений в соответствии со схемой может быть представлена так:

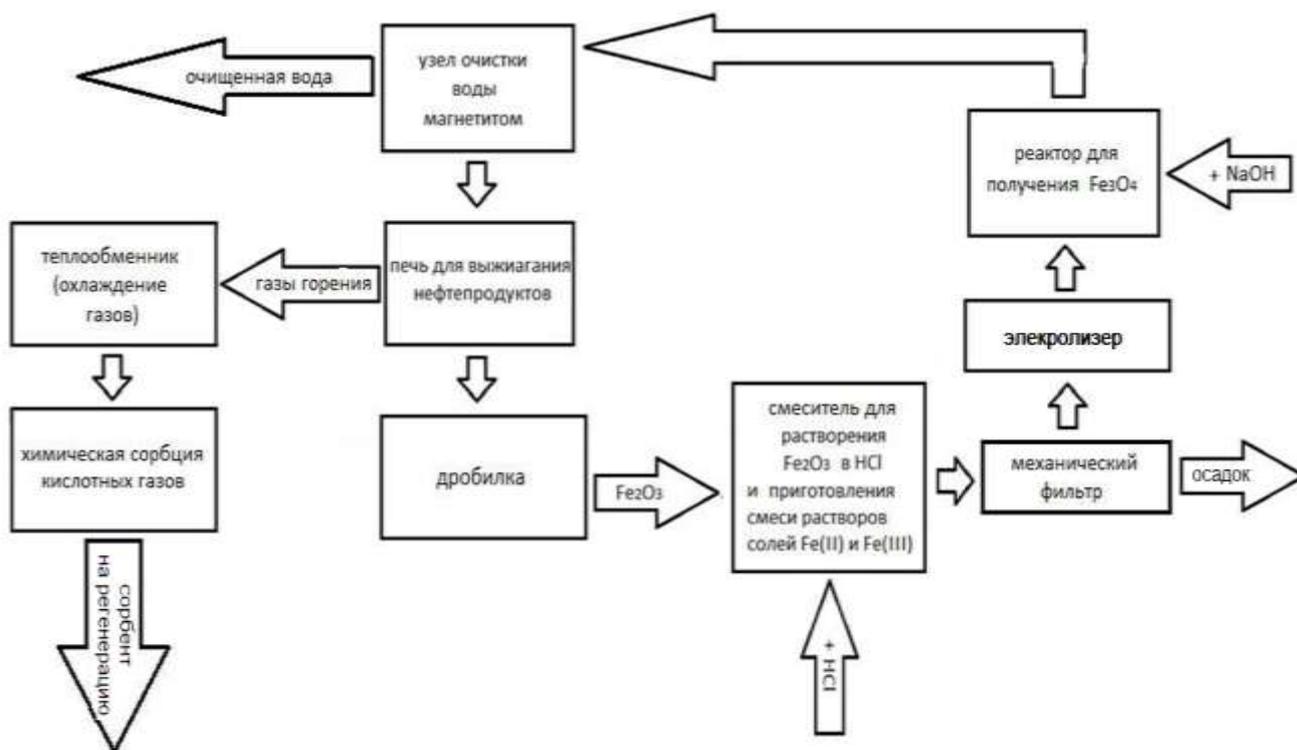


Рисунок 1 - Схема регенерации ферромагнитных наночастиц в технологической схеме очистки воды от эмульгированной нефти

Образовавшаяся после узла очистки воды нефтемagnetитная масса подвергается обжигу в печи для удаления углеводородов. Отходящие газы после печи охлаждают в теплообменнике и очищают от кислотных газов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ ) в абсорбере (насадочная колонна), после чего они могут быть выброшены в атмосферу. Производить абсорбцию кислотных газов можно щелочным ( $\text{NaOH}$  или  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) или содовым ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) методом. Продукты реакции - соли и (или) гидросоли сернистой и угольной кислот не представляют опасности для атмосферы и могут быть легко утилизированы. Производители также предлагают использовать для поглощения газов горения твердый сорбент, а также технологию его утилизации или регенерации после использования. Способ обеззараживания продуктов выжигания нефтемagnetитной массы может быть выбран в зависимости от технических возможностей непосредственно на предприятии.

Твердый остаток представляет собой преимущественно оксид железа (III). Для успешного осуществления последующих операций необходимо произвести его измельчение как минимум до микроразмерного состояния, для этого может быть использована коллоидная мельница.

После диспергирования оксид железа растворяют в соляной кислоте. Конструкция реактора предусматривает подогрев и механизм для перемешивания раствора.

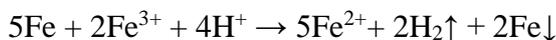
Полученный раствор хлорида железа (III) пропускают через фильтр, отделяя от него нерастворившийся твердый осадок. Опыты показали, что присутствие в рабочем растворе твердой фазы нарушает механизм образования наночастиц магнетита. Поэтому данный этап является необходимым.

Далее раствор разбавляют и доводят до необходимой концентрации. В электролизере раствор подвергают электролизу с железным анодом, в процессе которого часть ионов железа  $\text{Fe}^{3+}$  замещается на  $\text{Fe}^{2+}$ . При этом на электродах происходят следующие реакции:

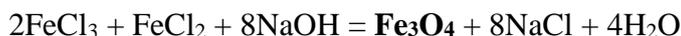
на аноде:  $\text{Fe}^0 - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  (растворяется анодное железо);

на катоде: 1)  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^0$ ; 2)  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

Суммарная электролизная реакция:



Продуктом частичного электролиза является раствор, содержащий соли  $\text{FeCl}_2 + \text{FeCl}_3$  в определенном соотношении, который в реакторе для получения  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  смешивают с раствором щелочи. Последняя стадия заключается в образовании ферромагнитных наночастиц. Над раствором, содержащим смесь из солей железа и нагретым до  $60^\circ\text{C}$ , при интенсивном перемешивании распыляется раствор щелочи до образования наночастиц в соответствии со схемой реакции:



Последнюю стадию необходимо осуществлять непосредственно перед добавлением в очищаемую воду, так как полученный магнетит не подлежит хранению: из-за высоких адгезионных свойств наночастицы склонны к агрегации. Установлено, что эффективность нестабилизированного магнетита после длительного хранения резко падает. Побочным продуктом реакции является экологически не опасное вещество - хлорид натрия.

Полученную таким образом рабочую жидкость с наночастицами магнетита отправляют снова в узел очистки воды.

Описанная технология регенерации магнетита позволяет осуществить довольно гибкий подход к ее реализации. Аппаратное обеспечение на каждом этапе может быть подобрано в соответствии с объемами и степенью загрязнения воды, а также с техническими возможностями предприятия.

Данная технологическая цепь не дает токсичных и опасных для природы и человека побочных продуктов.

Получаемый таким образом рабочий раствор на водной основе с ферромагнитными наночастицами не уступает по эффективности товарной магнитной жидкости, представляющей собой стабилизированный магнетит.

### **Библиографический список:**

1. Ивенина И.В., Смирнов Ю.Г., Лютоев А.А. Исследование эффективности извлечения нефти из водонефтяной эмульсии при помощи ферромагнитных наночастиц // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – №10. – С. 98-101.
2. Быков И. Ю., Лютоев А. А., Смирнов Ю. Г., Семин В. И. Кассетный магнитный сепаратор НМС-2 для доочистки пластовых вод от эмульгированных нефтепродуктов // Инженер – нефтяник . 2018. № 4. С. 53-58.
3. Ивенина, И. В. Оптимизация электролизной подготовки рабочего раствора в цикле регенерации магнетита / И. В. Ивенина, Ю. Г. Смирнов // Современные проблемы развития Европейского Севера : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ухта, 08–09 июня 2023 года / Под редакцией Р.В. Агиней. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2023. – С. 122-125.

УДК 551.582(470.1/.2)

### **Изменения положения южной границы криолитозоны Европейского Севера России под влиянием меняющегося климата**

Осадчая Г. Г., Шполянская Н. А., Николаева Г. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Изменение климата приводит к трансформации природной среды, в том числе геокриологической ее составляющей. Считается, что наиболее динамичной областью проявления геокриологических изменений является южная граница криолитозоны. На Европейском севере России в условиях потепления климата последнего столетия в разных его частях она ведет себя по-разному. В западных районах с морским климатом она либо стабильна (Кольский район), либо незначительно отступает к северу (Канинско-Мезенская тундра). В восточном Большеземельском районе с более континентальным климатом южная граница криолитозоны не отступает к северу, а продвигается на юг.

**Ключевые слова:** южная граница криолитозоны, потепление климата, криогенные процессы.

Природа Севера чрезвычайно уязвима, и прежде всего из-за присутствия вечной мерзлоты, содержащей в себе лед, пронизывающий грунты. Вечная мерзлота – производная климата, поэтому колебательный ход климата приводил к многократным за четвертичный период изменениям температуры воздуха, а за ней и грунта, что вызывало замерзание грунтовой воды или таяние льда. Это заметно разрушает ландшафт, и вызывает большие осложнения при ведении хозяйственной деятельности. Часто происходит либо недооценка, либо переоценка опасности развития криогенных процессов. Поэтому важно знать закономерности распространения вечной мерзлоты и динамику ее южных границ. Криолитозона Европейского Севера России близ южной ее границы, имеет редкоостровное распространение (менее 10 % площади) и температуру грунтов, близкую к 0°C (0÷–1,5°C на участках мерзлоты и 0,5÷3°C на участках без мерзлоты). Эта область считается наиболее динамичной в своей реакции на изменения климата: в грунтах заметно меняется температура, а с ней меняется и положение южной границы распространения многолетнемерзлых пород (ММП).

Криолитозона занимает заметный процент территории Евразии. Южная граница области её развития в Европейской части России протягивается от Кольского полуострова к устью реки Мезень и далее на восток почти по Северному полярному кругу и, участками, южнее, до Урала. Условно материковую равнинную часть Европейской криолитозоны можно разделить на Кольский регион, Канинский и Большеземельский.

Криолитозона близ южной ее границы имеет островной характер, это делает более сложной и разнообразной ее реакцию на изменения климата. Колебания климата происходят с разными периодами – в тысячи лет, и в десятки лет. Все они влияют на температуру грунтов, меняя положение южной границы. Но нередко влияние региональных условий на температуру грунта оказывается более сильным, чем влияние климата [1].

Современное потепление, начавшееся в XVIII в. как выход из Малого ледникового периода и усилившееся в конце XIX – начале XX вв. [2]., должно было бы привести к перемещению южной границы криолитозоны на север. Однако имеющаяся разновременная информация о положении южной границы в условиях островной мерзлоты в каждом из выделенных регионов криолитозоны Европейской части России показывает сложную и неравномерную картину. Для западного сектора евроазиатской криолитозоны индикатором положения её южной границы является крайне южное распространение мерзлых выпуклых торфяных бугров, образующих скопления – отдельный природный ландшафт выпуклобугристых торфяников. Формирование таких бугров и в целом крупнобугристого мезорельефа происходит по двум основным причинам:

- в результате деградации ледяных жил полигональных торфяников (процесс долгосрочный, может занимать сотни и тысячи лет);
- в результате новообразования мерзлоты на талых участках при похолодании или при изменении состояния природных компонентов окружающей среды, например, при увеличении прироста мохово-торфяного горизонта с его охлаждающим влиянием, изменении условий увлажнения и начальных условий зимнего охлаждения и т.п.

В последнем случае при промерзании в результате пучения грунтов возникают бугристые формы мерзлотного рельефа (процесс достаточно быстрый, занимает несколько десятков лет до стабилизации процесса многолетнего пучения).

Изучение бугристых образований в разных регионах в течение длительного времени показывает неоднократное перемещение южной границы в пространстве.

Самые ранние наблюдения имеются по Канинскому региону (Канско-Мезенская тундра), что связано с более густым и ранним заселением этой территории, особенно по морскому побережью и долинам крупных рек. В работе С. А. Игловского [3] представлена ретроспектива представлений о положении этой границы начиная от 1857 г. (Шренк, 1885; ММП зафиксированы в десятке километров южнее г. Мезень), из которой следует, что к 2000 г. она продвинулась достаточно далеко на Север (в 1857 г. располагалась южнее г. Мезень, в 2000 г. – примерно на широте п. Майда). Это связано с начавшимся в XIX веке потеплением климата после Малого Ледникового периода XIII–XVIII веков. Однако, исследования, проведенные в промежутке между этими датами не столь однозначны: южная граница хоть и фиксировалась в основном в этом широтном интервале, но продвижение ее к северу не было однонаправленным (отступала к северу, потом опускалась к югу, потом опять к северу и т.п.; так, в 1953 г. она проводилась близ п. Койда, что севернее ее положения в 2000 г. Бугры преимущественно находились в стадии разрушения, хотя параллельно шло и их новообразование.

В целом можно предположить, что граница сдвинулась к северу, хотя активное новообразование ММП в торфяных массивах и формирование отдельных торфяных бугров происходит на этой современной границе и в настоящее время.

Данные о распространении ММП на Кольском полуострове до сих пор остаются достаточно ограниченными. Первые сведения в печати появились в 1922 г. [4] и далее разновременные исследования проводились вплоть до 1950 г. В конце 70-х годов они возобновились. Обобщение данных о положении южной границы криолитозоны приведены в работе Ф. А. Романенко, Е. В. Гаранкиной [5]. По мнению авторов – в целом ситуация остается такой же, как в 30-е годы XX века во времена М. И. Сумгина и И. Я. Баранова. Судя по радиоуглеродным датировкам, мерзлые породы близ южной границы мерзлоты на Кольском п-ове сформировались 4,0–3,5 тыс. лет назад в ходе похолодания после климатического оптимума (8-4 т.л.н.) и благополучно «пережили» последующие потепления. Новообразования мерзлых торфяных бугров фиксируются и в настоящее время.

Сведения по ММП Большеземельской тундры появились первоначально в виде обрывочной информации в работах Керцелли (1911), который обнаружил ММП в мерзлых торфяных буграх в низовьях р. Адзъва, позднее – как результат экспедиций 30-х годов XX века [6]. В криолитозону были включены всё низовье р. Печора и бассейн р. Уса. Полоса островной мерзлоты в торфяниках была зафиксирована от места впадения р. Адзъва на восток вдоль р. Уса (подзона крайнесеверной тайги); в месте впадения р. Уса в р. Печора (д. Усть-Уса) ММП не были обнаружены.

Примерно тогда же, в 20-е годы XX века южнее д. Усть-Уса на левом берегу р. Уса близ ее впадения в р. Печора был подробно описан второй по величине в Европе болотный массив, так называемое Большое Усинское болото, в пределах которого не были обнаружены выпуклые торфяные бугры и, соответственно, ММП отсутствовали [7]. В целом южнее широтного «колена» р. Печора ММП не зафиксированы. Таким образом, считалось, что крайнее южное положение ММП в регионе близко к положению Северного Полярного круга.

Новый этап изучения южных районов распространения ММП начался со второй половины 50-х годов XX века. Его результаты представлены на разновременных картах геоэкологического содержания масштабов 1:1 000 000–1:2 500 000 различных авторов, обзор которых представлен в работе Г. Г. Осадчей, Е. И. Пижанковой [8]. Анализ этих мелкомасштабных карт, составленных в период с начала 80-ых годов XX века до 20-го года XXI века, показал, что положение южной границы криолитозоны на них практически совпадают, но на последних по времени составлении картах отображено даже её продвижение на отдельных участках к югу на 20-40 км (на левом берегу Печоры напротив впадения в нее р. Лая и в нижнем течении р. Уса в пределах Большого Усинского болота, в пределах которого в середине 20-х годов XX века ММП однозначно отсутствовали). В целом в зоне островного распространения ММП заметно возросла интенсивность многолетнего пучения и формирования мерзлоты на участках ранее талых болот.

Можно сделать общий по Большеземельскому району вывод, что за последние 100 лет южная граница криолитозоны местами продвинулась на юг на несколько десятков километров. В настоящее время в зоне островного распространения ММП наблюдаются как процессы разрушения выпуклых бугров, так и, преимущественно, их новообразования. Отмечены факты перехода ряда болотных массивов в ландшафтную категорию выпуклобугристых торфяников.

Таким образом, южная граница криолитозоны на Европейском севере России в условиях потепления климата последнего столетия в разных ее районах ведет себя по-разному. В западных, более «морских» секторах она либо стабильна (Кольский район), либо незначительно отступает к северу, причем в колебательном режиме, то отступая на север, то снова возвращаясь на более южные участки (Канинско-Мезенская тундра). В более континентальном восточном Большеземельском районе южная граница ММП не отступает к северу, а продвигается на юг.

Это необходимо учитывать при планировании хозяйственного использования территории региона.

### **Библиографический список:**

1. Шполянская Н. А. Климат и его динамика в плейстоцене-голоцене как основа для возникновения разнообразных рисков при освоении районов криолитозоны // Геориск. – 2019. – Т. XIII. – № 1. – С. 5–24.
2. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Мониторинг климата и оценка климатической изменчивости по данным наблюдений // Глобальные изменения климата и их последствия для России / под ред. Г. С. Голицына, Ю. А. Израэля. – М., 2002. – С. 9–39.
3. Игловский С. А. Особенности геоэкологического состояния криолитозоны Онего-Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин / Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. – Архангельск, 2004. – 24 с.
4. Ануфриев Г. И. О болотах Кольского полуострова // Северная научно-промысловая экспедиция. Кольский почвенно-ботанический отряд. – Пг., Геогр. ин-т, 1922. – Вып. III. – 80 с.
5. Романенко Ф. А., Гаранкина Е. В. Формирование и строение многолетнемерзлых пород южной границы криолитозоны на Кольском полуострове // Криосфера Земли. – 2012. – Т. XVI. – № 3. – С. 72–80.
6. Городков Б. Н. (предисловие М. И. Сумгина) Вечная мерзлота в Северном крае. – Л. : Издательство АН СССР, 1932. – 109 с.
7. Цинзерлин Ю. Д. Очерк растительности болот по среднему течению р. Печоры, 1929.
8. Осадчая Г. Г., Пижанкова Е. И. Мерзлотно-ландшафтные условия Большеземельской тундры и их картографирование на основе использования дистанционных данных // Криосфера Земли. – 2023. – Т. XXVII. – № 6. – С. 12–26.

## Проверка нормальности распределения результатов испытаний при определении содержания нефти в промышленной сточной воде

Пискайкина М. М.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В работе приводятся результаты экспериментальных испытаний методики определения нефти в промышленных сточных водах с использованием хлороформа в качестве экстрагента. С целью дальнейшего анализа метрологических характеристик данного метода проведена проверка нормальности распределения – по коэффициенту асимметрии и эксцесса.

**Ключевые слова:** нефть в воде, метрологические характеристики, коэффициент асимметрии и эксцесса.

Очистка воды для заводнения нефтяных пластов от загрязнений является сложной технической задачей, решение которой начиная с этапа проектирования требует проведения комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Основным нормативным документом, регламентирующим требования к качеству подготовки воды для заводнения нефтяных пластов, является ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов». Одним из факторов, требующих особого внимания при оценке качества пластовых вод после их предварительного отстаивания в резервуарах является наличие в загрязненной воде нефти, механических примесей и ряда других примесей. Использование этих вод является важной технологической проблемой, т.к. это основной источник заводнения, который требует больших затрат средств на подготовку их к закачке в нефтяные пласты. Необходимость мониторинга загрязненности воды требует разработку методов определения содержания нефти в воде. Метод определения нефти в воде по ОСТ 39-133-81 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение содержания нефти в промышленной сточной воде» основан на извлечении (экстрагировании) нефти из воды хлороформом, который растворяет нефть, но сам практически не растворяется в воде, и последующем определении оптической плотности выделенного экстракта фотометрическим методом. Растворившаяся в хлороформе нефть окрашивает раствор, интенсивность окраски которого пропорциональна концентрации нефти [1].

Целью настоящего исследования являлось проведение первого этапа определения метрологических характеристик рассматриваемой методики на модельных растворах, полученных при введении в воду заданных количеств нефти Ярегского месторождения Республики Коми.

Определение нефти в воде проводили фотометрическим методом по ОСТ 39-133-81 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение содержания нефти в промышленной сточной воде». Измерения оптической плотности экстракта проводили с использованием спектрофотометра UNICO 2100, измерения проводили при длине волны 490 нм в кювете толщиной 10 мм. Модельные смеси получали добавлением точной навески обезвоженного образца нефти в известный объем воды.

Проведена серия испытаний по определению оптической плотности модельных смесей фотометрическим методом. Для расчёта были отобраны 100 результатов, полученные в условиях повторяемости или воспроизводимости несколькими исполнителями в разное время, результаты представлены в Таблице 1. При определении среднего арифметического исходили из предположения, что выборка исходных данных подчиняется нормальному распределению, а характеристики погрешности определены с доверительной вероятностью 0,95.

В тексте ОСТ 39-133-81 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение содержания нефти в промышленной сточной воде» отсутствуют метрологические характеристики. Нормальное распределение результатов анализа является необходимым условием полной аттестации аналитических методик [2]. Характер распределения оценивали путем вычисления параметров выборочной совокупности результатов анализа асимметрии  $A$  и эксцесс  $E$ , а также дисперсии этих величин. Наблюдаемое распределение можно считать нормальным, так как выборочная асимметрия и эксцесс удовлетворяют неравенствам:

$$|A| \leq 3 \cdot \sqrt{D(A)} \quad (1)$$

$$|E| \leq 5 \cdot \sqrt{D(E)} \quad (2)$$

Таблица 1 – Результаты испытаний модельных смесей по ОСТ 39-133-81 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение содержания нефти в промышленной сточной воде»

Класс	Результат испытания (среднее значение двух параллельных определений), $C$ , мг/дм <sup>3</sup>	Число совпадающих результатов
$3,20 < C \leq 3,30$	3,22	1
	3,23	1
	3,25	1
	3,28	2
	3,30	2
$3,30 < C \leq 3,40$	3,32	2
	3,35	2
$3,40 < C \leq 3,50$	3,42	3
	3,45	2
	3,48	3
	3,50	3
$3,50 < C \leq 3,60$	3,53	7
	3,56	5
	3,60	4
$3,60 < C \leq 3,70$	3,62	3
	3,65	6
	3,66	5
	3,68	5
	3,70	6
$3,70 < C \leq 3,80$	3,74	4
	3,75	4
	3,78	5
	3,80	4
$3,80 < C \leq 3,90$	3,82	3
	3,85	3
	3,90	3
$3,90 < C \leq 4,00$	3,96	2
	3,98	2
$4,00 < C \leq 4,10$	4,02	3
	4,05	1
$4,10 < C \leq 4,20$	4,11	2
	4,15	1

Для более наглядной оценки характера распределения построили гистограмму (рисунок 1), отражающую вероятность распределения случайных величин по отдельным классам значений, площадь прямоугольников пропорциональна числу результатов, приходящихся на этот диапазон концентраций.

Анализ гистограммы показывает, что огибающая ее кривая имеет вид, характерный для кривой нормального распределения.

На основании полученных данных установлено, что характер распределения случайных погрешностей полученных результатов по ОСТ 39-133-81 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение содержания нефти в промышленной сточной воде» близок к нормальному распределению.

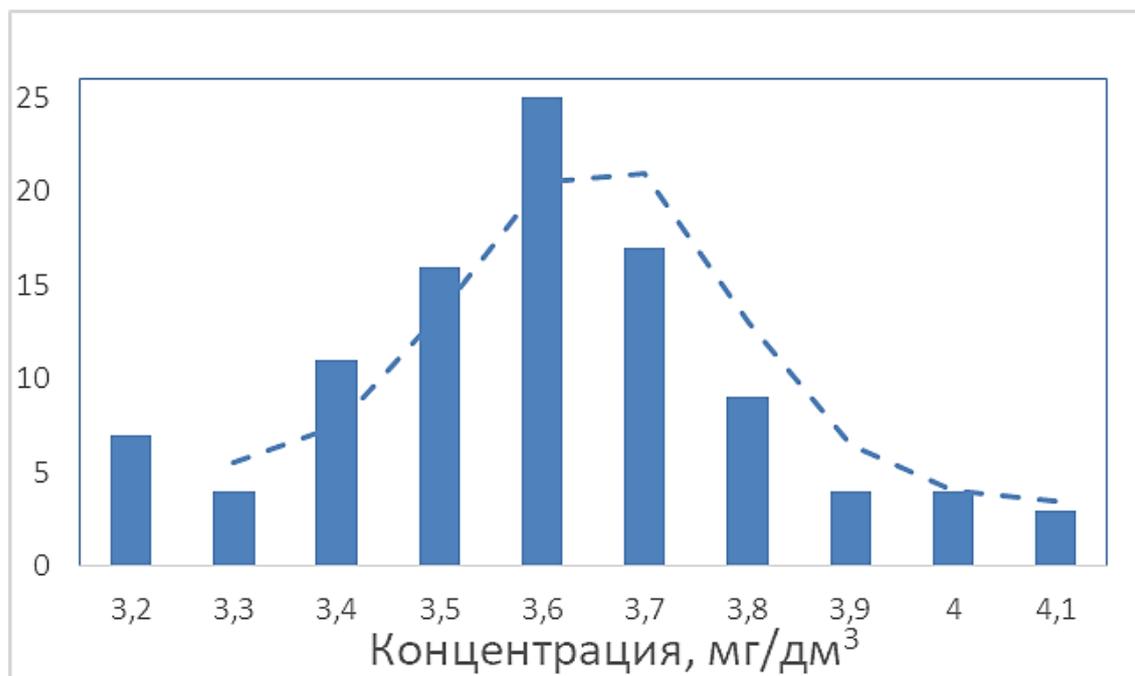


Рисунок 1 – Распределение случайных величин по отдельным классам значений

#### Библиографический список:

1. ОСТ 39-133-81 Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение содержания нефти в промышленной сточной воде. Введ. 18.12. 1981. Министерство нефтяной промышленности, 1981. 8 с.
2. РМГ 61-2010 «ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик измерений количественного химического анализа. Методы оценки».

УДК 658.382.3:622

#### Исследование влияния актуального функционального состояния рабочего персонала бригад капитального ремонта скважин на реагирование при ГНВП

Токарева С. А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация.** С целью исследования влияния актуального функционального состояния рабочего персонала нефтегазовых компаний была разработана методика, которая включает в себя тесты на определение психофизиологического состояния персонала, а также пример нештатной ситуации – Газонефтеводопроявление (далее – ГНВП). Исследование было проведено с участием бригад капитального ремонта скважин (далее – бригады КРС) дочернего общества ПАО «Газпром» – ООО «Газпром ПХГ». Анализ результатов показал наличие зависимости между эффективностью реагирования на нештатные ситуации и функциональным состоянием персонала. Также выделены наиболее оптимальные диапазоны функционального состояния рабочих, при которых бригада наиболее эффективно справляется с производственными задачами и готова к нештатным ситуациям.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, рабочий персонал, капитальный ремонт скважин, нештатная ситуация, человеческий фактор, опасный производственный объект.

**Введение.** Современные научные исследования в области снижения влияния человеческого фактора на аварийность направлены как на создание тренажерных систем, совершенствование процедур профессионального отбора, так и на оценку функционального состояния человека в рабочей среде.

Учет функционального состояния человека в системе допуска к работам, в том числе повышенной опасности, остается неразвитым.

Реагирование на нештатные и аварийные ситуации требует особой мобилизации человеческих ресурсов, а, значит, требует учета психологических аспектов в системе «человек – техническая система – производственная среда». Человеческий фактор является причиной возникновения и дальнейшей эскалации аварийной ситуации в большинстве случаев [1].

Исследование. Исследование проводилось на основе «Методики определения влияния актуального функционального состояния человека на принятие управленческих решений при нештатных ситуациях», разработанной главным специалистом ООО «Газпром ПХГ», кандидатом технических наук – Захаровым Д.Ю. в 2013 году [2] и адаптированной под процессы капитального ремонта скважин. Методика включает в себя 3 этапа: оценка актуального функционального состояния рабочего персонала, принятие решений – реагирование персонала на нештатную ситуацию (ГНВП) и анализ экспериментальных данных.

Исследование было проведено с участием бригад КРС филиалов ООО «Газпром ПХГ». В России существует 23 ПХГ, за надежное функционирование которых отвечает ООО «Газпром ПХГ», как составная производственная часть Группы Газпром. Общество является крупнейшим оператором ПХГ в мире.

В составе Общества находятся 25 филиалов, которые размещены в основных районах потребления природного газа. Среди них 4 Управлений аварийно-восстановительных работ и капитального ремонта скважин (далее – УАВР и КРС).

Тестирование проводилось с помощью комплекса из 7 валидизированных методик было проведено тестирование бригады КРС для выявления функционального состояния (состояние комфортности, физическое утомление, умственное утомление, хроническое утомление, эмоциональное состояние, ситуативная тревожность, личностная тревожность). Для выявления правильности действий и времени реагирования бригадам было выдано задание на решение теоретической задачи по реагированию на ГНВП в процессе вертикального ремонта скважины.

Также для подтверждения теоретических данных был проведен эксперимент с участием лучших бригад КРС в России, где правильность действий и время реагирования оценивалось специальной комиссией. Все данные были обработаны и проведено моделирование взаимосвязи скорости реагирования, правильности реагирования и правильности реагирования в единицу времени от психофизиологического состояния рабочего персонала.

Выводы. По итогам исследования были построены модели зависимости эффективности реагирования на нештатные ситуации и функционального состояния бригад КРС, а именно 3D-модели в координатах – правильность/время/фактор. Выделены наиболее оптимальные диапазоны функционального состояния рабочих, при которых бригада наиболее эффективно справляется с производственными задачами и готова к нештатным ситуациям. Также модели положат основу для методики, с помощью которой компания может расширить и своевременно корректировать плановые значения ключевых показателей эффективности филиалов УАВР и КРС [3].

#### **Библиографический список:**

1. Исследование рисков эскалации нештатных ситуаций на объектах газовой промышленности с учетом психофизиологических аспектов деятельности персонала. Захаров Д.Ю., Токарева С.А., Климова И.В. Научный журнал Российского газового общества. 2023. № 2 (38). С. 116–122.
2. Захаров Д.Ю. Совершенствование системы реагирования на аварийные ситуации с учетом психологических аспектов управления деятельностью персонала: автореф. Дис. ... канд.техн.наук. Уфа: УГНТУ. - 2017. - 24 с.
3. Разработка ключевых показателей эффективности деятельности управлений аварийно-восстановительных работ и капитального ремонта скважин. Гупаленко Д.Д., Токарева С.А., Захаров Д.Ю. Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2021. Т. 17. № 1. С. 74–80.

**Изучение возможности введения строительного композиционного материала в криогельную основу на основе поливинилового спирта, в целях улучшения его воздействия на механические нагрузки**

Уткин Р. О., Власов А. С.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Проведено исследование возможности введения в криогелевую основу строительного композиционного материала (штукатурки, цемента), проанализирована механическая прочность образцов по сравнению с образцом из строительного материала, дано предварительное заключение о возможности использования композиций в условиях северных районов Республики Коми.

**Annotation.** A study was carried out on the possibility of introducing a building composite material (plaster, cement) into the cryogel base, the mechanical strength of the samples was analyzed in comparison with a sample made from building material, and a preliminary conclusion was given on the possibility of using the compositions in the conditions of the northern regions of the Komi Republic.

**Ключевые слова:** криогель, штукатурка, цемент, механическая прочность.

**Keywords:** cryogel, plaster, cement, mechanical strength.

Криогели – водные растворы некоторых полимеров, полученные путем нескольких циклов замораживания/размораживания, введение в состав которых различных твердых компонентов способствуют улучшению их прочностных и изоляционных свойств, широко внедряются в разные отрасли промышленности, поэтому перспективной целью научных исследований является создания новых композиционных составов для получения и в дальнейшем их улучшения [1]. Кроме этого, появляется возможность введения в полимерные основы на основе криогеля строительных композиционных материалов для улучшения их механических и потребительских свойств.

Климат Республики Коми суровый: лето короткое и прохладное, а в северных районах холодное; зима продолжительная, морозная с большим количеством осадков. Средняя температура воздуха на юге республики составляет около  $-15^{\circ}\text{C}$ , а на северо-востоке  $-21^{\circ}\text{C}$ ,  $-22^{\circ}\text{C}$ . Максимальное понижение до  $-55^{\circ}\text{C}$  на севере и в центральной части, а на юге республики до  $-45^{\circ}\text{C}$ . В летнее время, устанавливается полярный день, почти на всей территории республики, благодаря этому земная поверхность получает значительное количество солнечной энергии, которая затрачивается на таяние снега, на испарение влаги, на прогревание почвы, в результате чего температура летом здесь невысокая. В районах, где уже на глубине 1.0-1.5 м лежит вечная мерзлота (13% от всей территории), температура на поверхности почвы в отдельные дни может достигать до  $+40^{\circ}\text{C}$ . В зимнее время глубина промерзания почвы на юге республики составляет около 60 см, а на севере - более 100 см [2]. Все это создает благоприятные условия для получения и эксплуатации криогелевых композиций и улучшения их эксплуатационных характеристик в длительном периоде.

Поливиниловый спирт является одним из наиболее популярных полимерных соединений, которые обладают широкой совместимостью с различными веществами, и хорошо подходит в качестве основы для получения криогелей. Поэтому целью нашего исследования являлось, изучить возможность введения в полимерную основу на основе поливинилового спирта строительных композиционных материалов, таких как штукатурка, цемент. Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи: получить образцы криогелей на основе данных строительных материалов; в случае положительных результатов проанализировать гидрофобность удачных образцов и изучить механическую прочность при раздавливании.

На первом этапе работы нами был взят в основу композиционный состав криогеля на основе продуктов высокотемпературной деструкции, обладающий наилучшими характеристиками по гидрофобности и механическому воздействию, состав был скорректирован с учетом частичной и полной замены твердого компонента на штукатурку и цемент. Проведена работа по получению образцов на основе новых композиционных составов, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результат: положительный/ отрицательный	Состав твердой добавки			
	50% замена		100% замена	
	штукатурка	цемент	штукатурка	цемент
	+	-	+	-

В результате исследования установлено, что образцы с необходимыми характеристиками получились при использовании составов, содержащих 50% штукатурки и 50% продукта деструкции, так же получился образец с криогелевым слоем при 100% замене на штукатурку. В отношении введения цемента в основу криогеля, образцы не сформировали криогелевый слой не при 50% замене и не при 100% замене.

Все получившиеся образцы, содержащие штукатурку, обладали не пропускали воду в длительном периоде.

На последнем этапе был проведен анализ образцов на механическую прочность по сравнению с образцом чистой штукатурки и стандартного криогеля одинакового объема. Исследования проводились на установке МС 1000, до полного раздавливания. Данные представлены в таблице 2.

Установлено, что введение строительного композиционного материала (штукатурки) в криогелевую основу, незначительно снижают устойчивость к раздавливанию, однако все образцы на основе криогелевой основе обладают упругостью и не разрушаются при раздавливании, в отличии от образца из штукатурки. В сравнении же с образцом на основе продуктов деструкции, после замены на 50% на штукатурку, устойчивость снизилась в 2 раза, что видно по данным таблицы 2.

Таблица 2

Образец				
состав	ПВС+продукт деструкции	штукатурка	ПВС+продукт деструкции+штукатурка	ПВС+штукатурка
нагрузка, кН	350	170	166	158

На основании проведенных исследований можно сделать предварительный вывод, о том, что введение в криогелевую основу строительного композиционного материала на основе штукатурки, улучшает её выходные характеристики и может использоваться в качестве дополнительного слоя при строительно-отделочных работах, особенно актуально использование при отделке помещений с повышенной влажностью, благодаря гидрофобности образцов на основе криогелевой основы.

### Библиографический список:

1. Криогели для формирования противодиффузионного слоя и укрепления откосов дорог в северных регионах / Фуфаева М.С., Алтунина Л.К., Манжай В.Н., Овсянникова В.С., Филатов Д.А. // Сборник трудов конференции Института химии нефти Сибирского отделения РАН, г. Томск. – 2016 г. – С. 128 –133.
2. Система обмена туристской информацией: официальный сайт: – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.nbcrs.org/regions/respublika-komi/klimat> (дата обращения: 11.06.2024)

**Анализ физико-механических свойств горных пород Ярегского месторождения для предотвращения свободной миграции закачиваемого пара в действующие горные выработки**

Фомин А. И.<sup>1</sup>, Грунковой Т. В.<sup>2</sup>

*1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
г. Кемерово, Россия*

*2 - Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** В работе представлен анализ свойства горных пород Ярегского месторождения, в которых строятся горные выработки нефтешахт. Центральная часть месторождения, на территории которой спроектированы и пройдены уклонные блоки, покрыта густой сетью трещин, большинство которых субмеридиального характера. Проведенное исследование показало, что все горные выработки уклонного блока пройдены в трещиноватых и изрезанных тектоническими нарушениями породах. Обзор источников тепловыделений, формирующий нагревающий микроклимат, позволил определить, что основной вклад вносят прорывы пара, по причинам трещиноватости горного массива.

**Ключевые слова:** нефтешахта, термошахтная добыча нефти, горные породы, миграция пара.

Вмещающие породы Ярегского месторождения делятся на 2–3 пачки песчаников, средней крепости ( $f = 3$ ) иногда разделенных между собой прослоями аргиллитов или алевролитов. Мощности таких пачек колеблются от 1,5 до 6 м. Верхняя пачка, состоящая из мягко- и тонкозернистого песчаника, слоистая, содержит 2–3 прослоя алевролита мощностью до 10 см. Средняя пачка состоит из мелкозернистого и среднезернистого песчаников, слоистая, часто содержит углистый материал и, как правило, имеет от одного до 6 прослоев алевролита и аргиллита, мощностью 2–10 см. Нижняя пачка, составленная песчаником от мелкозернистого до крупнозернистого, слоистая и всегда содержит гравий и плохо окатанную гальку кварца. Все пачки песчаников нефтеносны.

Существующие горные выработки нефтяных шахт НШПП «Яреганефть» выполнены в следующих основных породах: полевые выработки выполняются в туффитах и аргиллитах, уклонные блоки в нефтенасыщенных песчаниках.

Для проведения анализа физико-механических свойств горных пород Ярегского месторождения были отобраны образцы горных пород: туффита, аргиллита, нефтенасыщенного песчаника и диабаз.

Краткое описание полученных образцов горных пород Ярегского месторождения приведено в таблице 1.

Анализ физико-механических свойств горных пород Ярегского месторождения показал, что влажность пород изменяется в широком диапазоне от 0,22 до 9,45 %, повышенное содержание влаги наблюдается в породах с высоким коэффициентом пористости (туффит, аргиллит). Наименьшими скоростями упругих волн обладают сильнонарушенные, слабосцементированные породы, а также породы с высоким коэффициентом затухания (аргиллит, туффит).

Анализируя деформационные показатели, можно сказать, что туффит, аргиллит и песчаник обладают низкими значениями деформационных показателей, также для данных литотипов характерен высокий разброс значений этих показателей, отношение модуля деформации к модулю упругости для них составляет в среднем 0,25–0,50, что говорит об их ярко выраженных пластических свойствах.

Наибольшим значением коэффициента проницаемости обладает образец песчаника, и тем самым относится к категории проницаемых пород.

По результатам испытаний теплофизических свойств горных пород установлено, что средние значения удельной теплоемкости изменяются от 452,51 Дж/(кг·К) у песчаника и до 552,45 Дж/(кг·К) у туффита. Средние значения коэффициента теплопроводности пород изменяются в диапазоне 1,93÷3,95 Вт/(м·К). Наименьшее значение установлено у образцов аргиллита, наибольшее – у образцов нефтенасыщенного песчаника.

Таблица 1 - Краткое описание горных пород

Название породы	Происхождение и тип породы	Описание породы
Аргиллит	Осадочная обломочная	Твёрдая глинистая порода светло-серого цвета, на сколе цвет желто-серый; структура – мелкозернистая осадочная. Текстура массивная, твердость спорная (при физическом воздействии крошится)
Диабаз	Магматическая гипабиссальная интрузивная	Твёрдая порода преимущественно серого цвета с включениями светло-серого, серо-желтого и красного цветов. Структура офитовая, текстура массивная
Нефтенасыщенный песчаник	Осадочная обломочная	Черно-коричневый слоистый агрегат обломочных зёрен и песчинок; структура – обломочная.
Туффит	Вулканоогенноосадочная	Твёрдая порода темно-серого окраса, со светло-серыми прожилками; структура – обломочная

Таким образом, свойства горных пород, в которых пройдены горные выработки, имеют широкий диапазон значений характеристик и требуют детального изучения на этапе строительства каждого уклонного блока в соответствии с СП 91.13330.2012 «Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80» [1].

#### **Библиографический список:**

1. СП 91.13330.2012 Свод правил. Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80" (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 283).
2. Грунковой Т.В., Белкин И.А. Анализ источников тепловыделений в рудничную атмосферу горных выработок нефтешахт // Сборник Севергеоэкотех-2024. Материалы XXV Международной молодёжной научной конференции. В 2-х частях. Ухта, 2024. С. 287-289.
3. Грунковой Т.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в условиях термошахтной добычи нефти // Сборник «Рассохинские чтения». Материалы международной конференции. Ухта, 2024. С. 437-440.
4. Фомин А.И., Грунковой Т.В. Изучение причин формирования нагревающего микроклимата в уклонных блоках Ярегских нефтешахт // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2023. № 3. С. 34-41.

УДК 622.26

#### **Исследование составов для изоляции горных выработок нефтешахт от прорывов пара в полевые штреки**

Фомин А. И.<sup>1</sup>, Грунковой Т. В.<sup>2</sup>

*1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева),  
г. Кемерово, Россия*

*2 - Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Для изоляции трещин и мест проявления теплоносителя, предлагается проведение исследования составов для изоляции горных выработок нефтешахт в месте паропроявлений. В работе были проведены исследования физико-химических характеристик вариантов композиций составов, времени реакции, работоспособности в условиях термошахтной добычи высоковязкой нефти при заданной температуре и влажности.

**Ключевые слова:** Ярегское нефтетитановое месторождение, термошахтная добыча, нагревающий микроклимат, критерии эффективности изоляционных составов, прорывы теплоносителя в полевые штошки.

При выборе компонентов для изоляции горных выработок нефтешахт от прорывов пара в полевые штошки, способных работать в интервале температур от +10 до +200 °С, в условиях заданной влажности исследовали гелеобразующие наноструктурированные композиции с двумя гелеобразующими компонентами – полимерным и неорганическим. В качестве полимерного гелеобразующего компонента использовали водорастворимые полимеры – простой эфир целлюлозы – метилцеллюлозу (МЦ) или поливинилового спирта (ПВС). В качестве неорганического гелеобразующего компонента систем «соль алюминия – уротропин – вода» или «соль алюминия – уротропин – полиол – вода» использовали полиоксихлориды алюминия АА-30, РАС, Бриллиант-50. Кроме того, для сравнения проводили исследования полимерных и неорганических гелеобразующих композиций с одним гелеобразующим компонентом – полимерным и неорганическим.

Для изоляции горных выработок нефтешахт от паропроявлений в области температур 70–200 °С использовали гелеобразующие наноструктурированные композиции с двумя гелеобразующими компонентами – полимерным и неорганическим – на основе метилцеллюлозы марки МС 2000 S, солей алюминия или полиоксихлоридов (гидроксохлоридов) алюминия – АкваАурата 30 (АА-30), Бриллианта-50 (Бр-50) и полиолов – пентаэритрита и глицерина. Для исследований использовали: метилцеллюлозу марки МС 2000 S с концентрациями 0–1,5 %, соли алюминия –  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  – до 7,2 %, полиоксихлорид алюминия Аква-Аурат 30 (АА-30) – до 7,5 %, Бриллиант-50 (Бр-50) – до 4,5 %, уротропин 2–6 % и полиолы – пентаэритрит, глицерин, сорбит и маннит – от 0 до 30 %.

Провели исследования зависимости вязкости растворов метилцеллюлозы от температуры в процессе нагревания от 20 до 95 °С и влияния на нее различных реагентов – борной кислоты, различных солей алюминия, полиолов и уротропина. Исследования проводили методом ротационной вискозиметрии с использованием вискозиметра при скорости сдвига  $1 \text{ с}^{-1}$ , со скоростью нагрева 1,25 градуса в минуту.

Для исследований приготовили 1,5 %-ные растворы метилцеллюлозы с добавлением реагентов неорганической гелеобразующей композиции – 6,0–7,5 % полиоксихлорида алюминия АА-30; 3,6–4,5 % полиоксихлорида алюминия Бр-50; до 4 %  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  (в пересчете на безводный), от 2,0 до 6 % уротропина.

Зависимость вязкости растворов от температуры имеет экстремальный характер – при нагревании вязкость растворов сначала снижается, а затем происходит увеличение вязкости, связанное с образованием геля в растворе. Температура, при которой вязкость принимает минимальное значение, соответствует нижней критической температуре растворения (НКТР). Обычно НКТР отождествляют с температурой гелеобразования.

Полученные при температуре гели обладают некоторой пространственной структурой, способной сопротивляться сдвигающему напряжению, пока его величина не превысит значение критического (предельного) напряжения сдвига. Затем происходит разрушение структуры геля. Для гелей, полученных из гелеобразующих композиций на основе неорганической системы, предельное напряжение сдвига составляет от 97,7 до 525,2 Па.

Предельное напряжение сдвига гелей, полученных из растворов гелеобразующих наноструктурированных композиций с двумя гелеобразующими агентами, составляет в зависимости от концентраций МЦ и глицерина от 817,7 до выше 2262 Па. Предельное напряжение сдвига увеличивается в 1,8–10,2 раза, прочность гелей для наноструктурированных композиций с двумя гелеобразующими компонентами – полимерным и неорганическим. Кроме того, на рисунке 1 приведены результаты сравнения реологических свойств гелей, полученных при 90 °С из растворов, включающих только неорганические гелеобразующие компоненты на основе солей алюминия полиоксихлоридов алюминия АА-30 и Бр-50, и с добавлением полимерного компонента – 1 % или 1,5 % метилцеллюлозы и глицерина.

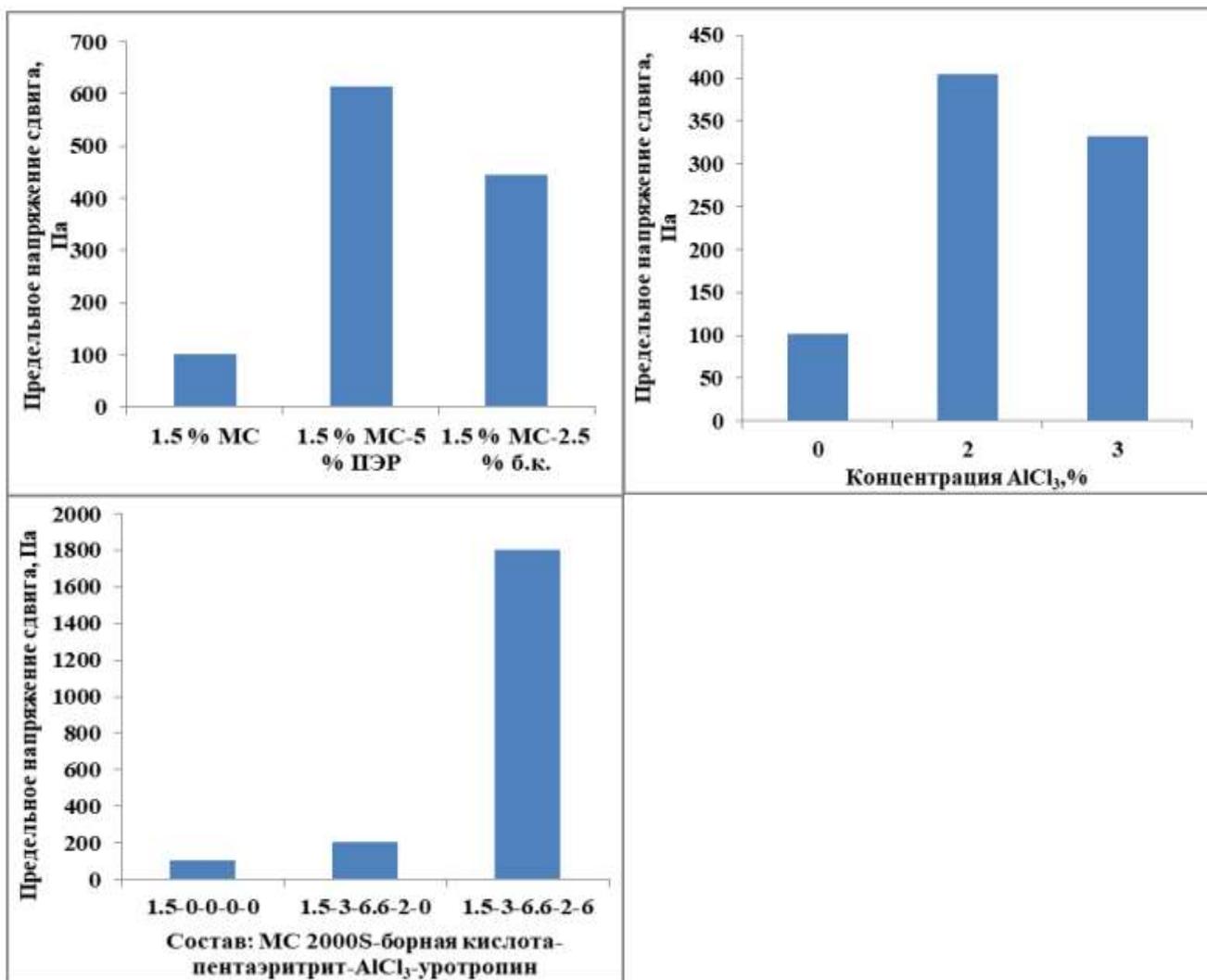


Рисунок 3.10 - Пределное напряжение сдвига гелей, полученных из растворов при температуре 90 °С

В работе были проведены динамические испытания различных растворов в режиме осцилляции. Осцилляционный режим измерения используют для получения подробной информации о поведении материалов, а именно для полного анализа структуры и вязкоупругих свойств образца. В осцилляционном режиме измерительная система совершает колебательные движения с заданной частотой и амплитудой. При измерении вязкости гелей, особенно имеющих большую упругую составляющую, методом ротационной вискозиметрии часто наблюдается разрыв сплошности геля в зазоре между ротором и цилиндром, в результате фиксируются низкие значения вязкости, не соответствующие действительной вязкости геля. В этом случае для сохранения внутренней структуры геля без механического разрушения образца следует проводить динамические испытания кинетики гелеобразования в растворах композиций в режиме осцилляций. Измерения в осцилляционном режиме дают информацию о реологических характеристиках образца, благодаря возможности выделения упругой и вязкой составляющих.

#### Библиографический список:

1. Уткин Р.О., Власов А.С., Грунковой Т.В. Изучение взаимодействия композиционного состава криогеля с грунтом // сборнике «Севергеоэкотех-2023». Материалы XXIV Международной молодежной научной конференции. 2023. С. 476-478.
2. Грунковой Т.В. Поиск технических решений для повышения устойчивости уступов при карьерной разработке Средне-Тиманского бокситового рудника // Сборник «Современные проблемы развития Европейского Севера». Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Ухта, 2022. С. 48-50.

3. Груцкий, Л.Г. Обоснование способов повышения устойчивости выработок нефтешахт / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – СПбГИ им. Г.В. Плеханова./ Санкт-Петербург, С. 131, 2000 г.

4. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 3 ноября 2015 г. № 1694-ст : дата введения 2016-04-01 / разработан ОАО «ПНИИИС». – Москва : Стандартинформ, 2016 г.

УДК 658.382.3:622

## **Аналитический обзор условий труда и случаев профессиональной заболеваемости на предприятиях нефтегазоперерабатывающей промышленности**

Тихомирова К. С.

*Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Согласно данным СФР за период с 2018 по 2022 гг. наблюдается плавное снижение численности работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, несмотря на это, условия труда на многих предприятиях остаются неудовлетворительными. В работе представлен ретроспективный анализ условий труда и случаев профессиональной заболеваемости в разрезе федеральных округов РФ с учетом расположения предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Ключевые слова:** вредные и (или) опасные производственные факторы; условий труда; профессиональные заболевания; нефтегазоперерабатывающая промышленность.

Согласно Докладов «Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2022 году», «О состоянии условий и охраны труда» субъектов РФ был проведен ретроспективный анализ условий труда и случаев профессиональной заболеваемости в разрезе федеральных округов и субъектов РФ с учетом расположения предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Динамика распределения рабочих мест по классам условий труда по федеральным округам РФ за 2018-2022 годы представлена на рисунке 1 [1, 2].

Анализ распределения показал, что лидирующую позицию по рабочим местам, условия труда на которых являются вредными/опасными, занимает Центральный ФО, далее следуют Приволжский, Сибирский и Северо-Западный ФО. Следует отметить, что существенный вклад по количеству рабочих мест, отнесенных к опасным условиям труда, вносит Дальневосточный ФО.

При этом наблюдается следующая тенденция распределения работников, занятых на рабочих местах по классам условий труда, по видам экономической деятельности, представленная на рисунке 2. Значительный удельный вес работников, занятых на работах с вредными условиями труда, отмечен в областях обрабатывающих производств, здравоохранения, а также транспортировки и хранения. Что касается работников, занятых на работах с опасными условиями труда, ведущую позицию занимают области сельского и лесного хозяйства, а также деятельность в области здравоохранения и обрабатывающие производства.

Доля числа работников, занятых в обрабатывающих производствах и находящихся под воздействием вредных/опасных производственных факторов, на конец 2022 года, распределилась следующим образом (рисунок 3) [2]:

- повышенный уровень шума, ультразвука, инфразвука – 26,3 %;
- тяжесть трудового процесса – 22,1 %;
- химический фактор – 11,9 %;
- аэрозоли преимущественно фиброгенного действия – 6,2 %;
- неблагоприятный микроклимат – 5,2 %;
- повышенный уровень вибрации – 3,4 %;
- напряженность трудового процесса – 2,2 %;
- несоответствующий уровень световой среды – 2,0 %;

- неионизирующее излучение – 1,7 %;
- неионизирующее излучение – 0,6 %;
- биологический фактор – 0,2 %.

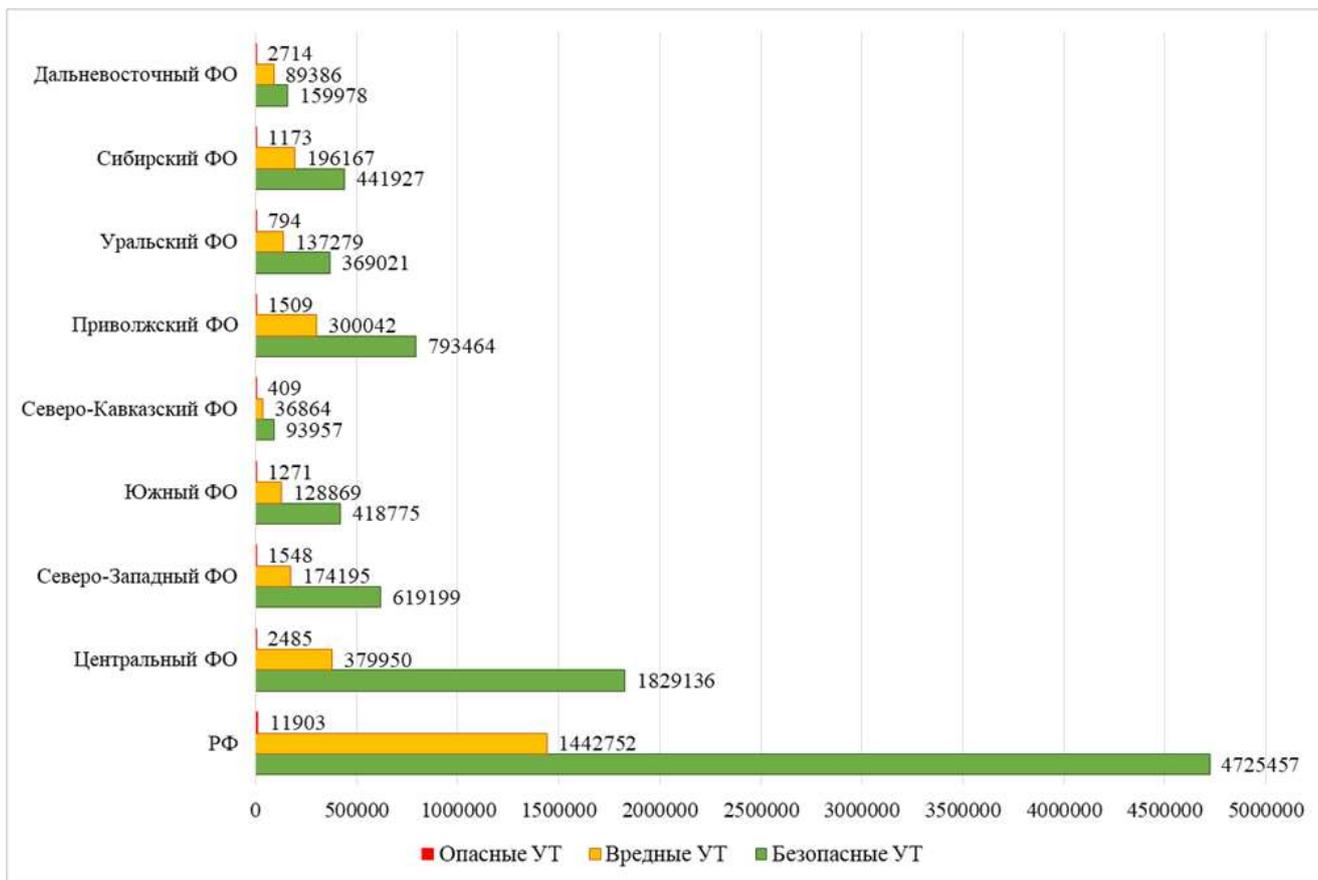


Рисунок 1 – Распределение рабочих мест по классам условий труда по федеральным округам РФ, 2018-2022 гг.

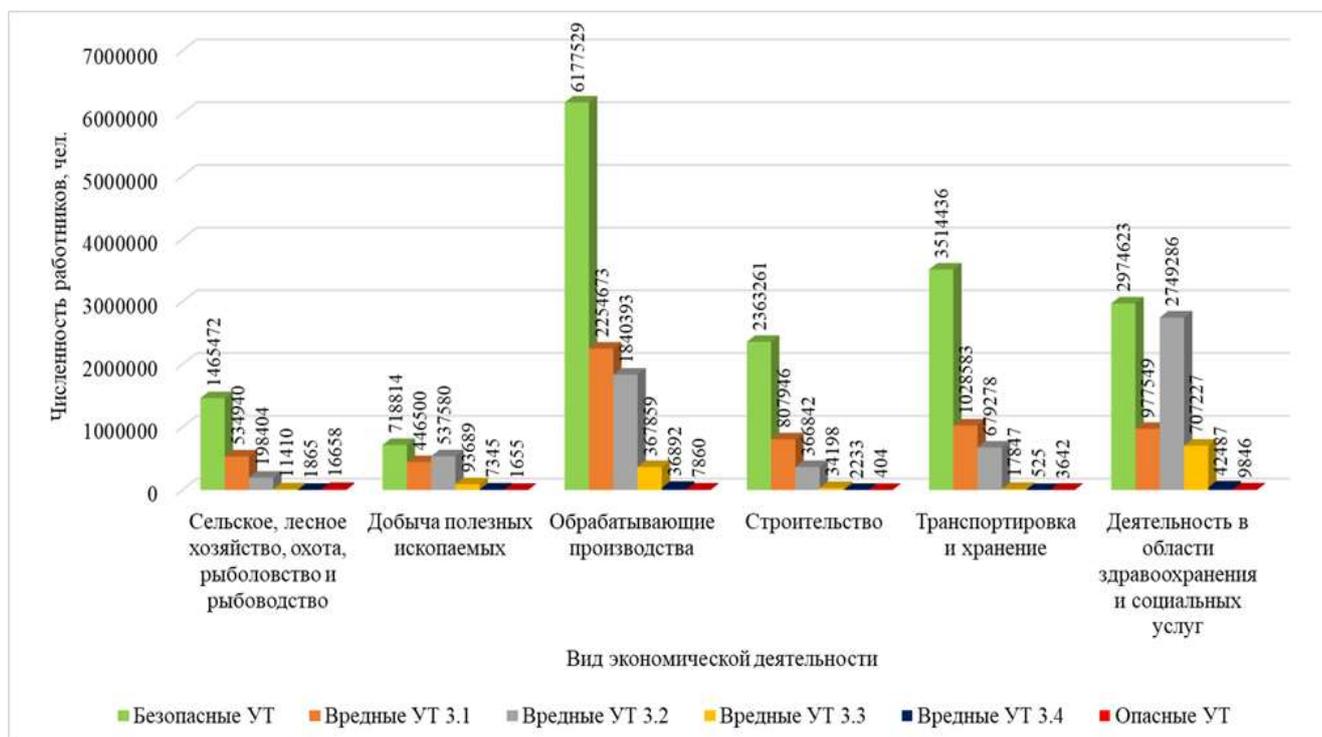


Рисунок 2 – Распределение численности занятых работников по видам экономической деятельности в РФ.



Рисунок 3 – Число работников, занятых в обрабатывающих производствах под воздействием вредных/опасных производственных факторов.

Наибольший удельный вес числа случаев профессиональных заболеваний в 2022 году отмечен в Сибирском, Приволжском, Дальневосточном и Северо-Западном ФО (рисунок 4).

Что касается распределения удельного веса числа случаев профессиональных заболеваний по видам экономической деятельности (рисунок 5), то здесь первенствующую позицию занимает добыча полезных ископаемых (37,6 % в 2022 году). Второе место приходится на обрабатывающие производства (30,4 % в 2022 году), далее по убыванию деятельность в области здравоохранения и социальных услуг (15,4 % в 2022 году), транспортировка и хранение (2,8 % в 2022 году), сельское и лесное хозяйство (1,7 % в 2022 году).

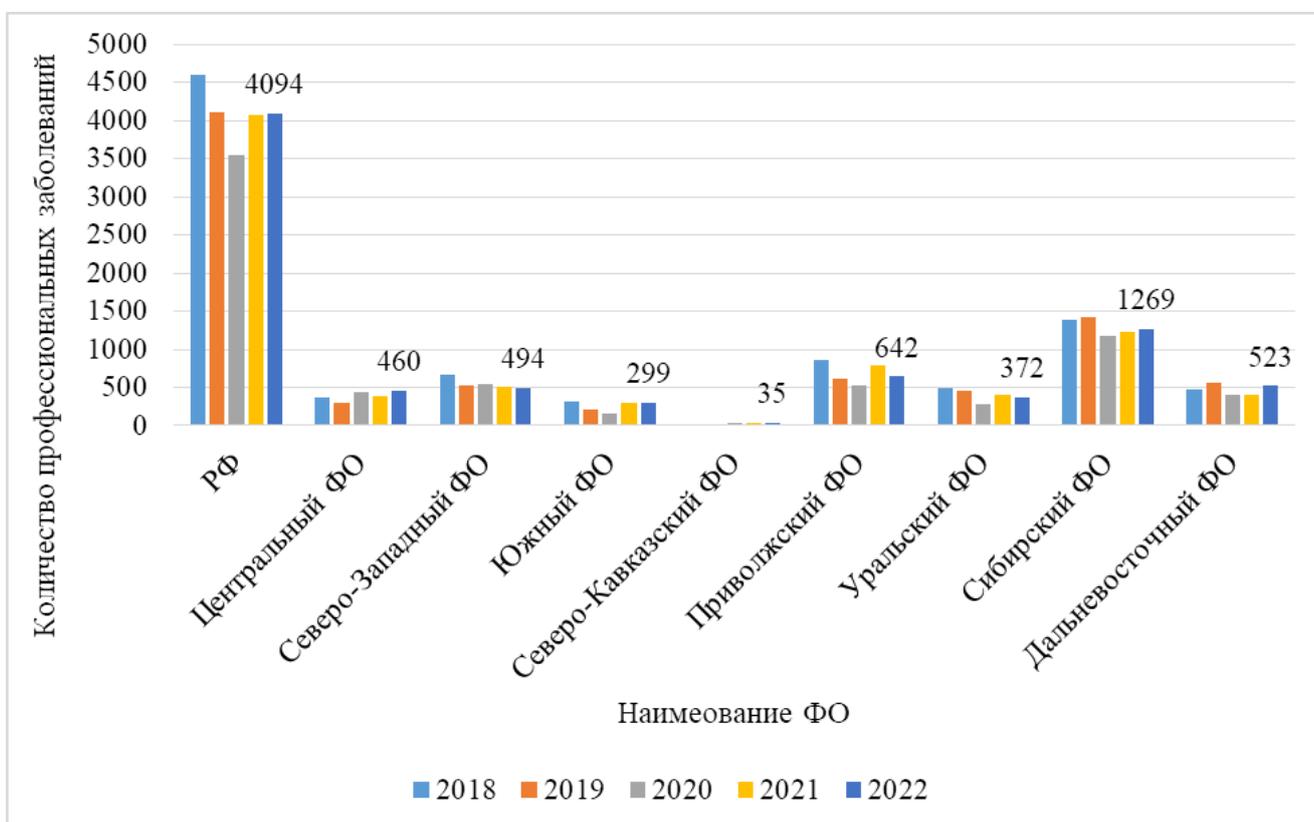


Рисунок 4 – Динамика числа случаев профессиональных заболеваний в 2018 – 2022 годах в разрезе ФО РФ.

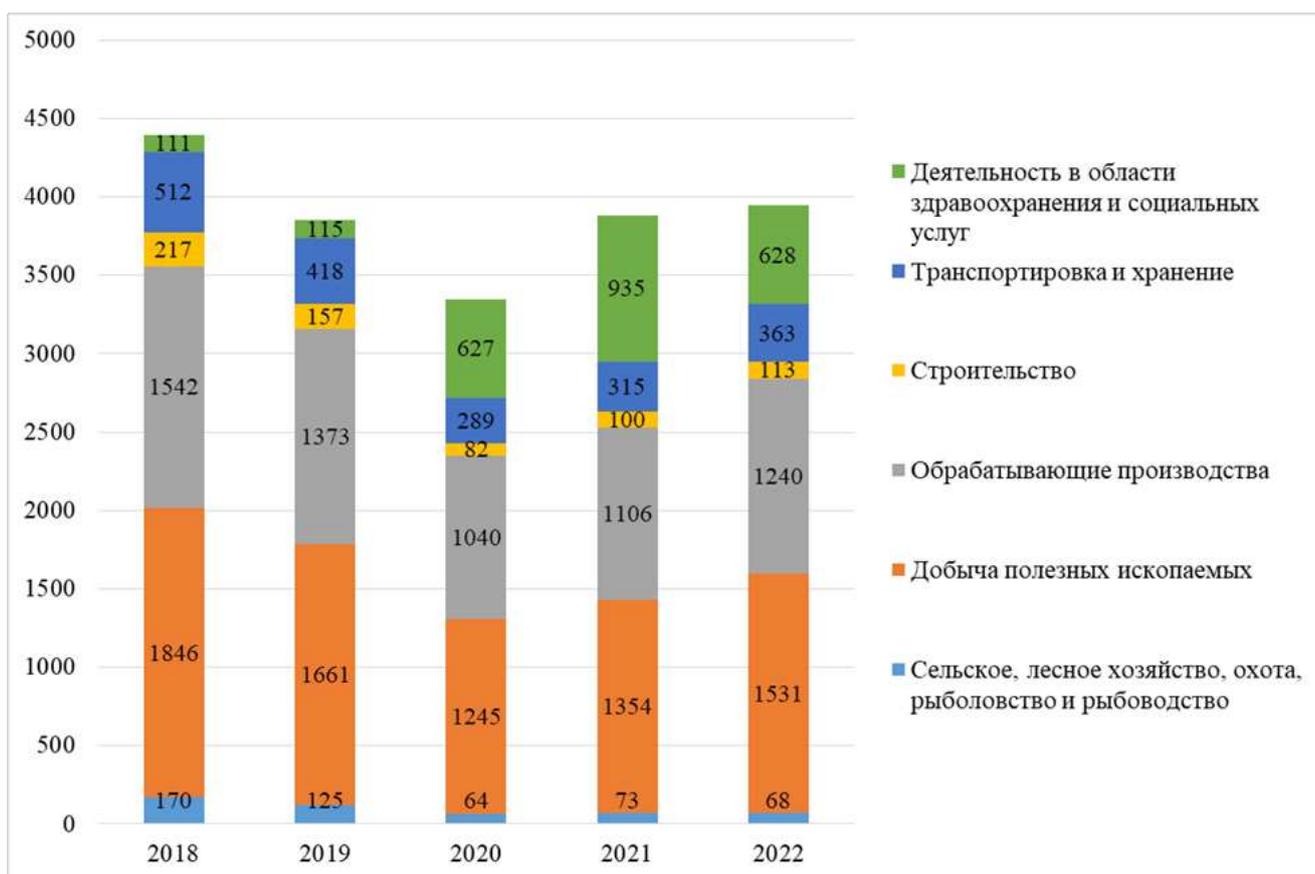


Рисунок 5 – Динамика числа случаев профессиональных заболеваний в 2018 – 2022 годах по видам экономической деятельности

#### Библиографический список:

1. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2022 году [Текст] : гос. доклад за 2022 г. / Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации – Москва : Минтруд России, 2023. – 108 с.
2. Приложения к Докладу о результатах мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2022 году [Текст] : гос. доклад за 2022 г. / Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации – Москва : Минтруд России, 2023. – 162 с.



## СЕКЦИЯ 4. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 625

### **Использование остановочных комплексов закрытого типа в климатических условиях Пермского Края /**

#### **Use of closed type stoping complexes in the climatic conditions of the Perm Region**

Александрова А. В., Бубнова Е. Д., Паздерина П. А., Сергеев А. С.

Aleksandrova A. V., Bubnova E. D., Pazderina P. A., Sergeev A. S.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет. г. Пермь, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается возможность установки остановочных комплексов закрытого типа в условиях климата Пермского края.

**Ключевые слова:** остановки, климат, общественное благо, температура, влажность, защита, водоотвод.

**Annotation.** This article discusses the possibility of installing closed-type stopping complexes in the climate of the Perm region.

**Keywords:** stops, climate, public good, temperature, humidity, protection, drainage.

Автобусные остановки являются важной частью городской инфраструктуры Пермского края. Они обеспечивают безопасность пассажиров вблизи проезжей части и в какой-то степени дополняют внешний вид улиц. К тому же, современные автобусные павильоны можно использовать для размещения информации о маршрутах транспорта, пересадок, всевозможных государственных и социальных объявлений, а также можно зарядить электронную технику с помощью 4 USB-разъемов и воспользоваться сетью Интернет через WI-FI соединение, что позволит с большим интересом провести время ожидания транспорта. Остановочный комплекс закрытого типа — настоящая находка для современных городов Пермского края, особенно в зимнее время года (рисунок 1).

Для начала необходимо разобраться, что же означает остановка закрытого типа. Разберем остановки по назначению. Есть два основных типа остановок:

1. Постоянные остановки – транспорт прибывает на остановки по расписанию.

2. Остановка по требованию – транспорт остановится, если пассажир потребует остановку.

Для этого он может нажать на соответствующую кнопку в салоне или просто сказать о своём желании водителю. Человеку, ожидающему автобус на остановке, следует поднять руку.

Данные остановки разделяются на 3 типа остановок:

– Остановки открытого типа - без заграждающих стен.

– Остановки полужакрытого типа - имеющие стены, но не являющиеся закрытым помещением.

– Закрытые остановки – соответственно, полностью закрытое сооружение.

В основном закрытые остановки устанавливаются в условиях сильного ветра, мороза и жаркого климата в северных и южных районах страны.

Автобусные остановочные пункты закрытого типа имеют особую значимость в различных климатических условиях, так как они обеспечивают защиту пассажиров от неблагоприятных погодных условий. Вот некоторые примеры того, как они могут быть адаптированы к разным климатическим условиям:

1. Холодный климат: В регионах с холодным климатом остановочные пункты закрытого типа должны быть оборудованы системами электрического отопления, чтобы пассажиры не мерзли во время ожидания автобуса. Также крыши остановок должны быть крепкими и способными снимать снег, чтобы избежать его накопления и риска обрушения.

2. Жаркий климат: В регионах с жарким климатом остановочные пункты должны быть оснащены системами кондиционирования, чтобы пассажиры могли укрыться от палящего солнца и сохранить комфортную температуру. Также важно предусмотреть достаточное количество вентиляционных отверстий, чтобы обеспечить циркуляцию воздуха.

3. Влажный климат: В регионах с высокой влажностью остановочные пункты закрытого типа должны быть выполнены из материалов, устойчивых к коррозии и плесени. Кроме того, необходимо обеспечить хорошую водоотводную систему, чтобы предотвратить скопление воды возле остановок.

4. Пустынный климат: В пустынных районах, где температура может достигать высоких значений, остановочные пункты закрытого типа должны предоставлять надежную защиту от песчаных бурь и сильного ветра, а также иметь системы орошения или постоянный доступ к воде для обеспечения охлаждения.

5. Прибрежные зоны: В районах, прилегающих к морю, остановочные пункты закрытого типа должны быть выполнены из материалов, устойчивых к соленой воде и коррозии. Кроме того, они должны быть устойчивыми к силовым воздействиям, таким как сильные ветры и приливы.

Остановочный комплекс закрытого типа хорошо себя зарекомендовали в Финляндии, Канаде, США, Сингапуре и других странах. Опыт ввода в эксплуатацию подобных остановок в России появился относительно недавно — в 2015-2016 годах в Норильске, Сургуте, Москве, Уфе, Омске, Екатеринбурге и многих других городах страны.

Остановочный комплекс закрытого типа (рисунок 1) представляет собой некапитальную сборную металлоконструкцию. Стальной несущий каркас снаружи обшит сэндвич-панелями толщиной 150-200 мм, изнутри — декоративными панелями из композитного материала. Кровля также выполнена из сэндвич-панелей, что позволит существенно сократить теплопотерю.

Комплекс состоит из трех модулей:

- открытого, предназначенного для ожидания транспорта пассажирами в теплое время года;
- закрытого, в котором два помещения: одно для обогрева пассажиров в холодный период года и второе — торговый павильон.



Рисунок 1 - Остановочный комплекс закрытого типа

Данные остановки нуждаются в электричестве. Остановки, находящиеся в городах, подключаются через кабельные линии. Остановки, находящиеся вдоль межгородских дорог, оснащаются солнечными батареями, если погодные условия не позволяют установить данный вид энергоснабжения, остановки подключаются к линиям электропередач. Для того что бы эффективно использовать электроэнергию в закрытых остановках устанавливают датчики температуры и влажности. При отключении электроэнергии в городе умная остановка сможет удерживать тепло и обогревать пассажиров на протяжении не менее 2 часов.

Учитывая все эти факторы, остановочные пункты закрытого типа могут быть адаптированы к различным климатическим условиям, чтобы обеспечить комфортные и безопасные условия для пассажиров Пермского края вне зависимости от погоды.

#### **Библиографический список:**

1. Макаренко Е.В. Технологии «Умного города» как фактор и возможность развития человеческого потенциала – Москва: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2022 – с. 320-328.
2. McKinsey & Company Технологии умных городов: что влияет на выбор горожан? - McKinsey Center for Government, 2018 – с. 1 – 64.
3. Рынас К.Е., Сергеев А.С. Необходимость устройства «умных дорог» в современном мире – Пермь: Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий, 2021 – с. 258-264.
4. Мымрин С.П., Сергеев А.С. Экопарковки с возможностью беспроводной зарядки электромобилей как неотъемлемая часть городского пространства городов будущего smart city – Пермь: Химия. Экология. Урбанистика, 2021 – с 39-43.

УДК 624.92.01/07

#### **Применение систем внутреннего подогрева на промышленных площадках, предотвращающих обмерзание**

Иванов Г. С.

Научный руководитель - Киборт И. Д.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

**Аннотация.** Эта статья имеет особую важность для нашей страны, где зима длится не менее полугодом. В ней проведен анализ существующих технологий внутреннего подогрева, как на территории России, так и за рубежом.

Проблемы, выявленные в существующих системах подогрева, подверглись анализу, и были поставлены цели для дальнейших исследований. Кроме того, создана опытная модель для комплексного тестирования и оптимизации различных параметров системы подогрева.

**Ключевые слова:** Система снеготаяния, теплоноситель, промышленная площадка.

Агрессивное воздействие льда на промышленные и гражданские объекты представляет собой значительную проблему на глобальном уровне. Физические свойства льда способствуют разрушению оборудования и строительных конструкций, ухудшению их характеристик и качества, что в конечном итоге сказывается на долговечности и безопасности.

Непредсказуемость погодных условий приводит к значительным затратам на уборку снега после снегопадов. Эти затраты включают как финансовые расходы, так и трудозатраты, и их сложно предсказать, поскольку количество выпадающего снега варьируется. Часто уборка снега производится вручную. В случаях, когда работы запланированы и выполняются регулярно, применяются технические средства, однако остаются периоды, когда участки дорог, площадок и тротуаров становятся небезопасными для передвижения. Процесс очистки территории от снега занимает значительное время и осуществляется по маршрутам, определенным для движения техники. Задержки в уборке снега возникают на второй половине маршрута, когда техника достигает своих точек ближе к вечеру, а ночью или утром снова выпадает снег, и проблема остается нерешенной. Чтобы избежать остановки в уборке снега, внедряют системы снеготаяния.

Системы снеготаяния бывают на основе змеевика с циркулирующим теплоносителем, либо электрическими. В электрических системах источником тепла является электрический нагревательный кабель, который при асфальтировании (бетонировании) укладывается в тело дорожного полотна. На концах дорожного покрытия остаются кабельные выпуски для последующего присоединения к системе управления и контроля. Технология устройства системы с жидким теплоносителем аналогична электрической с учётом замены кабеля на гибкие водопроводящие трубки. Источником тепла в данном случае будет являться не электрическая энергия, а постоянно

циркулирующий теплоноситель (антифриз). Несомненным преимуществом системы гидравлической над электрической является более низкая стоимость эксплуатационных затрат. В работе [1] в результате расчетов технико-экономических показателей в сравнении вариантов использования системы снеготаяния, где вариант первый - система снеготаяния с теплоносителем-антифризом, является экономически эффективнее варианта номер два - электрической системы снеготаяния. По результатам расчета первый вариант почти на 30% эффективнее.

Опыты, которые были проведены в странах Финляндии, Швеции, Германии, Канады и США доказывают, что обогревать дорожное полотно или пешеходные дорожки (тротуары) любым из двух способов менее затратно и более практично, чем очистка традиционными методами – с помощью ручного труда, снегоуборочной техники и химических реагентов. [2] Система снеготаяния даёт возможность обеспечивать безопасность: работникам, непосредственно выполняющим свой функционал на промышленных (специализированных) площадках, жителям городов, наземному и воздушному транспорту в холодное время года. Вышеуказанная система помогает избавиться от гололеда и грязи, создать безопасные условия труда, увеличить сцепление поверхности подошвы обуви с дорожным покрытием, сократить затраты на эксплуатацию специализированной техники, снизить расходные материалы и рабочую силу для уборки территории от снега, дольше сохранять как целостность дорожного покрытия, за счет минимизации химического и механического воздействий на его поверхность, так и отсутствие замерзшей воды в швах и трещинах.

Помимо прочих преимуществ, система подогрева дорожного полотна обладает дополнительным плюсом. Несмотря на значительные затраты на этапе строительства, такие дороги характеризуются более долгим сроком эксплуатации. Циркуляция теплоносителя в объеме дорожного покрытия при наличии снежного покрова исключает потребность в механическом воздействии на поверхность, которая приводит к появлению выбоин, раковин и вымыванию строительного материала. Так же регулярный прогрев дорожного покрытия уменьшает воздействие низких температур, которое при периодическом (циклическом) промерзании и оттаивании в течение холодного периода приводит к образованию дефектов на обычном дорожном покрытии. В таком случае следует учитывать, что положительная температура поверхности дорожного покрытия будет заставлять застилающий её снег таять и вода постоянно, будет воздействовать на капиллярно-пористую структуру, поэтому необходимо предусмотреть увеличение гидрофобности материала, из которого изготовлено дорожное покрытие. Ко всему прочему использование солей или противогололедных реагентов со временем приводит к разъеданию поверхности дорожного покрытия (промышленных площадок, тротуаров и т.п.) и загрязняют грунтовые воды.

Применение системы снеготаяния поможет предотвратить появление трещин, что является частой причиной ремонта или полной замены дорожной одежды. Для получения максимальной эффективности от системы снеготаяния следует предусмотреть улучшение состава смеси, из которой изготовлено дорожное полотно, за счет применения добавок. В данной статье примером таких добавок будет служить нефтешлам. Применение нефтешлама в составе бетонной смеси для изготовления цементобетонного монолитного дорожного полотна может решить проблему предрасположенности к трещинообразованию и низкой морозостойкости. (Рисунок 1) Исходя из физико-химических свойств нефтешлама, можно предположить, что при добавлении его в бетонную смесь можно увеличить прочность на сжатие, гидрофобность, стойкость к трещинообразованию.

Нефтешлам является следствием образования шламовых амбаров после бурения, нефтяных разливов, произошедшие в результате аварийных ситуаций. Нефтепромышленные (НПО) отходы оказывают огромную экологическую нагрузку на окружающую среду, но в то же время являются ценным сырьем, выведенным из коммерческого оборота предприятий.

В нефтегазовой отрасли применяются физические, химические, химико-физические, биологические и термические методы. Термический метод нейтрализации нефтешлама считается наиболее эффективным. Исследования, выполненные в Гипроморнефтегазе, показали, что при концентрации обычного необоженного шлама в морской воде выше 0,5 г/л делает среду обитания для организмов опасной. Прокаливание шлама при температуре 300°C снижает в 10 раз токсичность шлама, а при 500 °C обезвреживает полностью. [3]



Рисунок 1 – Эксперимент по влиянию прогрева бетона на трещинообразование

Анализируя литературные источники по тематике использования нефтешламовых отходов, экспериментальных данных, в частности проводимые ООО «ЛУКОЙЛ-Запад», приходим к выводу, что универсального состава с использованием продуктов переработки нефтешламов нет, так как отходы переработки нефтешламов по физико-химическому составу различны и обусловлено это, прежде всего, строением земной коры и температурой, при которой происходит переработка.

Автор [4] рассматривает влияние модуля крупности продуктов переработки нефтешламов на прочностные характеристики.

На основе проведенного анализа в работе [5] выявлено улучшение дорожно-строительных качеств сырой нефтью (прочности нефтегрунта и вязкости нефти) необходимо добавлять активные вещества в виде цемента или извести.

Например, автор монографии [6] полагает, что велико различие группового и фракционного состава битумов и нефтешламов, это не позволяет использовать нефтешлам в замен битума.

По результатам ряда исследований в нефтешламах соотношение нефтепродуктов, воды и механических примесей (частицы песка, глины, ржавчины) колеблется в очень широких пределах: углеводороды составляют 5–90 %, вода 1–52 %, твёрдые примеси 0,8–65 %. Плотность нефтешламов колеблется в пределах 830–1700 кг/м<sup>3</sup>. [7]

По результатам проверки прочности на сжатие и на изгиб определен наилучший отход нефтешлама, который можно использовать в качестве добавки. Так как бетон неэффективно работает на изгиб, его дополнительно армируют. Экспериментальным путем выявлено, что добавка нефтешлама, полученная методом инсинирации, увеличивает прочность на изгиб по сравнению со стандартным образцом на 15,72 %. Прочность на сжатие увеличивается на 4 %. После 90 суток твердения прочность на сжатие увеличилась 23,36%, а на изгиб 22,96%.

На основании изложенного можно прийти к выводу, что добавление переработанного нефтешлама в бетон позволит увеличить эффективность работы системы обогрева для площадок (тротуаров). Кроме того, может увеличиться у бетона (дорожного полотна) когезия, прочность на сжатие, снизиться объемная масса, увеличиться стойкость к коррозии и улучшится морозостойкость.

#### **Библиографический список:**

1. Герлинг С.А. Разработка системы снеготаяния в г. Санкт-Петербург: Выпускная квалификационная работа магистра: - Ухта., 2019.
2. Корецкий, В. Е. Зарубежный опыт зимнего содержания дорожных покрытий [Текст] / В. Е. Корецкий // Чистый город. - 2002. - № 4 (окт.-дек.).
3. Поварова Л.В. Анализ технологий утилизации экологически опасных буровых отходов. Наука. Техника. Технологии. Краснодар, №2, 2020.

4. Пономарева А.И. Новые идеи нового века: Материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ/ Сагатюк В.Н., Овчинников А.В., Шевцов М.Н., 2017.
5. Рацен З.Э. Исследование природных органических вяжущих материалов Казахстана и Средней Азии для дорожного строительства: Автореф. дис. канд. техн. наук. – М., 1975.
6. Мазлова Е. А. Разработка комплекса природоохранных технологий обезвреживания отходов предприятий нефтеперерабатывающей отрасли: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – М., 2002.
7. Баширов В.В. Характеристика нефтешламowych амбаров и их влияния на окружающую природную среду / В.В. Баширов и др. // Защита от коррозии и охрана окружающей среды: Экспресс-информация. – М.: ВНИИОЭНГ, 1993. - №9.

УДК 625

**Метод мобильного лазерного сканирования автомобильных дорог /  
Method of mobile laser scanning of highways**

Мазихина М. А., Сергеев А. С.

Mazikhina M.A., Sergeev A.S.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет. г. Пермь, Россия*

**Аннотация.** В данной статье затрагивается метод мобильного лазерного сканирования автомобильных дорог, который можно применить на всех этап жизненного цикла автомобильных дорог: предпроектных изысканиях, проектно-изыскательских работах, строительстве и эксплуатации.

**Ключевые слова:** мобильное лазерное сканирование, лазерный сканер, мобильное сканирование.

**Annotation.** This article discusses the method of mobile laser scanning of highways, which can be applied at all stages of the life cycle of highways: pre-design surveys, design and survey work, construction and operation.

**Key words:** mobile laser scanning, laser scanner, mobile scanning.

Лазерное сканирование используется для получения геометрических данных о местности путем проведения большого количества измерений. Сегодня проектирование автомобильных дорог осуществляется на основе топографической съемки, которую выполняют геодезическими приборами. В сравнении с традиционным методом сбора информации о дорогах, мобильное лазерное сканирование обладает значительными преимуществами: высокой точностью, плотностью данных, быстрым сбором информации, детализацией данных, скоростью работы, безопасностью, экономией трудозатрат и автоматизацией обработки данных.

Давайте рассмотрим основной компонент лазерного сканирования - лазерный сканер, также известный как лидар (рис. 1). Это устройство объединяет в себе модуль формирования развертки и дальномер, который работает путем измерения расстояний с помощью лазерного луча и замера времени возвращения отраженного луча. Существует три метода лазерного сканирования: наземное стационарное, наземное мобильное и воздушное.

Стационарное лазерное сканирование (рис. 2) применяют для сканирования мостовых сооружений, труб, площадок отдыха, пунктов взимания платы, зданий и сооружений объектов дорожного и придорожного сервиса и других площадных объектов, а также в случаях, когда требуется получить данные с высокой точностью.

Мобильное лазерное сканирование (рис. 3) применяют на линейнопротяженных объектах, где обеспечивается возможность движения транспортного средства со сканирующей системой, а объекты сканирования находятся в пределах прямой видимости.

Воздушное лазерное сканирование (рис. 4) применяют для трассирования при строительстве и реконструкции автомобильных дорог, а также выполнения съемки в труднодоступных местах.

Из всех вариантов лазерного сканирования самым точным и быстрым является именно мобильное сканирование.

Таблица 1. Области применения лазерного сканирования в жизненном цикле автомобильных дорог

Этап жизненного цикла	Описание применения
Предпроектные изыскания	Землеустройство Определение рельефа и природных опасностей на местности
Проектно-изыскательские работы	Планирование территории Проведение землемерных работ Создание цифровой модели местности Инженерно-геологические изыскания Разработка проектов планировки
Строительство	Подготовка производства Контроль за дорожно-строительной техникой Управление временем и ресурсами Строительный контроль Исполнительная съемка Расчет выполненных объемов работ
Эксплуатация	Анализ видимости Навигация для транспортных средств Организация дорожного движения Картографирование Планирование ремонтов и реконструкции Мониторинг состояния и обновление безопасности дорожного движения Управление содержанием дорог Оценка стоимости работ



Рисунок 1 - Лазерный сканер



Рисунок 2 - Стационарное лазерное сканирование



Рисунок 3 - Мобильное лазерное сканирование

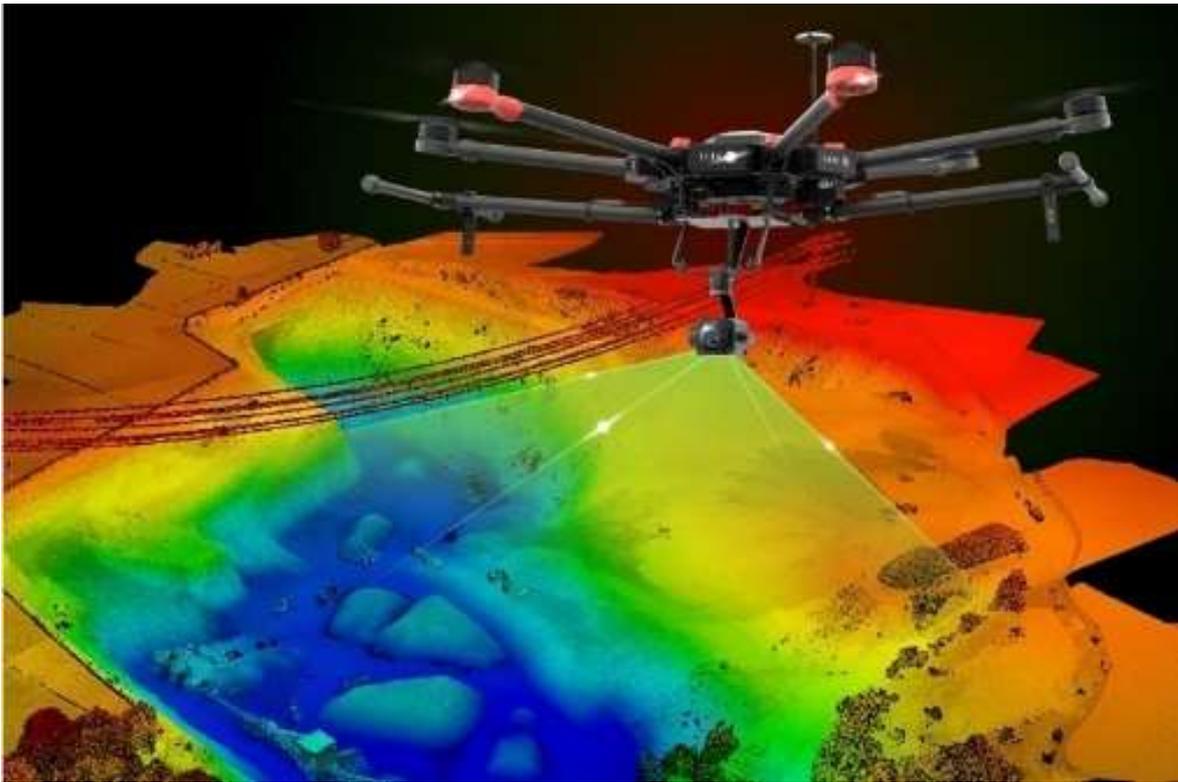


Рисунок 4 - Воздушное лазерное сканирование

С помощью системы мобильного картографирования выполняется сканирование и получение панорам. Высокоскоростной лазерный дальномер или его отклоняющее зеркало устанавливаются на вращающейся основе. За один оборот головки дальномер делает тысячи измерений, что дает разрез окружающего пространства в одной плоскости. Эта система устанавливается на автомобили, автомобиль движется со скоростью потока. Облако точек позволяет произвести обработку данных огромных массивов пространственных координат точек, полученных в результате мобильного лазерного сканирования. Массив точек создает трехмерную модель трассы и придорожной полосы. Комплекс дополнительно оснащают широкоугольной фото- видеокамерой, она позволяет делать панорамные изображения высокой четкости на протяжении всей съемки. Данная информация позволяет раскрашивать облако точек в натуральные цвета и наполняет атрибутивной информацией проект, что помогает при дешифрировании и т.д.

Преимущества мобильного лазерного сканирования включают в себя возможность обработки данных на месте, что позволяет быстро выявить пропущенные участки при съемке; уменьшение влияния человеческого фактора благодаря бесконтактному измерению труднодоступных объектов; автоматическую регистрацию координат точек с заданным шагом; высокую детализацию данных; а также безопасность работы за счет отсутствия необходимости проникать в опасные зоны при обследовании объекта.

Таким образом, метод лазерного сканирования автомобильных дорог является эффективным инструментом для быстрого и точного анализа состояния дорожного покрытия, а также для планирования ремонтных работ и улучшения безопасности движения на дорогах.

#### **Библиографический список:**

1. ГОСТ 33100-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог. – М. : Стандартинформ, 2016. – 35 с.;
2. Кузнецов А.О. Современные системы мобильного лазерного сканирования и особенности их применения на автомобильных дорогах / А. О. Кузнецов // Дороги и мосты. – 2019. – № 2(42). – С. 56-76.;
3. Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий : специальность 25.00.34 "Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Комиссаров Александр Владимирович. – Новосибирск, 2016. – 22 с.

**Аннотация.** В статье кратко изложена история возникновения способа уплотнения бетонной смеси - вибрированием. Приведены полученные экспериментальные данные образцов с различным водоцементным отношением и содержанием разных фракций песка.

**Ключевые слова:** уплотнение бетонной смеси, вибрирование, высокопрочный бетон, фракции песка.

Несмотря на качественно высокое развитие компьютерного и программного обеспечения и различных технологий, которые не обошли стороной и строительную сферу, к примеру, строительство зданий с помощью 3Д принтера из бетонных смесей. Но бетон остаётся бетоном, который по структуре очень похож на обычный бисквит, так как при его изготовлении вовлекается большое количество воздуха. И количество этого воздуха в различных составах оказывает влияние на физико-технические свойства бетонной смеси или уже затвердевшего бетона. В связи с этим появляется необходимость в уплотнении смеси для получения высоких прочностей и других требуемых качеств бетона. [1, с. 43]

В конце XIX века были применены первые виброплощадки, а первый Российский патент на изготовление свободных от внутренних пустот искусственных камней в 1903 году. Два из трех предложенных в патенте метода до сих пор используются в наше время, первый способ - уплотнение при помощи пневматического вибратора, второй - уплотнение при помощи «храповиковой» виброплощадки. С 1925 уплотнение бетонных смесей при помощи вибрации стало применяться повсеместно. [2]

В 20-х годах XX века Эжен Фрейсине предложил использовать для уплотнения бетонной смеси механическое вибрирование, а после и вибропрессование, сделав первую теоретическую попытку обоснования механизма уплотнения бетона данного способа. Фрейсине представлял процесс уплотнения во взаимном сближении и отталкивании частиц с уменьшением внутреннего трения системы, удалении воздуха из неё и перемещении более легких частиц вверх, а более тяжелых – вниз. В последствии изучением механизма уплотнения занимались многие ученые на исследованиях которых сейчас базируется всё представление об уплотнении бетонных смесей дополняя волновым характером распространения механических колебаний и моделированием её как акустической среды. [1, С. 44]

Благодаря способу вибрирования стало возможным укладывать более жесткие смеси, а значит получать бетоны более высокой прочности. Способ предложенный Фрейсине развивался и усиливаясь трамбованием, прокатом, вибровакуумштампованием и др.

Уменьшение размера зёрен заполнителя до 600 мкм и менее и понижение В/Ц отношение до 0,15, способствует получению прочности бетона значительно выше 200 МПа – ультравысокопрочные бетоны (UHPS). [3] Это связано с тем, что, чем ближе расположены частицы в бетонной смеси, тем скорее и прочнее они будут связаны новообразованиями, тем меньше между ними будет капилляров, плотнее структура.

Многолетний опыт показывает, что наиболее ответственные конструкции формируют из жестких бетонных смесей с дополнительной нагрузкой при вибрировании, что увеличивает механически число контактов. Чем больше площадь контактов между первичными элементами, тем выше прочность изделия, плотность структуры.

Дополнительное давление (до 1,56 МПа) к вибрации увеличило прочность образцов более чем на 20 %.

На строительной площадке при монолитном бетонировании уплотнение бетонной смеси с дополнительным пригрузом представляется мало возможным.

Поиск других способов увеличения прочности и уплотнения бетонов, привел ученых к лучшему пониманию внутренних процессов физико – химии бетона. Прочность бетона зависит от активности цемента, его вещественного и гранулометрического состава, водоцементного отношения и качества мелкого заполнителя, соотношения цемента и песка (Ц : П), и фактора времени, предварительного выдерживания перед термообработкой позволяющего получить наиболее плотную структуру.

Время укладки бетонной смеси в форму имеет большое значение, это связано с тем, что процесс гидратации происходит циклически, по мере подхода влаги к негидратированной поверхности зерна, то и укладка смеси может проходить через некоторое время, когда наступит второй цикл гидратообразования, через 1-1,5 часа. И чем выше В/Ц смеси, тем позже можно формировать бетон, прочность возрастает. К моменту формирования смесь должна обладать определенной структурной прочностью, но она еще подвижна. Часть влаги испаряется, появившиеся первичные новообразования еще будут перекристаллизовываться и поэтому время выдержки до укладки в форму оправдано, так как они перемещаются, предоставляя подход воды к зерну цемента. Этот прием эффективен при монолитном бетонировании подвижных смесей, когда есть опасность расслоения.

ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» регламентирует содержания частиц менее 0,16 мм. С большим количеством мелких и пылеватых фракций в песке водопотребность смеси возрастает, оказывая негативное влияние на плотность структуры и ее прочность. Некоторые исследователи утверждают, что содержание в песке до 10 % мелких фракций (<0,14мм) существенно повышало прочность бетона, это связано с уменьшением дисперсности песка при одном В/Ц, что приводит к увеличению толщины водной оболочки вокруг частиц и подвижность смеси растёт, давая лучшую удобоукладываемость.

В наши эксперименты показали увеличение прочности при содержании фракций <0,16мм от 6 до 8 % от массы всех компонентов. Прочность увеличивалась от 3 - 5 МПа при содержании 20 % мелкой фракции до 29 - 48 МПа. И чем меньше цемента, тем больше разница, так как изменяется подвижность смеси. В каких-то соотношениях улучшается удобоукладываемость смеси и плотность бетона становится оптимальной. Мелкие пылеватые частички укладываются между частицами цемента. Но если их больше порогового значения, это приводит к их агрегации, неоднородности смеси, увеличению водопотребности. Это было до появления эффективных пластификаторов, поэтому мелкие пески не использовали в бетонах.

Новые поколения ПАВ позволяют значительно снизить водопотребность дисперсных систем, сохраняя их технологические качества. В настоящее время использование твердых тонкодисперсных минеральных порошков становится обязательным при получении высокопрочных бетонов. Доказано, чем меньше размер частиц, тем меньше внутренних дефектов они содержат. Каркас структуры образуют грубодисперсные частицы, тонкодисперсные уплотняют структуру, армируя гелевидные новообразования и имеют пуццоланический эффект, связывая  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Технология идет к постепенному замещению обычных бетонов многокомпонентными, когда с помощью органо – минеральных добавок - модификаторов можно управлять структурообразованием.

Использование суперпластификаторов совместно с тонкодисперсным кремнеземом за счет снижения В/Ц позволяет получать высокопрочные бетоны из пластичных смесей даже без вибрирования. В пластичных смесях происходит самоуплотнение, но при этом нет водоотделения.

При низком В/Ц получают высокопластичные смеси, формирующие плотную структуру и обретающие высокую прочность уже через 1 сутки. Интересно и то, что более высокую однородность и уплотнение получают, исключая крупный заполнитель или используя мелкие фракции его – до 10 мм. Мелкозернистые и песчаные бетоны имеют максимальное уплотнение за счет оптимизации гранулометрического состава, лучшей однородности и воздействия температуры. Бетоны, имеющие минимальную пористость, непроницаемы для жидкостей и газов, обладают высокой морозостойкостью.

Использование пластичных и литых смесей, уменьшает затраты труда и время, увеличивает срок службы бетононасосов.

#### **Библиографический список:**

1. Батяновский, Э.И. Вибропрессованный бетон: технология свойства / Э. И. Батяновский, А. И. Бондарович. – Минск: БНТУ, 2018 – 263 с.
2. <https://stroyfirm.ru/articles/vibrobeta12.html> (дата обращения 25.05.2024)
3. Зайцев И. Н. Высокопрочный бетон // Стройпрофиль. 2007. Номер 8-07.

## Музейное экспозиционное пространство в структуре «Старого города» в Ухте Миронюк А. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Статья посвящена реновации исторического центра города Ухта как объекта культурного наследия путем превращения территории «Старый город» в музейное экспозиционное пространство с использованием инструментов сценарного проектирования при сохранении статуса музейных объектов с целью привлечения посетителей различных возрастов.

**Ключевые слова:** исторический центр, сохранение культурного наследия, архитектурный ансамбль, комфортная среда, сценарное проектирование

В настоящее время роль и задача музеев расширяется. Для привлечения посетителей музею уже недостаточно просто хранить исторические ценности и иметь статичные экспозиции, ему необходимо иметь мобильные многофункциональные пространства для различных мероприятий, пространства для временных экспозиций, музей становится площадкой для высказывания, местом не только для изучения истории, но и для исторических дебатов, пространством для демонстрации не только прошлого, но и будущего.

Одной из важнейших деталей в работе музея – это взаимодействие со зрителем, посетителем. Кроме зрительного созерцания экспонатов современные музеи предлагают активно с ними взаимодействовать. Используются оптические, акустические и даже ароматические эффекты, различные мультимедийные компоненты. Экспозиции выходят за пределы небольших залов, представляя собой огромное пространство, иногда многоуровневое, выплывающая за пределы одного здания, образуя «музейный квартал» с множеством подразделений музея на одной территории.

Настоящее исследование посвящено поиску направлений развития городского музея, улучшение взаимодействия посетителей и музея, привлечение новых посетителей, развитие туристического потенциала исторической части города как объекта культурного наследия.

Историческая часть города Ухта (так называемый «Старый город») сложилась к 50-м годам двадцатого столетия и вобрала в себя наилучшие градостроительные традиции, так же как и наука, культура, производство формировались и развивались усилиями талантливых людей волею судьбы оказавшихся в Ухте. Архитектурное наследие представлено градостроительными ансамблями и застройкой 1937-1958 гг., когда закончился этап формирования исторического ядра и его строительства по индивидуальным и типовым существенно переработанным проектам. В этот период здесь работали талантливые архитекторы – Л. Левитан, А. Орлов, П. Мурзин, Н. Жижимонтов и многие другие зодчие и строители. В результате их усилий историческая часть города Ухты поражает всех удивительным сочетанием масштаба и ансамблевости застройки, уюта и гармоничности среды, тщательностью проработки фасадов жилых домов и зданий общественного назначения, высоким качеством озеленения жилых пространств (рис. 1).

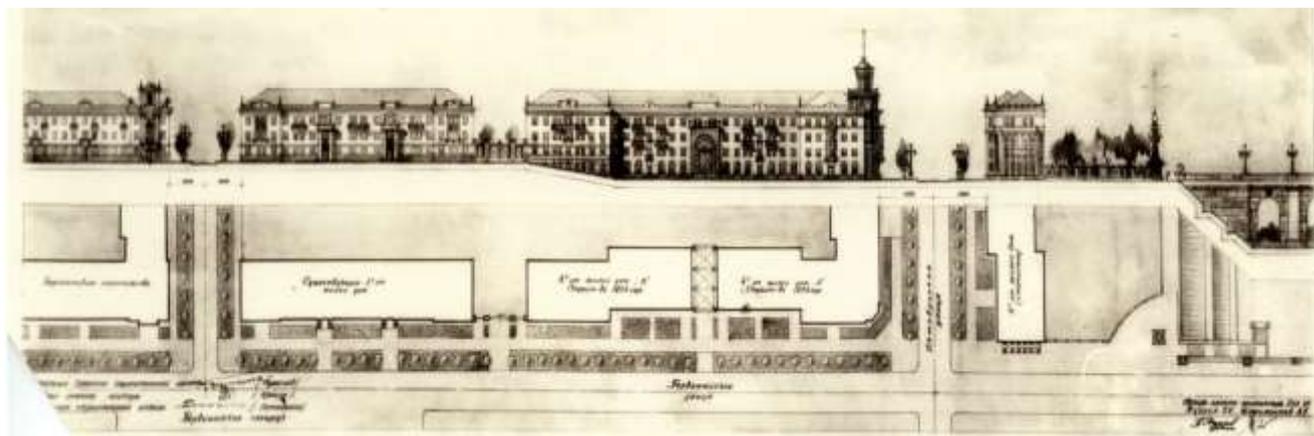


Рисунок 1 – Развёртка фасадов по Первомайской улице

Несмотря на то, что до 1953 года у города не было генерального плана его развития и строился он по отдельным схемам и планировкам, сложившаяся планировочная структура исторической части выразилась в довольно живописной композиции улиц с системой площадей на пересечении главных направлений и начертанием второстепенных с учетом существующего рельефа. Улица Мира была запроектирована точно в створе места высадки первого десанта геологов в 1929 году. Перпендикулярные ей улицы Первомайская и Октябрьская пересекаются в районе моста через ручей Чибью и изменяется трассировка придавая композиции динамичный характер.

Опираясь на характер изученных документов по исторической части «Старой Ухты», по состоянию на 1952 год, спустя чуть более двух десятилетий на территории центральной части города сформировалось 13 кварталов различной конфигурации с числом зданий 152. Каменная застройка преимущественно размещалась на улице Косолапкина, в районе Первомайской улицы и бывшей Театральной площади. Деревянная, преимущественно двухэтажная меридиональной ориентации корпусов застройка размещалась в квартале между улицами Пушкина и Губкина, по улицам Горького, Октябрьской и Первомайской. Сформировались ансамбли Первомайской и Театральной (ныне Октябрьской) площадей в стилистике советской неоклассики (сталинского ампира), но от прежних ансамблей до сегодняшнего дня сохранилась лишь часть зданий и сооружений, и они утратили свой прежний облик [1].

С целью сохранения ценных объектов культурного наследия исторической части города предложено создать музейный комплекс – музейный квартал – с вовлечением всех исторических строений в реализацию функциональной программы музея. Основное содержание концепции – превращение исторических ансамблей и объектов в действующий показательно-познавательный музей под открытым небом, связанный с историей города и отдельных значимых построек, позволяющий привлечь посетителей различного характера и широко реализовать просветительскую и рекреационную функцию музея. Предложенная интеграция исторических объектов и осовремененной функции согласуется с общей тенденцией перевода объектов культурного наследия в музейно-театрализованные комплексы, вовлекающие посетителя в действие, связанное с предметом музеефикации [2].



Рисунок 2 – Схема объектов культурного наследия

В настоящее время территория «музейного квартала» представлена 27 выявленными объектами культурного наследия, а также 16 зданиями, имеющими признаки объектов культурного наследия (рис. 2). В список выявленных объектов культурного наследия внесены архитектурные ансамбли по улицам Мира, Первомайской, Кремса, Октябрьской, первый жилой дом в Ухте, первая музыкальная школа, первая городская поликлиника и здание Историко-краеведческого музея.

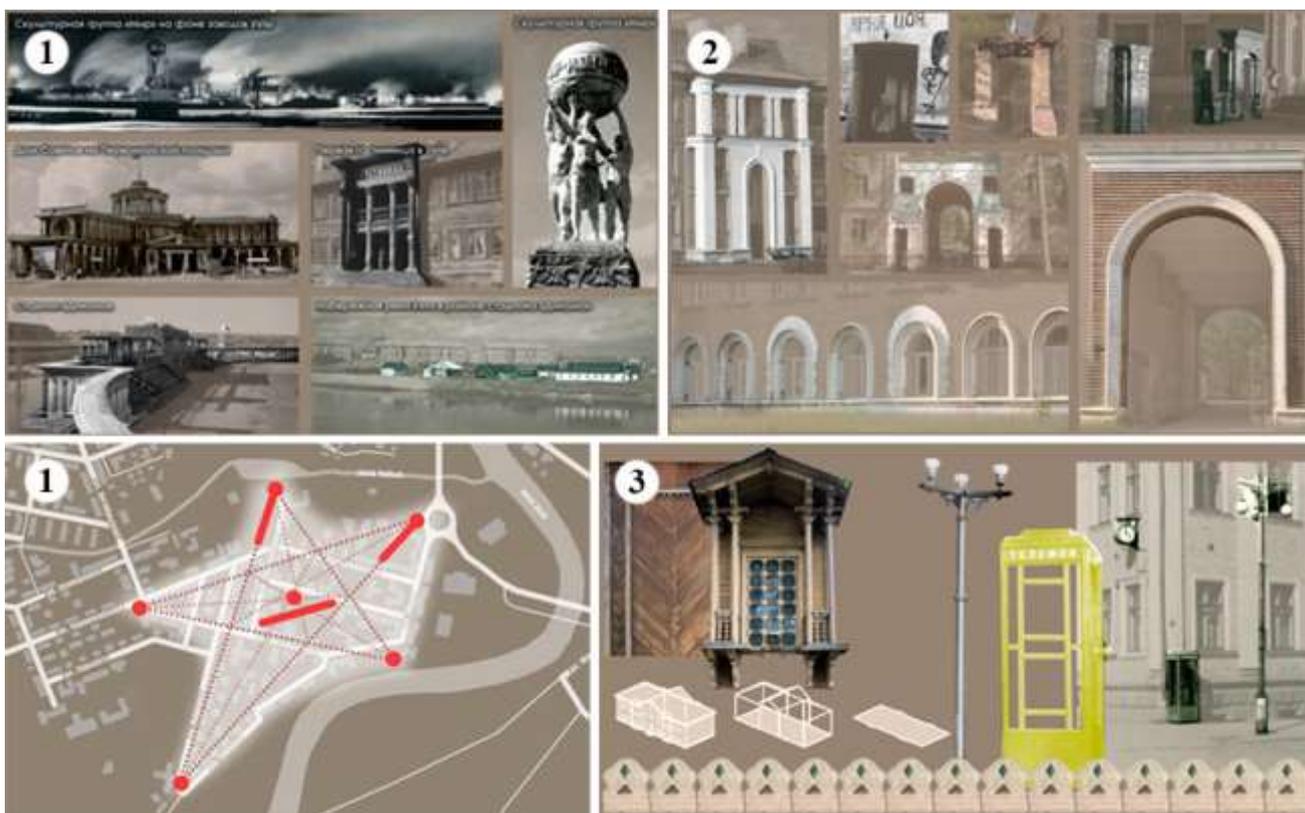


Рисунок 3 – Советское прошлое (1) → город арок (2) → фрагменты истории (3)

Концепция музейного экспозиционного пространства реализуется по следующим основным направлениям: советское прошлое → город арок → фрагменты истории (рис. 3). Такая трактовка «квартала» как музейного экспоната поддерживается введением в границы исторической территории сценарных маршрутов с целью более глубокого погружения в музейно-театрализованное пространство: «Путь Косолапкина», «Архитектурный ансамбль «Старого города»», «Городские легенды», «Юная Ухта» (рис. 4).



Рисунок 4 – Схема экскурсионных маршрутов

Музей, концентрируя памятники культурного наследия, может вступить в права наследования лишь при соответствующем осмыслении накопленного им богатства. Музейные источники могут при соответствующей интерпретации дать интереснейшую познавательную и эмоциональную информацию о культуре города, отцах-основателях исторических объектов, понять истоки народной культуры, освоить ее как часть историко-культурного наследия. Цель современного музея, прежде всего, – это установка на культурное освоение, установка охранительная и в то же время творческая, что, собственно, и делает музей – музейный квартал – не собранием ненужных «вещей», а частью живой культуры.

В идеале музейный квартал лишь предоставляет в распоряжение посетителя определенные «инструменты», источники и условия для творчества, дает каждому возможность свободного формирования собственного понимания осмысления действительности. При всей кажущейся незначительности столь малого творческого акта, как возможность формирования у посетителя собственного суждения или самостоятельно-осмысленной оценки того или иного хранимого и представляемого музеем культурного феномена, этот акт – один из важнейших результатов музейной деятельности, знаменующий момент истинного включения музейного «собрания» в духовную жизнь личности, в сознание, мировоззрение, систему ценностей современного человека.



Рисунок 5 – Фрагменты «музейного пространства»: площадь Связи (1), сквер на ул. Кремса (2)

### Библиографический список:

1. Проект зон охраны памятников истории, культуры, архитектуры и ландшафта города Ухты : научный отчет по теме №441-91 / ЛенНИИградостроительства ; рук. С. Д. Митягин ; исполн.: Л. С. Прасолова. СПб, 1992. 78 с.
2. Чайко, Д. С. Современные направления интеграции исторических производственных объектов в городскую среду: дисс. на соискание ученой степени канд. архитектуры. Московский архитектурный институт, Москва, 2007.

УДК 712.42: 635.9

### Применение декоративных знаков в благоустройстве городских территорий Северных регионов

Михайленко Е. В.

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия*

**Аннотация.** Декоративные знаки являются одними из перспективных растений для озеленения городских территорий. Данные растения обладают целым рядом положительных свойств: высокая декоративность, низкая требовательность к условиям произрастания, малоуходность. Ассортимент их насчитывает порядка 150 видов. Но далеко не все представляется возможным применять в северных регионах.

Целью данной работы является оценить возможность применения декоративных злаков в северных условиях, определить перспективные виды, разработать рекомендации по применению в заданных условиях.

**Ключевые слова:** декоративные травы, ландшафтный дизайн, растительность, городское озеленение.

Одной из последних тенденций в озеленении является создание малоуходных объектов. Это многолетние растения, неприхотливые по отношению к плодородности почвы, температурному режиму, освещенности. Одним из таких примеров являются декоративные злаки.

Злаки или декоративные травы — однолетники или многолетники с линейной листвой, ажурными соцветиями из маленьких незаметных цветков — от желтого до коричневого цвета, без запаха.

Злаки могут стать важным компонентом городского ландшафта. Их декоративность позволяет подчеркнуть и усилить композиционно-эстетическую и культурно-историческую ценность пейзажной картины. Посадка декоративных трав увеличивает масштаб ландшафтных творений в жилых и рекреационных зонах городских территорий.

Их можно сажать отдельно или в соседстве с другими цветами. В зависимости от сорта, растения могут стать центром композиции или фоном для более броских жителей клумбы. Они могут украшать каменные сады, миксбордеры, клумбы, рабатки, контейнеры (см. рис. 1). Растут на одном месте много лет и требуют минимум ухода и подкормок. Несмотря на простоту, декоративные травы невероятно красивы не только летом, но и в другие сезоны (см. рис. 2).

Второй большой плюс злаков - неприхотливость и засухоустойчивость. Растения способны сохранять привлекательный внешний вид даже при скудном поливе и на бедных почвах.

На протяжении всего периода вегетации с злаками происходят удивительные метаморфозы. Они меняют форму и окраску.



Рисунок 1 – Примеры применения декоративных злаков в городском озеленении

Несмотря на очевидные преимущества в городах Республики Коми данный вид озеленения встречается очень редко.

Учитывая суровые условия региона, сложную ситуацию с уровнем озеленения северных городов, низкие качества почв - злаки смогут стать альтернативой традиционно используемым растениям.

Декоративные злаки подразделяются на две основные группы: теплорастущие и холодорастущие. Холодорастущие начинают свою вегетацию при температуре 0°C пробуждаются рано весной, быстро набирают зеленую массу и замедляют рост с приходом жары, теплорастущие пробуждаются поздно, когда почва хорошо прогреется при температуре воздуха +15-20°C. Конечно, для северных регионов приемлемыми будут холодорастущие злаки.



Рисунок 2 – Декоративные злаки в зимний и осенний периоды

В данной работе будут рассмотрены декоративные злаки характерные для 3-4 климатических зон морозостойкости.

На основе различных признаков растений, в рамках данной работы, был составлен перспективный список видов семейства Злаковые и Осоки для озеленения региона. Эти виды характеризуются в первую очередь признаками, которые позволяют им произрастать в условиях Республики Коми. На основе различных признаков: морозостойкость, зимостойкость, требовательность к уровня освещенности и влажности, составу почвы был составлен перспективный список растений, который представлен в табл. 1. При составлении принимали во внимание: ассортимент питомников предлагающих посадочный материал.

В ходе анализа использовалась информация Энциклопедии декоративных растений [1], а также опирались на работы [2, 3].

Таким образом среди выбранных экземпляров выделились три группы в зависимости от высоты цветоноса исполинские (Вейник, Щучка, Фалярис), высокорослые (Ячмень Овсец Сеслерия) и низкорослые Осоки.

Исполинские злаки. Их высота от 1 метра и выше, хороши для создания фона в многоуровневых композициях, в качестве ширм и экранов. Используют как в групповых посадках, так и в качестве солитеров. С помощью них можно создать объем, вертикаль композиции, ритм, контраст, акцент или приглушить, в качестве фона, яркие растения переднего плана. При одновременном применении таких злаков, создается нюанс композиции.

Таблица 1 – Ассортимент перспективных декоративных злаков для применения в северных условиях

Название	Высота, см	Ширина, см	Период цветения	Отношение к влаге	Отношение к освещенности	Требовательность к плодородию почв	Зона морозостойкости
Вейник остроцветковый «Овердам» <i>Calamagrostis acutifolia Overdam</i>	150	60	июль-август	засухоустойчив	солнце, полутень	не требователен	4
Осока охименская «Эверголд» <i>Carex oshimensis Evergold</i>	30	30	июнь-июль	влаголюбивый	полутень	плодородная	3
Осока килиомаргината «Трежер Айленд» <i>Carex ciliatomarginata Treasure Island</i>	25	30	июнь-июль	влаголюбивый	полутень	не требователен	4
Щучка (Луговик) дернистый «Пикси Фонтейн» <i>Deschampsia caespitosa Pixie Fountain</i>	120	40	июнь-июль	влаголюбивый	солнце	не требователен	3
Сеслерия блестящая <i>Sesleria nitida</i>	50 (80)	30	июнь-август	засухоустойчив	солнце	не требователен	4
Фалярис тростниковых «Лютеопика» <i>Phalaris arundinacea Luteopicta</i>	120		июль - август	засухоустойчив	солнце, полутень	не требователен	4
Ячмень гривастый <i>Hordeum jubatum</i>	50 (80)		июнь-июль	засухоустойчив	солнце	не требователен	4
Овсяница сизая «Эладжи Блю» <i>Elijah Blue</i>	20-25	30	июнь - август	влаголюбивый	солнце	не требователен	3
Овсец вечнозеленый <i>Helictotriton empervirens</i>	30 (50)	50-60	июль - август	засухоустойчив	солнце	не требователен	4
Трясунка средняя <i>Briza media</i>	60	30	июнь	засухоустойчив	солнце, полутень	не требователен	4
Ежа сборная «Вариегата» <i>Dactylis glomerata «Variegata»</i>	40 (60)	30	июнь	влаголюбивый	солнце, полутень	не требователен	4

Высокорослые злаки. Их высота 50-100 см, используют для оформления миксбордеров и многоярусных цветников. Также могут использоваться в многоуровневых композициях в групповых посадках, так и в качестве солитеров. С помощью них можно создавать моновидовые клумбы. Используют как в групповых посадках, так и в качестве солитеров. Такие злаки позволяют создавать объем и ритм композиции, также смягчить общий образ.

Исполинские и высокорослые злаки являются очень динамичными. Пышные метельчатые соцветия чрезвычайно подвижны и отзываются на малейшие порывы ветра. Трепещущие на ветру или переливающиеся бегущими волнами, они делают сад живым. Они разбавят многоликий цветник и внесут упорядоченности, лёгкости.

Низкорослые злаки. Их высота не превышает 20-50 см, чаще всего их используют в качестве почвопокровных культур. Они прекрасно оформят каменистый сад, ковровый цветник и другие композиции. Будут выигрышно смотреться на переднем плане посадки, а также в бордюрном монооформлении. В каменистых цветниках они станут нейтральным фоном для ярких почвопокровных растений.

Все представленные растения многолетники, малоуходны (не требуют частых поливов, укрытия на зиму, особого ухода и подкормок, кроме стрижки некоторых по осени), обладают декоративными качествами, посадочный материал доступен к приобретению.

Они прекрасно сочетаются с хвойными растениями, папоротниками, очитками, эхинацеей, посконником, котовником, шалфеем и др.

Для всех растений составленного ассортимента перспективных декоративных злаков были составлены технологические карты по уходу. В качестве примера в табл. 2 приведена карта по уходу за Вейником остроцветковым «Овердам» *Calamagrostis acutifolia Overdam*.

Таблица 2 – Технологическая карта по уходу за Вейником остроцветковым «Овердам» *Calamagrostis acutifolia Overdam*

Наименование операции	Единица измерения	Период
<b>В первый год вегетации</b>		
Подготовка участка к посадке, внесение 2/3 полного минерального удобрения	1	Апрель, май
Посадка рассады	1	Май
Сортовая прополка, удаление нетипичных по высоте, форме кустов, окраске и строению цветков, больных и повреждённых растений	2	Июнь-июль
Рыхление почвы и борьба с сорняками с помощью ручных инструментов	2	Август-октябрь
Полив	по необходимости	Июнь-июль
<b>В последующие годы вегетации</b>		
Очистка участка после зимы, обрезка стеблей и листьев, уборка мусора	1	Май
Омолаживание посадок - удаление омертвевших участков, частей разросшихся кустов или целых растений	1	Май
Перекапывание почвы по периметру композиционной группы на глубину 15-20 см	1	Май
Рыхление почвы и борьба с сорняками с помощью ручных инструментов	2	Август-октябрь
Полив	по необходимости	Июнь-июль

Как мы видим по технологической карте Вейник остроцветковый «Овердам» абсолютно не требователен в уходе.

Злаковые растения открывают новые возможности для благоустройства участков и парков, обладая неприхотливыми биологическими и экологическими свойствами. Их можно предложить к использованию в ландшафтных композициях жилых территорий, скверов, парков, озеленении дорожно-транспортной сети северных регионов.

В большей степени они подходят для объектов озеленения в живописных, природных пейзажных стилях. Но некоторые, при небольшом уходе, могут применяться и в регулярной стилистике.

Предлагаемые растения дают возможность увеличить видовое разнообразие растений и улучшить городскую среду.

#### **Библиографический список:**

1. Энциклопедия декоративных садовых растений [Электронный ресурс] // Доступ: <http://flower.onego.ru/> (дата обращения 24.04.2024).
2. Стефанович Г. С. Декоративные многолетние злаки – интродуценты в озеленении Уральского региона / Г. С. Стефанович, М. Ю. Карпухин. Аграрный вестник. Урала 2013. №7 (124). С. 9 – 11.
3. Зайнуллина К. С., Шалаева О. В., Михович Ж. Э. Интродукция видов семейства Poaceae для декоративного использования на Севере // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (187). С. 28–33.

УДК 625

#### **Виртуальная реальность в дорожном строительстве / Virtual reality in road construction**

Наумов А. А., Садыков Р. Р., Сергеев А. С.

Naumov A. A., Sadykov R. R., Sergeev A. S.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет. г. Пермь, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается и предлагается, изучение и внедрение VR- виртуальной реальности в строительные процессы, а также внедрение в учебный процесс, для большего интереса, практического понимания в строительстве. Подобные возможности для демонстраций и презентаций дают технологии виртуальной реальности, находящиеся на пике своей популярности.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, VR-технологии, виртуальное пространство, интерактивное проектирование, трехмерное моделирование, погружение, дорога.

**Annotation.** This article discusses and proposes the study and implementation of VR virtual reality in construction processes, as well as its implementation in the educational process, for greater interest and practical understanding in construction. Such opportunities for demonstrations and presentations are provided by virtual reality technologies, which are at the peak of their popularity.

**Keywords:** virtual reality, VR technologies, virtual space, interactive design, three-dimensional modeling, immersion, road.

Виртуальная реальность (VR) в дорожном строительстве представляет собой технологию, которая позволяет создавать и взаимодействовать с трехмерными моделями строительных проектов в имитированной среде. Это позволяет участникам проекта и заказчикам более наглядно представить себе окончательный результат, а также провести виртуальные обходы объекта до начала строительства.

VR (virtual reality, виртуальная реальность) - искусственно созданный мир, та же 3D модель, помещенная в специальные устройства, чаще всего очки, и воспринимаемая от первого лица. VR открывает новые возможности для оценки проекта: объекты в виртуальной реальности по виду и габаритам приближены к реальным. С помощью этой технологии, можно полностью ощутить внешний и внутренний вид планируемого для строительства объекта (рельефа, автомобильной дороги, путепровода, моста и т.д. (рисунок 1)).

BIM (Building Information Modeling) - это построение информационной трехмерной модели автомобильных дорог и искусственных сооружений. Такое моделирование отображает не только внешний облик, а еще и всю техническую составляющую будущего объекта. В BIM

может быть смоделирован и визуально отображен ход строительства: от рытья котлована до сдачи здания в эксплуатацию. В этом и состоит отличие BIM от вышеперечисленных понятий. BIM-модель служит основой для создания 3D-презентаций, VR-туров. Одно из главных преимуществ BIM-модели - отражение вносимых изменений на объекте во время всего процесса проектирования. На любой стадии проекта возможно контролировать объект, оценивать ресурсы, внешний вид. А также современные софты позволяют автоматически обновлять визуализации и VR-туры на основе внесённых правок в BIM-модель. Нет необходимости создавать все заново при кардинальных изменениях в проекте.

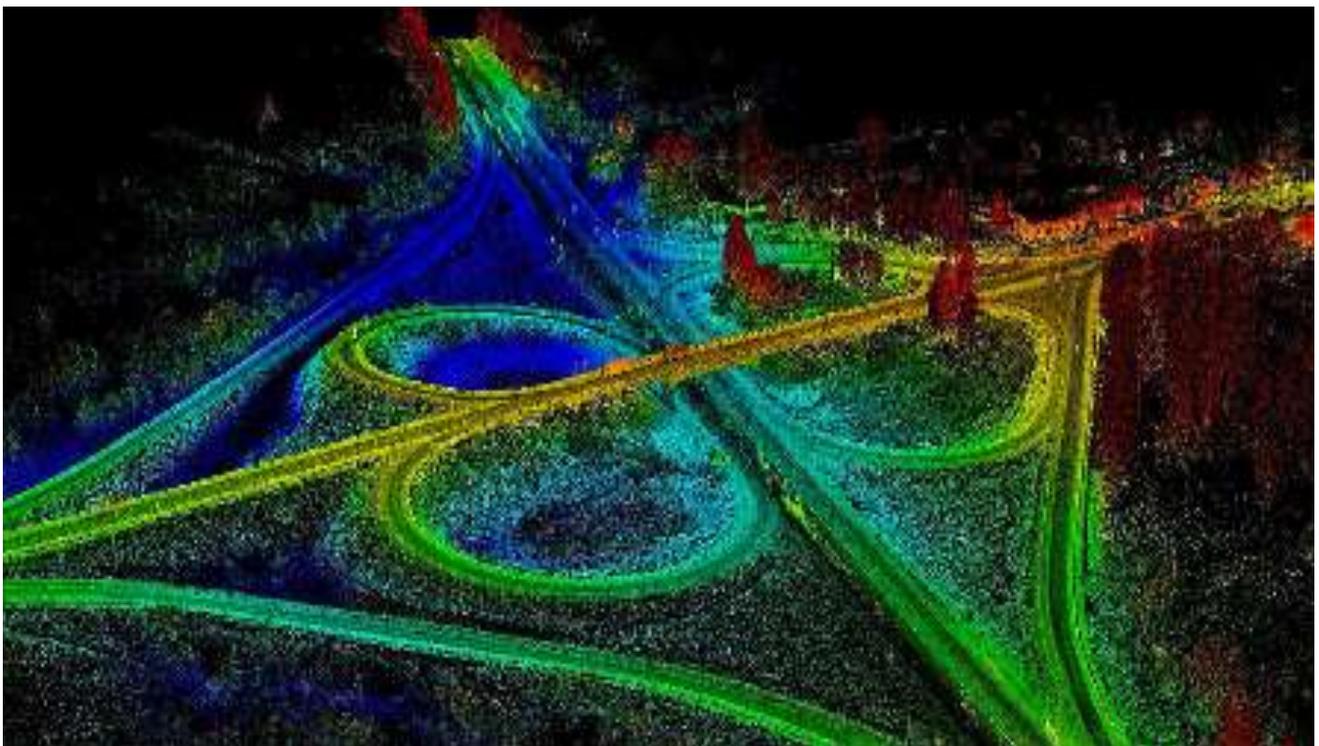


Рисунок 1 VR искусственно созданный мир, 3D модель

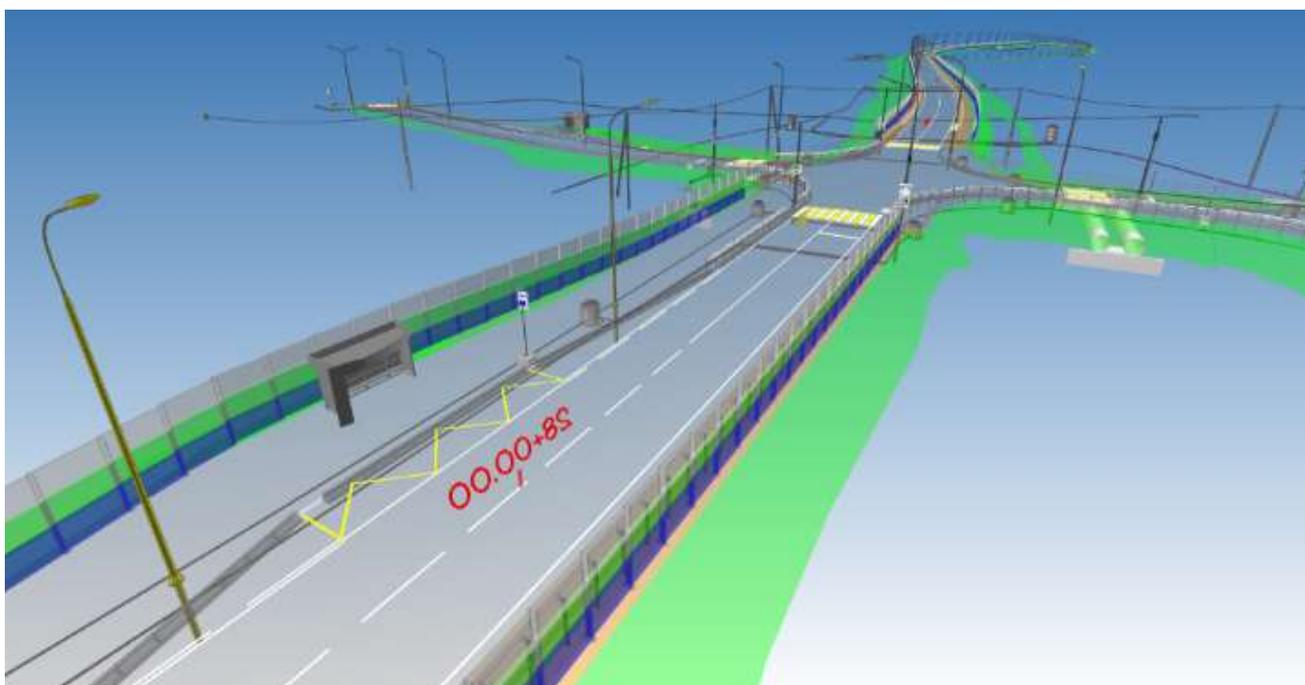
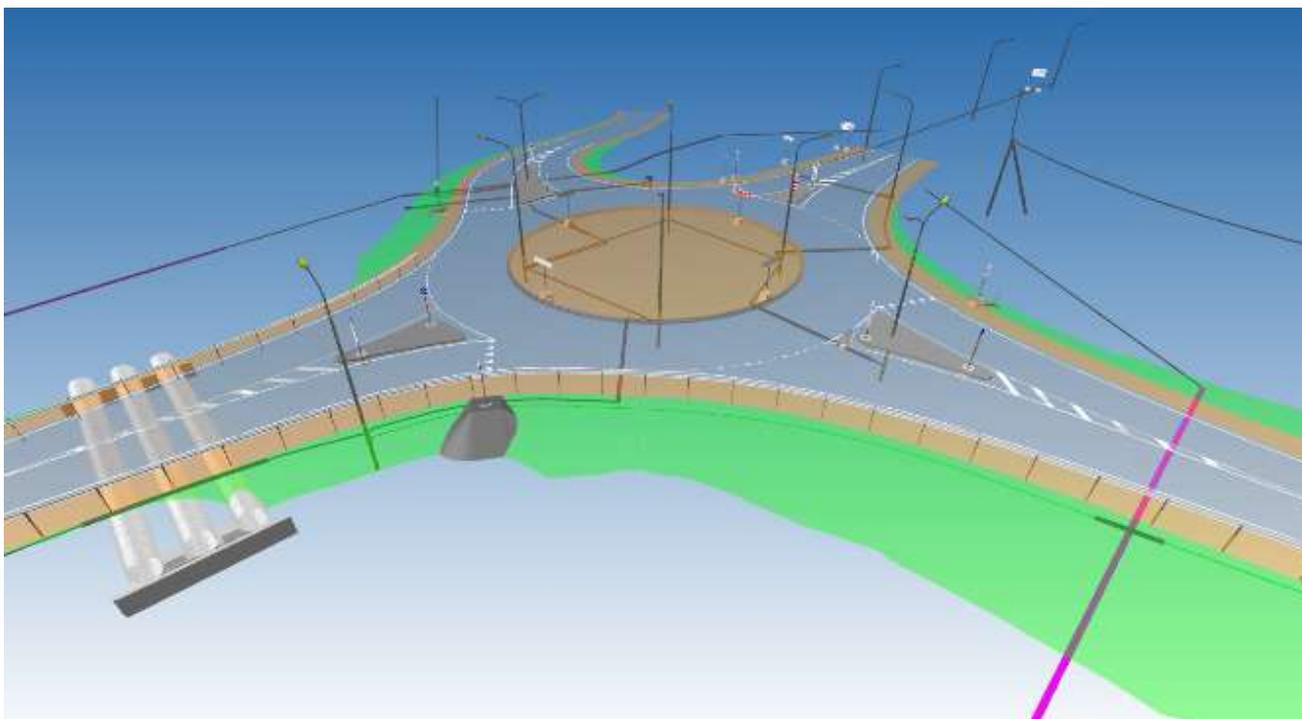


Рисунок 2 3D модель в BIM

3D модель в VR (виртуальная реальность) и 3D модель в Renga имеют некоторые различия:

Виртуальная реальность:

Обеспечивает полное погружение в трехмерное пространство, создавая ощущение нахождения в виртуальном мире. Поддерживает интерактивное взаимодействие с объектами, позволяя пользователям манипулировать ими и исследовать их. Часто используется для создания иммерсивного обучения, симуляции, игр и развлечений.

Renga: Это программное обеспечение для 3D моделирования объектов, которое позволяет создавать точные и детализированные модели. Используется для проектирования, документирования и визуализации искусственных сооружений. Позволяет создавать 3D модели с использованием различных материалов, текстур и освещения. В общем, 3D модель может быть представлена по-разному в зависимости от контекста и цели использования. Виртуальная реальность обеспечивает более интерактивный и захватывающий опыт, в то время как Renga больше подходит для детального моделирования и проектирования.

Варианты применения виртуальных технологий в дорожном строительстве:

- Презентация. Наиболее часто виртуальная реальность в архитектуре используется для презентации проектов. Как правило, заказчики строительных услуг, дизайнерских и креативных бюро не могут представить себе конечный результат. А специалистам очень трудно объяснить свои идеи исключительно на словах или с использованием обычных чертежей. Макеты, выполненные из бумаги или изготовленные при помощи 3D принтера, не могут полностью решить эту проблему. С помощью виртуальной реальности заказчик может пройтись по будущему объекту и рассмотреть его со всех сторон.

- Координация подрядчиков. Направление действий бригады рабочих – одна из наиболее важных составляющих частей, обеспечивающих успешное и своевременное завершение проекта. Важно, чтобы каждый из подрядчиков реально представлял себе финальную цель и стремился к ней.

- Осуществление выбора. Иногда случается, что дизайн привлекательно выглядит в эскизах. Когда дело доходит до реализации проекта, то оказывается, что в конкретное помещение он абсолютно не вписывается. Возможность виртуально «примерить» предметы мебели позволяет сократить риски до минимума.

- Уточнение макетов. Методы формирования макетов, существующие на сегодняшний день, представляются недостаточно гибкими. При работе с 3D принтером невозможно проработать все до мельчайших подробностей, при прорисовке в соответствующих редакторах работа займет слишком много времени. В случае применения приложений виртуальной реальности существует возможность проработать даже мельчайшие детали, продемонстрировать различные варианты установки на объекте.

- Создание портфолио. В последние годы все большее количество строителей, архитекторов, дизайнеров помимо обычного портфолио с фотографиями, потенциальным заказчикам предоставляют видео либо мини симуляции. Такая подача информации позволяет привлечь большее количество заказчиков.

### **Библиографический список:**

1. Дорохов, Д. С. Взаимодействие технологий информационного моделирования с возможностями виртуальной и дополненной реальности / Д. С. Дорохов, И. И. Овчинников // Вестник Евразийской науки. – 2022. – Т 14. – № 3.
2. Разяпов, Р. В. Применение методов дополненной реальности в строительстве / Р. В. Разяпов // Экономика строительства. – 2021. – № 05 (71).
3. Ермаков, Н. А. Применение технологии дополненной реальности в системе организации совместной работы над объектами в реальном мире / Н. А. Ермаков // Вопросы науки и образования. – 2019. – № 13 (60).
4. Юлбарисова, Д. Р. Дополненная реальность – текущее состояние и тенденции развития / Д. Р. Юлбарисова, П. В. Максимов // МНИЖ. – 2014. – №8-1(27).

УДК 625

### **Негативное влияние антигололедных реагентов на асфальтобетонное покрытие / The negative effect of deicing reagents on asphalt concrete pavement**

Романов К. К., Первухин Н. А., Власова Е. А., Сергеев А. С.

Romanov K. K., Pervuhin N. A., Vlasova E. A., Sergeev A. S.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет. г. Пермь, Россия*

**Аннотация.** Различного рода деформации и разрушения под воздействием агрессивных растворов антигололедных реагентов являются причиной снижения срока службы асфальтобетонного покрытия дороги.

В данной статье рассматривается влияние антигололедных реагентов на асфальтобетон.

**Ключевые слова:** антигололедные реагенты, асфальтобетон, дорожные покрытия, процессы, битум, коррозия, гололед, безопасность.

**Annotation.** Various kinds of deformations and destruction under the influence of aggressive solutions of anti-icing reagents are the main reason for reducing the service life of the asphalt concrete pavement of the road.

This article discusses the effect of deicing reagents on asphalt concrete.

**Keywords:** deicing reagents, asphalt concrete, road surfaces, processes, bitumen, corrosion, ice, safety.

Материалы, используемые для предотвращения скопления льда и снега на проезжей части, тротуарах и других поверхностях в зимнее время, называются антигололёдными реагентами. В эту категорию входят такие субстанции, как соль, песок, жидкие растворы и различные химикаты. Эти вещества, несмотря на их полезность в борьбе с гололедицей, могут наносить вред дорожным покрытиям, сокращая их эксплуатационный срок.

Механизмы воздействия антигололёдных реагентов на асфальтобетонные покрытия характеризуются следующим:

1. Коррозией металлических компонентов: антигололёдные реагенты могут содержать компоненты, способные вызывать коррозию металлических частей в составе асфальтобетона, включая армирование.

2. Разрушением структуры асфальта: в результате попадания реагентов в поры асфальтобетона может произойти его разрушение, образование трещин и ухудшение состояния дорожного покрытия.

3. Снижением прочности асфальтобетона: под воздействием химически активных реагентов может нарушиться структура асфальта, вследствие чего произойдёт его размягчение и, следовательно, снижение его прочности и стабильности.

Антигололёдные реагенты оказывают значительное воздействие на прочность и стабильность асфальтобетонных дорожных покрытий. Основная опасность заключается в химическом воздействии этих веществ на структуру асфальта. Проникая в поры материала, они могут способствовать его размягчению, что в результате приводит к снижению его прочности.

Устойчивость асфальтобетонных покрытий к воздействию химических агентов, в частности агрессивных антигололёдных реагентов, определяется рядом ключевых факторов. К этим факторам относятся способность битума сопротивляться агрессивным веществам, степень водонасыщенности асфальта, его способность к набуханию при воздействии влаги, а также коэффициент диффузии, который играет важную роль в скорости проникновения химических реагентов в структуру покрытия. Кроме того, важную роль играет стойкость минеральных компонентов асфальтобетона и способность сохранять свои прочностные характеристики даже в условиях интенсивного химического воздействия. Все эти аспекты совместно определяют эффективность асфальтобетонного покрытия в сопротивлении разрушениям под воздействием антигололёдных средств и его способность сохранять функциональность даже в холодные периоды года.

Регулярное использование традиционных антигололёдных реагентов зачастую приводит к значительному снижению ключевых характеристик асфальтобетона и нарушению его структурной целостности. Существует два основных механизма, посредством которых происходит деградация свойств асфальтобетона. Во-первых, нарастание численности полярных групп в битуме увеличивает растворимость его составляющих, что приводит к существенным изменениям в химическом составе этого материала. Во-вторых, когда уменьшается краевой угол смачивания поверхности битума, это активизирует химические реакции как на его поверхности, так и в более глубоких слоях асфальта. Перечисленные процессы приводят к выщелачиванию карбоната кальция из мелкодисперсного известкового наполнителя, что ещё более ухудшает структуру асфальтобетона и ускоряет его деградацию. Эти изменения не только сокращают срок службы дорожного покрытия, но и могут привести к снижению его эксплуатационной безопасности и функциональности в периоды зимней эксплуатации.

Процесс деградации асфальтобетонных покрытий начинается разрушением связей между заполнителем и битумом. Зона соприкосновения этих элементов критична для поддержания структурной целостности и увеличения продолжительности службы покрытия. Отсутствие сильных внешних воздействий, таких как транспортные нагрузки, не исключает возможности появления поверхностных дефектов. Одним из примеров таких дефектов является отслоение битумной пленки от минерального фундамента, что прерывает взаимодействие

между ними. Более того, происходит изменение химического состава битума из-за роста пропорции асфальтенов, что вызывает повышение его температуры размягчения. Такие изменения приводят к уменьшению эластичности и адгезионных свойств битума, что отрицательно сказывается на прочностных свойствах асфальтобетонных покрытий в холодных условиях. Кроме того, разделение битумной пленки снижает гидроизоляционные качества покрытия, облегчая проникновение антигололедных средств в структуру асфальтобетона, что ведёт к его дальнейшему ухудшению.

В ряде научных работ по анализу влияния химических антигололедных средств были проведены серии экспериментов, которые демонстрируют отрицательное воздействие этих реагентов на основные технические параметры битума. Например, в одном из таких исследований использовались хлорид натрия (NaCl) и комплексный органический магниевый дорожный реагент КОМД-3, включающий магниевые соли и специальные органические добавки. Этот реагент широко используется для устранения обледенения на дорожных покрытиях.

В ходе эксперимента образцы асфальтобетона, изготовленные из горячей плотной асфальтобетонной смеси, подвергались чередованию циклов замораживания и оттаивания в растворах упомянутых реагентов с последующим измерением их прочности на сжатие. Исследование продолжалось в течение 2 дн., и в его ходе было установлено, что прочностные свойства асфальтобетона ухудшаются под воздействием антигололедных реагентов.

Результаты эксперимента показали, что прочностные свойства асфальтобетона изменяются в зависимости от количества проведенных циклов замораживания и оттаивания. Обнаружена тенденция к снижению прочности асфальтобетона при воздействии данных реагентов. Так, после ста циклов воздействия раствора NaCl прочность снизилась в 1,3 раза, а при использовании раствора КОМД-3 — в 1,2 раза.

В ходе начальной фазы экспериментального периода было зафиксировано значительное снижение прочности асфальтобетонных покрытий, происходившее с высокой интенсивностью. Однако по мере приближения к концу эксперимента наблюдалось замедление темпа уменьшения прочностных характеристик. Эта тенденция предоставляет важные сведения для анализа механизмов разрушения асфальтобетонных покрытий под воздействием антигололедных реагентов. Понимание этих процессов критически важно для разработки новых составов материалов, которые будут обладать повышенной устойчивостью к подобному роду воздействиям.

На основе результатов экспериментов и тщательных научных исследований можно сделать вывод о значительном воздействии антигололедных реагентов на свойства асфальтобетона. Особенно заметно это влияние проявляется в форме снижения прочностных характеристик материала. Эти данные не только подтверждают уже известные факты, но и расширяют понимание динамики разрушения асфальтобетонных покрытий, что способствует разработке более продвинутых и долговечных дорожных материалов, способных выдерживать негативное воздействие химических реагентов. Могут быть применены различные методы для уменьшения этого негативного воздействия на дорожные покрытия. Важно не только выбирать подходящие виды реагентов, но и контролировать их использование, обеспечивая правильную дозировку и своевременное обслуживание дорожных покрытий.

Обеспечение безопасности на дорогах и предотвращение формирования гололеда являются приоритетными задачами. Однако крайне важно также обращать внимание на возможные отрицательные последствия применения антигололедных реагентов, чтобы сохранить прочность и долговечность асфальтобетонных покрытий. Это требует баланса между немедленными мерами по обеспечению безопасности и долгосрочной стратегией по сохранению дорожной инфраструктуры.

#### **Библиографический список:**

1. Г.С. Меренцова «Физико-химические и технологические аспекты повышения долговечности дорожных бетонов». Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. Барнаул. Издво АлтГТУ, 2001. – 340 с.

2. Г.С. Меренцова, Е.В. Строганов «Учет физикохимических и экологических факторов при оптимизации составов пескосольных смесей». Второй Всероссийский Дорожный Конгресс: сб. науч. тр. / МАДИ, МОО «Дорож. Конгресс». – М., 2010. – 439 с.

3. Е.В. Строганов, Г.С. Меренцова Влияние антигололедных реагентов на коррозионную устойчивость асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог – Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2011. – с. 273 – 276

УДК 624.131:624.155.1

### Сравнение методов расчёта осадок свайных фундаментов

Девальтовский Е. Э., Скутина Е. В.

*Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются методы расчёта осадок свайных. Указывается, что они не полностью отражают особенности взаимодействия свайных фундаментов с грунтом. Предлагается альтернативная математическая модель взаимодействия с грунтом свайных фундаментов для расчёта осадок.

**Ключевые слова:** свая, свайный фундамент, осадки.

Согласно «СП 24.13330.2021 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты», расчёт свайных фундаментов должен быть выполнен по предельным состояниям двух групп:

а) первой группы – в том числе, по несущей способности (предельному сопротивлению) грунта основания свай;

б) второй группы – в том числе, по осадкам оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок.

Традиционная последовательность проектирования свайного фундамента по «СП 24.13330.2021 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты» предполагает следующее:

1. Определение несущей способности свай тем или иным методом.

2. Определение числа свай в фундаменте из условия расчёта по несущей способности одиночной сваи:

$$\gamma_n \cdot N \leq \frac{F_d}{\gamma_{c.g}} \quad (1)$$

где  $N$  – расчётная нагрузка, передаваемая на сваю от наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок, действующих на фундамент;

$F_d$  – несущая способность одиночной сваи;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по ответственности сооружения;

$\gamma_{c.g}$  – коэффициент надёжности по грунту.

3. Определение осадки свайного фундамента тем или иным методом. Должно соблюдаться условие:

$$S \leq S_u \quad (2)$$

где  $S$  – расчётное значение осадки сваи или свайного фундамента;

$S_u$  – предельное значение осадки сваи или свайного фундамента.

«СП 24.13330.2021 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты» регламентируют рассчитывать свайные фундаменты с построением математических моделей, описывающих механическое поведение свайных фундаментов для предельных состояний первой или второй групп.

Применяемые в настоящее время методы определения осадок свайных фундаментов можно разбить на следующие группы:

1. Методы, рассматривающие свайный фундамент как условный массивный фундамент. (До 2011 года расчет осадок куста свай в соответствии со СНиП 2.02.03.-85 «Свайные фундаменты» следовало, как правило, производить как для условного фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83).

2. Методы, рассматривающие свайный фундамент как совокупность одиночных свай, находящихся в поле перемещений соседних свай и основанные на принципе суперпозиции. (В 2011 году вышла актуализированная редакция СНиП 2.02.03.-85 - СП 24-13330-2021 «Свайные фундаменты», где проектировщикам был предложен новый метод расчета осадок свайных фундаментов (расчёт осадки куста как осадки одиночной сваи с учётом взаимного влияния свай в группе)).

Рассмотрим подробнее методы расчёта осадок этих групп.

*Методы, рассматривающие свайный фундамент как условный массивный фундамент.*

Исходят они практически из одного и того же предположения, что сваи и зажатый между ними грунт представляют собой массивный фундамент, хотя размеры его, глубину и характер передачи давления на окружающий грунт не совпадают.

Рассмотрение свайного фундамента как массивного является чисто условным приёмом, применимым в ограниченном числе случаев.

Схема условного массива хорошо объясняет лишь одну особенность работы свайных фундаментов, а именно, что осадка их во много раз превышает осадку одиночных свай. Эта группа методов вообще не позволяет исследовать взаимодействие с грунтом различных свай фундамента, тем более его изменение в различных фазах нагружения фундамента.

*Методы, рассматривающие фундамент как совокупность одиночных свай, находящихся в поле перемещений соседних свай.*

Методы этой группы, удовлетворительно предсказывая неравномерность нагрузки на сваи, достаточно упрощённо трактуют взаимное влияние свай в фундаменте, сводя его лишь к увеличению осадки одиночной сваи, находящейся в поле перемещений соседних одиночных свай. Тогда как экспериментальные исследования указывают на изменение взаимодействия с грунтом свай, работающих в составе свайного фундамента.

Экспериментально-теоретические исследования взаимодействия с грунтом свайных фундаментов выявили ряд особенностей, которые традиционные методы учесть не могут. Основная из них – так называемый «кустовой эффект». Он заключается в том, что взаимодействие с грунтом сваи в составе группы свай отличается от взаимодействия с грунтом одиночной сваи. Это проявляется в изменении передачи нагрузки на грунт стволом и нижним концом сваи, работающей в составе группы свай, в изменении протекания процесса проскальзывания ствола сваи по грунту, в изменении несущей способности «кустовой» сваи по сравнению с одиночной и в изменении графика зависимости «нагрузка-осадка», [1]. Проявление «кустового эффекта» зависит от грунтовых условий, параметров сваи и параметров свайного фундамента (числа свай, расстояния между сваями и т. д.), степени загрузки свайного фундамента (т. е., проявление «кустового эффекта» изменяется по мере загрузки свайного фундамента).

Автором разработана универсальная модель взаимодействия сваи с грунтом, описывающая работу, как одиночной сваи, так и группы свай, [2].

В отличие от традиционных методов расчёта осадок свайных фундаментов, модель позволяет проследить взаимодействие с грунтом сваи или свайного фундамента от начала загрузки до полной потери несущей способности, [3].

Модель выявила значительное отличие во взаимодействии с грунтом одиночной и кустовой свай, [4]. Анализ показывает, что сдвигающие напряжения по стволу кустовой сваи в стадии упругого взаимодействия значительно меньше, чем у одиночной. Причём активно взаимодействует с грунтом лишь нижняя часть ствола кустовой сваи. Это хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Модель выявила принципиальные отличия в процессах проскальзывания по грунту стволов одиночной и кустовой свай. Срыв по стволу одиночной сваи начинается у головы сваи, где сдвигающие напряжения достигают предельных значений, и протекает сверху вниз. У кустовой сваи сдвигающие напряжения достигают предельных значений у нижнего конца сваи и срыв по стволу сваи протекает снизу-вверх.

В процессе проскальзывания ствола одиночной сваи по грунту, нагрузка, передаваемая стволом сваи, увеличивается незначительно, тогда как у кустовой сваи её рост значителен, но достигается при больших осадках свай.

Также значительно увеличивается передача нагрузки нижним концом кустовой сваи по сравнению с одиночной из-за пригрузки грунта напряжениями, возникающими в межсвайном грунте при передаче нагрузки стволом сваи.

Выявленные особенности взаимодействия с грунтом одиночной и кустовой свай хорошо согласуются с экспериментальными данными.

#### **Библиографический список:**

1. Фадеев А.Б., Девальтовский Е.Э. Кустовой эффект при работе свайных фундаментов на вертикальную нагрузку. Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении. Сб. науч. Тр. В 2 т. Т 2. Методы проектирования эффективных конструкций оснований и фундаментов//НИИ оснований и подземных сооружений. Под общ. Ред. В.А. Ильичёва. – М.: Стройиздат, 1987, с. 33-34.
2. Девальтовский Е.Э. Исследование работы свайных фундаментов с учётом их взаимодействия с межсвайным грунтом. Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н., Л., ЛИСИ, 1982., и др.
3. Девальтовский Е.Э., Ванеева О.Ю. Две модели работы группы свай. Сборник научных трудов. Материалы научно-технической конференции (17-20 апреля 2012 г.): в 3 ч.; ч.1 – Ухта: УГТУ, 2012, с. 339-342.
4. Девальтовский Е.Э., Скутина Е.В. Особенности взаимодействия с грунтом одиночной и кустовой свай. Сборник научных трудов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы развития Европейского Севера» (8-9 июня 2023 года) / под редакцией Р. В. Агиней. – Ухта : Изд-во УГТУ, 2023. – 196 с. : ил. – Текст : электронный. с. 182-184.

УДК 625

#### **Перегрузжатели асфальтобетонных смесей / Handlers for asphalt concrete mixtures**

Толоковский М. А., Сергеев А. С.

Tolokovsky M. A., Sergeev A. S.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет. г. Пермь, Россия

**Аннотация.** Долговечность асфальтобетонных покрытий зависит от множества факторов, начиная от правильности выбора проектного решения на стадии инженерного проекта и заканчивая качеством асфальтобетонной смеси и правильностью подбора техники в асфальтоукладочном отряде. Но даже при соблюдении всех вышеперечисленных условий подрядчик не может быть уверен в высоком качестве работ. Важным условием, определяющим долговечность асфальтобетонных покрытий, является обеспечение температурной и гранулометрической однородности асфальтобетонной смеси при ее укладке и уплотнении, которая достигается организацией непрерывного процесса устройства слоя из асфальтобетона, а также дополнительным перемешиванием смеси перед ее загрузкой в бункер укладчика. Не стоит лишний раз перечислять, как влияют на ровность будущего покрытия постоянные остановки асфальтоукладчика для выгрузки смеси из самосвала, и к каким негативным последствиям приводит гранулометрическая и температурная сегрегация асфальтобетонной смеси, возникающая при загрузке и транспортировке смеси к укладчику. На эту тему уже многое сказано. Да и способ решения вышеописанных проблем давно известен - это применение перегужателей асфальтобетонных смесей. А вот вопрос выбора этих перегужателей заслуживает отдельного внимания.

**Ключевые слова:** Перегужатель, асфальтобетонная смесь, технология, качество покрытия.

**Annotation.** The durability of asphalt concrete pavements depends on many factors, ranging from the correct choice of design solution at the engineering project stage to the quality of the asphalt concrete mixture and the correct selection of equipment in the asphalt paving team. But even if all the above conditions are met, the contractor cannot be sure of the high quality of the work. An important condition that determines the durability of asphalt concrete pavements is ensuring the temperature and granulometric uniformity of the asphalt concrete mixture during its laying and compaction, which is achieved by organizing a continuous process of laying a layer of asphalt concrete, as well as additional mixing of the mixture before loading it into the paver hopper. There is no point in listing once again how constant stops of the asphalt paver to unload the mixture from the dump truck affect the evenness

of the future pavement, and what negative consequences result from the granulometric and temperature segregation of the asphalt concrete mixture that occurs during loading and transportation of the mixture to the paver. Much has already been said on this topic. And the way to solve the problems described above has long been known - this is the use of asphalt concrete mixture loaders. But the issue of choosing these loaders deserves special attention.

**Keywords:** Reloader, asphalt concrete mixture, technology, coating quality.

Строительство автомобильных дорог — это сложный процесс, который включает в себя несколько этапов. Один из таких этапов — это доставка асфальтобетонной смеси до объекта для укладки и ее уплотнения. Каждый из этих этапов очень важен и требует использования различной техники для каждой отдельной задачи.

Давайте рассмотрим технику, которая используется для транспортировки асфальтобетонной смеси из кузова автосамосвала в приёмный бункер асфальтоукладчика.

Перегрузатель — это прицепная или самоходная машина, которая служит связующим звеном между автосамосвалом и асфальтоукладчиком. Основная функция перегружателя заключается в безостановочной работе асфальтоукладчика, передавая смесь от самосвала к асфальтоукладчику так же обеспечивая одинаковую температуру смеси и равномерность зернового состава АБС. [2].

Для обеспечения долговечности покрытия ведутся важные исследования, перейдём к рассмотрению техники, которая помогает снизить температурную и фракционную сегрегацию что позволяет быть смеси однородной – это перегружатели асфальтобетонных смесей. [1].

Трудно переоценить значение перегружателя в процессе укладки дорожного покрытия. Эта машина была специально разработана для решения нескольких ключевых задач в дорожной отрасли.

Во-первых, перегружатель помогает повысить качество и увеличить срок службы дорожного покрытия. Это достигается за счёт обеспечения непрерывности процесса укладки и повышения ровности покрытия. В результате значительно снижается воздействие деструктивной динамической нагрузки от колёс движущегося транспорта, что препятствует образованию выбоин и ям.

Во-вторых, перегружатель способствует восстановлению однородной плотности асфальтобетона перед её укладкой и уплотнением. Это достигается путём восстановления температурной и фракционной однородности смеси после транспортировки к месту укладки. В результате значительно повышается качество уплотнения при формировании покрытия, что значительно увеличивает его срок службы.

Использование перегружателя позволяет исключить остановки асфальтоукладчика что позволяет ускорить процесс укладки асфальтобетонной смеси. Так как увеличивается скорость укладки асфальтобетонной смеси дорожное полотно не имеет поперечной колеи.

Перегрузатель оснащен бункером, который играет важную роль. Он позволяет вместить привозимую смесь. Таким образом, перегружатель выполняет две функции: перемешивание асфальтобетонной смеси и хранение смеси. Это позволяет сократить общее время цикла и уменьшить количество необходимых автосамосвалов. (рисунок №1).

Если использовать дополнительный бункер для асфальтоукладчика, можно увеличить общий запас асфальтобетонной смеси примерно до 45 тонн, в зависимости от объёма бункера перегружателя. Благодаря этому решению можно укладывать асфальт на большом расстоянии от объекта строительства до асфальтобетонного завода.

Начало технологического процесса происходит с приемки асфальтобетонной смеси из автосамосвала в приемный бункер перегружателя. Затем смесь подаётся на промежуточный конвейер с помощью шнека, который направляет её в основной бункер. В этом бункере смесь перемешивается. Этот процесс помогает избежать температурных перепадов и сегрегации смеси, что важно для получения качественного асфальтобетона.

Второй и третий этапы включают подачу смеси по конвейеру в асфальтоукладчик для дальнейшей укладки.

Исходя из результатов исследования, можно сделать следующие выводы:

Перегрузатель не только повышает качество асфальтобетонной смеси, которую предстоит уложить, но и восстанавливает её температурную и фракционную однородность после транспортировки к месту работ. Это позволяет получить однородную смесь непосредственно перед укладкой.

Благодаря своей универсальности, перегружатель может быть успешно применён в различных природно-климатических и производственных условиях.

Таким образом, перегружатель повышает качество смеси что позволяет значительно увеличить срок эксплуатации дорожного покрытия.



1 – автосамосвал; 2 – перегружатель; 3 – асфальтоукладчик

Рисунок 1 - Схема технологического процесса:

#### **Библиографический список:**

1. Инновационные технологии в производстве асфальтобетонных смесей / Ю.Э. Васильев, А.В. Илюхин, В.И. Марсов, Е.В. Марсова. – Москва: Московский автомобильнодорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 116 с. – EDN XQYGRD.
2. Отраслевой дорожный методический документ // Мир дорог. – 2019. – № 117. – С. 34-37. – EDN XXUWKF.
3. Петухов Д.С., Карпушко М.О. Преимущества применения перегружателей при укладке асфальтобетонной смеси // Химия. Экология. Урбанистика. – 2020. – Т. 3. – С. 189–193.
4. ОДМ 218.3.102-2017 Методические рекомендации по устройству асфальтобетонных покрытий при неблагоприятных погодных условиях



## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

<b>А</b>		<b>К</b>		<b>Р</b>	
Агеев А. Э.	6	Клевеко В. И.	26, 28	Романов К. К.	121
Александрова А. В.	99	Коломинова М. В.	9	Рубенков В. Э.	28
<b>Б</b>		<b>Л</b>		<b>С</b>	
Базарова А. М.	13	Лебедь А. Д.	55	Савич В. Л.	60, 64
Бояркина А. С.	17, 20	Лицингер Ю. К.	26	Садыков Р. Р.	118
Бубнова Е. Д.	99	<b>М</b>		Севостьянова О. П.	31
Бурмистров Д. В.	36	Мазихина М. А.	104	Сергеев А. С.	99, 104, 118, 121, 126
Бурмистрова О. Н.	17, 20	Майорова Н. С.	108	Скутина Е. В.	124
Быкова М. В.	72	Медведков А. А.	72	Старцев А. Э.	40
<b>В</b>		Меньшиков С. В.	42	<b>Т</b>	
Власов А. С.	89	Миронюк А. В.	110	Тетеревлева Е. В.	6, 50
Власова Е. А.	121	Михайленко Е. В.	113	Тимохов Р. С.	68
<b>Г</b>		Михайлов В. А.	77	Тимохова О. М.	68
Григорьева Т. А.	74	Михеевская М. А.	58	Тихомирова К. С.	95
Грунковой Т. В.	91, 92	Михеевский Е. В.	58	Токарева С. А.	87
<b>Д</b>		Михитаров А. Р.	60	Толоковский М. А.	126
Девальтовский Е. Э.	124	Мотрюк И. Н.	36	<b>У</b>	
Дементьев И. А.	13	Мучкинова Л. И.	46	Уткин Р. О.	89
Дубровский М. А.	77	<b>Н</b>		<b>Ф</b>	
Думицкая Н. Г.	55	Наумов А. А.	118	Фомин А. И.	91, 92
<b>З</b>		Николаева Г. В.	82	<b>Ч</b>	
Замилов А. А.	23	<b>О</b>		Чемшикова Ю. М.	52
<b>И</b>		Осадчая Г. Г.	82	<b>Ш</b>	
Иванов Г. С.	101	Отев К. С.	46, 50, 64	Шабовта А. А.	79
Ивенина И. В.	79	<b>П</b>		Шакирзянов Д. И.	68
<b>К</b>		Паздерина П. А.	99	Шполянская Н. А.	82
Киборт И. Д.	101	Первухин Н. А.	121		
		Печенко Н. С.	48		
		Пискайкина М. М.	85		
		Полетаев С. В.	40		

