

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

№105, Январь 2024  
(Часть 12)



Самара, 2024

T33

**Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №105, Январь 2024 (Часть 12) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 - 224 с.**

**doi:** 10.18411/trnio-01-2024-p12

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

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

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

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

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

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного  
профессионального образования

УДК 001.1  
ББК 60

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Черноятов Александр Михайлович**

Кандидат экономических наук, Профессор

**Царегородцев Евгений Леонидович**

Кандидат технических наук, доцент

**Пивоваров Александр Анатольевич**

Кандидат педагогических наук

**Малышкина Елена Владимировна**

Кандидат исторических наук

**Ильященко Дмитрий Павлович**

Кандидат технических наук

**Дробот Павел Николаевич**

Кандидат физико-математических наук, Доцент

**Божко Леся Михайловна**

Доктор экономических наук, Доцент

**Бегидова Светлана Николаевна**

Доктор педагогических наук, Профессор

**Андреева Ольга Николаевна**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**

Кандидат юридических наук

**Ерыгина Анна Владимировна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Чебыкина Ольга Альбертовна**

Кандидат психологических наук

**Левченко Виктория Викторовна**

Кандидат педагогических наук

**Петраш Елена Вадимовна**

Кандидат культурологии

**Романенко Елена Александровна**

Кандидат юридических наук, Доцент

**Мирошин Дмитрий Григорьевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ефременко Евгений Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, Доцент

**Шалагинова Ксения Сергеевна**

Кандидат психологических наук, Доцент

**Катермина Вероника Викторовна**

Доктор филологических наук, Профессор

**Полицинский Евгений Валериевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Пузыня Татьяна Алексеевна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**

Доктор биологических наук, Доцент

**Афанасьева Татьяна Гавриловна**

Доктор фармацевтических наук, Доцент

**Байрамова Айгюн Сеймур кызы**

Доктор философии по техническим наукам

**Лыгин Сергей Александрович**

Кандидат химических наук, Доцент

**Заломнова Светлана Петровна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Радкевич Михаил Михайлович**

Доктор технических наук, Профессор

**Гуткевич Елена Владимировна**

Доктор медицинских наук

**Матвеев Роман Сталинарьевич**

Доктор медицинских наук, Доцент

**Аирапов Баходурджон Пулотович**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Шамутдинов Айдар Харисович**

Кандидат технических наук, Профессор

**Найденев Николай Дмитриевич**

Доктор экономических наук, Профессор

**Романова Ирина Валентиновна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Хачатурова Карине Робертовна**

Кандидат педагогических наук

**Кадим Мундер Мулла**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Григорьев Михаил Федосеевич**

Кандидат сельскохозяйственных наук

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ XX. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	8
<b>Абдулмажидов Х.А.</b> Анализ напряженного состояния элементов рабочего оборудования мелиоративных машин .....	8
<b>Абдулмажидов Х.А.</b> Формирование комплексов машин для очистки мелиоративных каналов зоны осушения .....	10
<b>Вундерзе А., Баклушина И.В.</b> Применение эффекта кавитации в различных областях промышленности .....	13
<b>Гулевич А.И.</b> Глобальное воздействие арктических нефтегазовых ресурсов на энергетическую стратегию мира .....	15
<b>Гулевич А.И.</b> Глобальные тенденции в разведке и добыче сланцевого газа: вызовы и возможности .....	18
<b>Гулевич А.И.</b> Исследование методов переработки нефтепродуктов .....	20
<b>Гулевич А.И.</b> Оптимизация процессов добычи и транспортировки нефтегазовых ресурсов .....	22
<b>Гулевич А.И.</b> Сравнительный анализ методов геологоразведки в нефтегазовой промышленности: эффективность и перспективы .....	25
<b>Гулевич А.И.</b> Технологии снижения выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли .....	27
<b>Гулевич А.И.</b> Технологические аспекты разработки морских месторождений в Арктике: Анализ эффективности и вызовы глобальной энергетики .....	30
<b>Гулевич А.И.</b> Физико-химическая очистка выбросов загрязняющих веществ на предприятиях нефтегазового комплекса .....	32
<b>Жукова Ж.С., Гусакова А.А., Степанова А.А., Толасова А.А.</b> О материалах, способствующих уменьшению уровня шума в жилых помещениях .....	35
<b>Злыгостева Д.А., Сафронова И.Г.</b> Молниезащита автозаправочных станций .....	37
<b>Максимов Е.А.</b> Анализ влияния изменения климатических условий на работоспособность и эффективность газового оборудования .....	41
<b>Максимов Е.А.</b> Анализ замены стационарных боновых заграждений на всплывающие боновые заграждения для обонки нефтяного танкера во время его загрузки .....	43
<b>Максимов Е.А.</b> Анализ методов обнаружения утечек в магистральном трубопроводе, используемых в соу .....	47
<b>Максимов Е.А.</b> Анализ методов сжигания природного газа .....	49
<b>Максимов Е.А.</b> Анализ методов утилизации нефтяных шламов .....	52
<b>Максимов Е.А.</b> Анализ экономической эффективности использования газового оборудования для отопления и горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях .....	56
<b>Максимов Е.А.</b> Деятельность международных нефтегазовых компаний в сфере противодействия изменения климата .....	58
<b>Максимов Е.А.</b> Магистральные нефтепроводы в условиях вечной мерзлоты: Оптимизация эксплуатации и вызовы инфраструктуры .....	61
<b>Максимов Е.А.</b> Методы изоляции внутриквартальных газопроводов .....	64
<b>Максимов Е.А.</b> Особенности перекачки газонасыщенных нефтей .....	66

<b>Максимов Е.А.</b> Системы автоматизации для управления магистральными нефтепроводами .....	69
<b>Максимов Е.А.</b> Управление рисками и безопасность при эксплуатации магистральных трубопроводов .....	72
<b>Максимов Е.А.</b> Эффективность использования ресурсов морских бассейнов для добычи нефти и газа .....	75
<b>Максимов Е.А., Добрянский Р.Ф.</b> Оценка перспективности использования биотехнологий в очистке нефтепроводов .....	78
<b>Моисеев С.А.</b> Безаварийная эксплуатация подводных переходов магистрального нефтепровода.....	81
<b>Моисеев С.А.</b> Газовые инновации. Как новые технологии преобразуют энергетический сектор .....	83
<b>Моисеев С.А.</b> Глубоководная добыча. Вызовы и возможности для нефтегазовой промышленности .....	86
<b>Моисеев С.А.</b> Инновации в проектировании и строительстве морских нефтегазовых платформ: технологический прогресс и безопасность.....	89
<b>Моисеев С.А.</b> Инновации в техническом обслуживании нефтепроводов: современные подходы и технологии .....	92
<b>Моисеев С.А.</b> Новые методы исследования запасов углеводородов.....	95
<b>Моисеев С.А.</b> Подводные хранилища природного газа .....	98
<b>Моисеев С.А.</b> Развитие технологий добычи сланцевого газа и сланцевой нефти .....	101
<b>Моисеев С.А.</b> Экологические проблемы нефтяной промышленности и пути их решения...	103
<b>Мотигуллин Т.А., Борисова О.В.</b> Повышение эффективности и удобства системы управления котлами путем автоматизации .....	106
<b>Нескордеев В.А.</b> Модифицированный битум с кубовыми остатками при производстве анилина (асд) .....	108
<b>Павлов Э.Н., Вохмин В.С., Нугуманов Р.Р.</b> Математическое моделирование элемента Пельтье в качестве охлаждающего элемента охладителя воздуха .....	114
<b>Полякова А.Ю., Артамонова Е.В.</b> Влияние агрессивных сред на стальные трубопроводы .....	117
<b>Соколов Н.С.</b> Выравнивание кренов объектов.....	119
<b>Соколов Н.С.</b> Геотехническая технология усиления основания .....	126
<b>Соколов Н.С.</b> Геотехническая установка для изготовления свай.....	134
<b>Соколов Н.С.</b> Исследование установки для устройства свай .....	138
<b>Соколов Н.С.</b> Подход решения по увеличению несущей способности основания .....	145
<b>Соколов Н.С.</b> Распространенная ошибка при строительстве объектов .....	149
<b>Соколов Н.С.</b> Расчет осадок фундаментов при повышенных нагрузках .....	154
<b>Соколов Н.С.</b> Техническая целесообразность устройства свай .....	160
<b>Соколов Н.С.</b> Технология обеспечения устойчивости ограждения котлована.....	164
<b>Тимофеева А.В., Киселева А.Ю., Баклушина И.В.</b> Современные тенденции использования альтернативных источников тепла.....	172
<b>Хисматуллин Э.Г., Беляева М.Б.</b> История развития компьютерного зрения.....	175

<b>Ходоркин О.Л., Кузменко И.В.</b> С Некоторые аспекты противоминной защищённости боевых машин.....	181
<b>Шамутдинов А.Х., Брыкин Д.Н.</b> Решение основных задач кинематики крано-манипуляторной установки.....	189
<b>Швец Т.Р., Сафронова И.Г.</b> Пожарная опасность молнии и способы защиты от ее воздействия.....	193
<b>Efremova M.E. , Dmitrienko N.A.</b> Vertical landscaping.....	197
<b>Shapoval D.A., Moiseeva K.S., Artamonova E.V.</b> Reliability of an automatic fire sprinkler installation in a woodworking shop .....	200
<b>РАЗДЕЛ XXI. МАТЕМАТИКА</b> .....	203
<b>Гориу А.О.</b> Математические методы в микроэкономике. Математические методы в макроэкономике .....	203
<b>Залукаева О.В.</b> Вычисление потока векторного поля методом введения криволинейных координат на поверхности .....	206
<b>Исакина А.Р., Сербина Л.И.</b> Элементы математического моделирования как один из методов решения практико-ориентированных задач .....	210
<b>Поверенов Г.А., Макаров С.И.</b> Зарождение математики как науки .....	214
<b>Полякова И.С.</b> «Черный ящик» и неопределенность математических операций. Уравнения и их решения.....	216

## РАЗДЕЛ XX. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдулмажидов Х.А.

### Анализ напряженного состояния элементов рабочего оборудования мелиоративных машин

*Российский государственный аграрный университет  
МСХА имени К.А.Тимирязева  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-569

#### Аннотация

Разработка, конструирование и модернизация элементов рабочего оборудования мелиоративных машин сопряжено с изменением массы, нагрузок материалов и требует проведения анализа напряженного состояния. Целью анализа напряженного состояния или прочностного расчета является определение запаса прочности исследуемой конструкции.

**Ключевые слова:** анализ напряженного состояния, прочностной расчет, запас прочности, 3D-моделирование, метод конечных элементов, проектирование рабочих органов мелиоративных машин.

#### Abstract

The development, design and modernization of the elements of the working equipment of land reclamation machines is associated with a change in the mass, loads of materials and requires a stress state analysis. The purpose of stress state analysis or strength analysis is to determine the safety factor of the structure under study.

**Keywords:** stress state analysis, strength calculation, safety factor, 3D modeling, finite element method, design of working bodies of land reclamation machines.

Создание новой конструкции, детали или элемента рабочего оборудования мелиоративной машины, находящейся под нагрузкой определенной величины, требует проведения анализа напряженного состояния, т.е. выполнения прочностного расчета. Такой анализ можно проводить, используя правила, принятые в дисциплине «Сопротивление материалов». Упрощенный прочностной расчет, согласно правил данной дисциплины, сводится к формированию схемы конструкции и обозначению на ней действующих статических сил. Такой подход дает приближенный результат, требующий заведомого задания большого запаса прочности, подтверждением чему служат громоздкие конструкции элементов рабочего оборудования мелиоративных машин, созданных 40-50 лет назад [1-4].

Запас прочности представляет собой величину, полученную отношением действующих предельных напряжений к допускаемым значениям напряжений. Допускаемые напряжения для различных материалов приводятся в справочной литературе. Для стальных конструкций, как для наиболее распространенных при проектировании элементов мелиоративных машин, запас прочности в учебных проектах принимается равным в диапазоне от 1,5 до 2,0 единиц. Для чугунных конструкций, как для сравнительно со сталью более хрупких элементов запас прочности принимается в пределах от 2,0 до 2,5. Если запас прочности окажется ниже допустимого диапазона, значит деталь не выдерживает нагрузок. Если запас прочности превышает допустимый диапазон – то имеется расход металла.

В настоящее время для проектирования конструкций рабочего оборудования мелиоративных машин применяются различные графические компьютерные программы, такие как импортные AutoCAD, Inventor Pro, SolidWorks, CATIA или их отечественные аналоги Компас, nanoCAD, T-FLEX CAD. Программы AutoCAD и nanoCAD предназначены для классического черчения с возможностью создания объемных элементов. Все остальные



программы из перечисленных обладают возможностями ассоциативного черчения, т.е. предварительного создания объемной детали или конструкции и возможности их быстрого перевода в плоскость с подготовкой технической документации на изготовление.

Кроме того, данные программы содержат модули, позволяющие проводить прочностной расчет нагруженных конструкций. Такой анализ напряженного состояния носит название – прочностной расчет деталей методом конечных элементов (МКЭ). Основы этого метода появились еще в 40-50-х годах прошлого века, и получают наибольшее развитие с 80-х годов по настоящее время. Сущность этого метода заключается в последовательном выполнении следующих операций [5-7]:

1. Создание объемной детали методами выдавливания, кручения или лофтинга эскизов. В случаях необходимости формируется сборка нескольких элементов в единый узел.
2. Задание материала исследуемой конструкции.
3. Определение опорных ограничений.
4. Задание действующих нагрузок и моментов в определенных точках и расчетной величины. Нагрузки могут быть сосредоточенные, распределенные и в виде крутящих моментов.
5. Разбивка конструкции на конечные элементы (создание конечно-элементной сетки, разбивка на тетраэдры).
6. Проведение расчета.
7. Получение отчета по исследованию в виде отдельного файла.

Пример расчета балки методом конечных элементов в системе Inventor Pro представлен на рисунке 1.

Конечные элементы в прочностном расчете носят название тетраэдров. При проведении анализа программа исследует под нагрузкой каждый тетраэдр, результаты интегрируются и выдаются в виде таблиц и гистограмм. Наиболее важной расчетной характеристикой в отчете, на основании величины которой принимается решение о возможности применения детали или конструкции в рабочем оборудовании машины, является запас прочности.

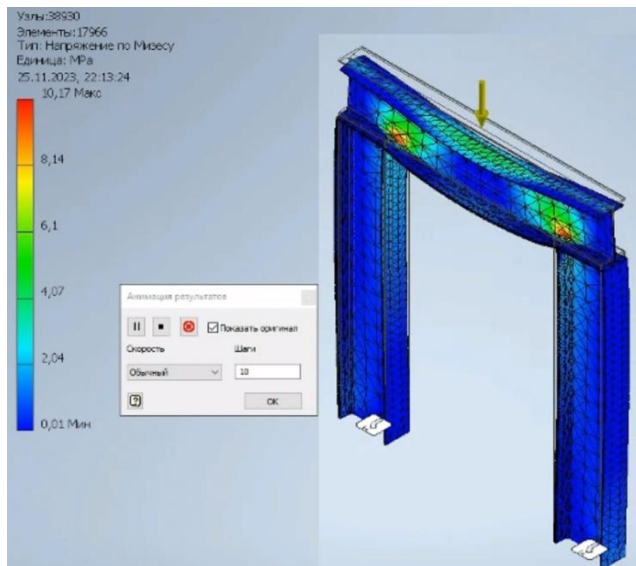


Рисунок 1. Расчет балки на прочность методом конечных элементов в системе Inventor Pro.

Наиболее напряженные участки балки, особенно те, где имеются сварные швы, выделены красным цветом.

В случаях, когда расчетный запас прочности находится в пределах близких к минимальным допустимым значениям для данной конструкции, имеет смысл проведения уточненного прочностного расчета. В этом случае размеры конечных элементов уменьшаются,

что дает возможность получения более плотной сетки, соответственно и более точного результата.

\*\*\*

1. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Издательский центр "Академия", 2017. – 349 с. – ISBN 978-5-4468-4649-8.
2. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2020. – 86 с. – ISBN 978-5-6044137-4-6.
3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.
4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. – 30 с.
5. Алферов, И. В. Расчет статически неопределимой рамы методом сил и методом конечных элементов / И. В. Алферов, Я. В. Бинаев, В. А. Асланов // Инновации. Наука. Образование. – 2022. – № 58. – С. 117-121.
6. Пургин, А. А. Оптимизация методом Ньютона балочной системы, моделируемой методом конечных элементов / А. А. Пургин // Математическое моделирование в естественных науках. – 2016. – Т. 1. – С. 304-306.
7. Косов, М. Г. Сравнительная оценка точности метода конечных элементов и метода функций отклика / М. Г. Косов, К. А. Симанженков, М. А. Аметова // Вестник МГТУ "Станкин". – 2018. – № 3(46). – С. 106-111.

**Абдулмажидов Х.А.**

**Формирование комплексов машин для очистки мелиоративных каналов зоны осушения**

*Российский государственный аграрный университет  
МСХА имени К.А.Тимирязева  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-570

**Аннотация**

Эксплуатация мелиоративных каналов осушительной системы с момента их прокладки требует проведения очистных работ. Очистка каналов производится комплексами машин, состав и количество типоразмеров которых регулируется в зависимости от состояния элементов мелиоративной системы. Состав комплексов также может быть определен исходя из объемов работ, сезонности и протяженности каналов.

**Ключевые слова:** очистка каналов, состояние каналов, объемы наносов, комплексы каналоочистительных машин, зона осушения, сезонность проведения очистных работ.

**Abstract**

The operation of reclamation canals of the drainage system from the moment of their laying requires cleaning work. Canal cleaning is carried out by complexes of machines, the composition and number of standard sizes of which are regulated depending on the condition of the elements of the reclamation system. The composition of the complexes can also be determined based on the scope of work, seasonality and length of canals.

**Keywords:** canal cleaning, canal condition, sediment volumes, canal cleaning machine complexes, drainage zone, seasonality of cleaning operations.

Очистные работы на мелиоративных каналах зоны осушения обычно проводят осенью, когда русло канала произрастает травянистой и кустарниковой растительностью, препятствующей отводу излишков воды с мелиорируемой территории. Кроме того, на дне и на прилежащих ко дну частях откосов каналов появляются наносы, которые необходимо удалять, обеспечивая требуемую проектную глубину канала. В противном случае невозможно

поддерживать соответствующую для выращиваемой на мелиорируемом сельскохозяйственном поле культуры норму осушения.

Формирование того или иного каналоочистительного комплекса осуществляется в зависимости от количества наносов, заилений, травянистой и кустарниковой растительности, а также наличия древесных включений на единицу длины канала. В каждом случае в состав комплекса машин могут входить машины, предназначенные для удаления из русла канала всех перечисленных включений. Кроме этого, каналы могут быть деформированы или могут быть размытые участки, а для этих случаев необходимо применять другие машины. Если работы проводятся осенью, в дождливый период, то необходимо использовать каналоочистительные машины с высокопроходимой базой способные перемещаться по влажному грунту [1-4].

В мелиоративных хозяйствах, в которых постоянно проводятся операции по уходу за каналами капитальный ремонт проводится реже в отличие от тех, где таких работ нет. Наносы, заиления и травянистая растительность, перемещаемые со дна канала на берму специальной каналоочистительной машиной, в дальнейшем, при их безвредности для выращиваемой культуры, можно фрезеровать и распределять по полю. Соответственно, для этой операции необходима также специальная машина. В случае отсутствия ухода за каналами в них могут оказаться мусор, вредные для окружающей среды вещества, каменистые и древесные включения, которые нельзя распределять по сельскохозяйственному полю. В таком случае все содержимое русел каналов необходимо удалять и транспортировать на утилизацию.

С экономической точки зрения, очевидно, что комплексы для выполнения операций по очистке и восстановлению каналов не могут содержать большое количество машин и их типоразмеров. И в то же время одной машиной выполнять все операции тоже невозможно, поэтому цель работы заключается в нахождении оптимального состава комплекса [5-7].

В качестве примеров можно рассмотреть несколько вариаций формирования оптимальных комплексов с конкретными марками ведущих машин. В качестве ведущих машин можно использовать специальные каналоочистительные машины выполняющие основные операции, к примеру, это может быть каналоочиститель ОКН-0,5 (очиститель каналов навесной к пневмоколесному трактору МТЗ-1221 или каналоочиститель РР-303 (русловый ремонтер на базе гусеничного трактора ДТ-75). Обе машины предназначены периодического позиционного действия для очистки дна от наносов и заилений. Они разрабатывают наносы и заиления на дне канала и перемещают их на берму. Далее, в случае безвредности наносов для сельскохозяйственных культур их можно фрезеровать и распределять по полю на расстояния до 15-20 м. В таком случае можно сформировать два комплекса, в состав которых входят по две специальные машины (каналоочиститель и фрезерная машина).

Другая ситуация может складываться если на дне и откосах каналов кроме наносов и заилений имеется мусор (пластик, стекло, твердые отходы), каменистые, кустарниковые и древесные включения. С помощью ведущих машин комплексов перечисленные включения на дне канала можно переместить на берму, а для дальнейшего перемещения необходим бульдозер для сбора материалов в кучи, одноковшовый экскаватор для погрузки куч в грузовой автотранспорт, который в свою очередь перевозит все к местам утилизации. В таком варианте формирования комплекса что количество машин разного назначения растет.

Кроме перечисленных случаев формирования комплексов машин существуют способы, основанные на минимизации затрачиваемых средств и продолжительности проведения операций. Такие комплексы могут быть сформированы использованием алгоритма Дейкстры. На рисунке 1 представлен граф для выбора оптимального комплекса из пяти представленных на основании технико-эксплуатационных показателей.

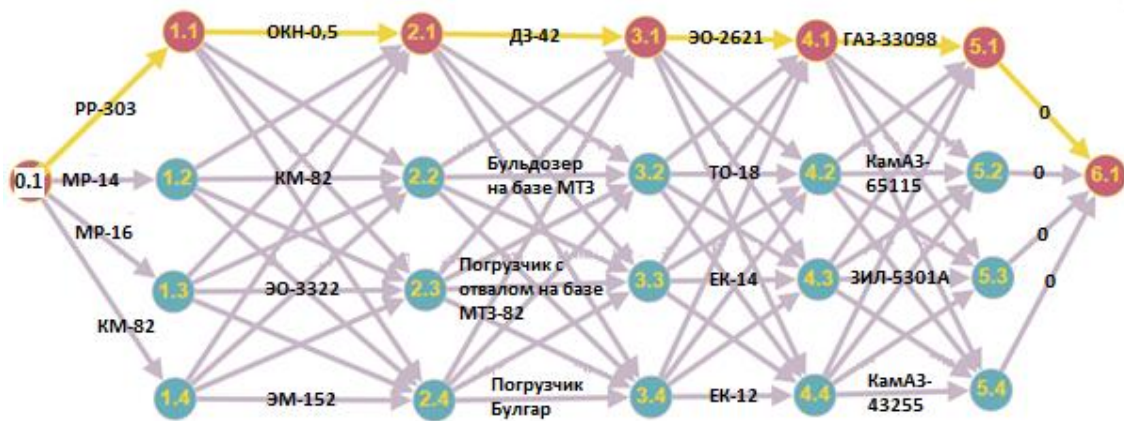


Рисунок 1. Определение наиболее оптимального комплекса каналоочистительных машин из перечня возможных вариантов с помощью алгоритма Дейкстры.

Наиболее оптимальным оказался верхний комплекс, в котором в качестве ведущих машин выбраны ОКН-0,5 и РР-303. Данный комплекс содержит пять видов машин, хотя в целом комплексы могут содержать большее или меньшее количество машин в зависимости от их универсальности. К примеру, бульдозер ДЗ-42 в некоторых случаях можно исключить, поскольку экскаватор ЭО-2621 или ведущий каналоочиститель ОКН-0,5 содержат бульдозерное оборудование для выполнения несложных работ по перемещению волоком грунтов по поверхности бермы.

1. Состав комплексов мелиоративных каналоочистителей формируется в зависимости от состояния каналов, количества наносов, заилений и растительности на дне и откосах.
2. Сезонность проведения работ определяет машины комплексов с тем или иным видом ходового устройства с соответствующей проходимостью.
3. Оптимальный комплекс каналоочистительных машин может быть выбран из имеющегося перечня с помощью алгоритма Дейкстры на основании технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей.

\*\*\*

1. Русанова, Т. Г. Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов / Т. Г. Русанова, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Издательский центр "Академия", 2017. – 349 с. – ISBN 978-5-4468-4649-8.
2. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2020. – 86 с. – ISBN 978-5-6044137-4-6.
3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78-80.
4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. – 30 с.
5. Апатенко, А. С. Современная организация ремонтно-технических воздействий для технологических машин мелиоративного комплекса / А. С. Апатенко, Н. И. Владимирова // Труды ГОСНИТИ. – 2015 – Т.119. – С. 23-29.
6. Инновационные комплексы машин для эколого-мелиоративных технологий обработки почвы при возделывании зерновых-колосовых культур / Б. Ф. Тарасенко, С. В. Оськин, В. А. Дробот, В. В. Цыбулевский // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2018. – № 4(36). – С. 51-59.
7. Владимирова, Н. И. Повышение технической готовности машин мелиоративного комплекса за счет оптимизации ремонтно-технических воздействий / Н. И. Владимирова // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы МНТК, Тюмень, 01 февраля 2018 года / Ответственный редактор Ш.М. Мерданов. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 73-77.

Вундерзе А., Баклушина И.В.

**Применение эффекта кавитации в различных областях промышленности**

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

doi: 10.18411/trnio-01-2024-571

**Аннотация**

Явления кавитации в различных средах подтверждает его значительное воздействие на физические и химические процессы. Несмотря на свою разрушительную природу, кавитация находит широкое применение в различных областях промышленности, включая очистку воды, улучшение характеристик вина, обработку промышленных сточных вод и производство пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** кавитация, пузырьки пара, применение кавитации, обработка сточных вод, обработка сырья, технология.

**Abstrakt**

The phenomena of cavitation in various media confirm its significant effect on physical and chemical processes. Despite its destructive nature, cavitation is widely used in various industries, including water purification, wine characterization, industrial wastewater treatment and food production.

**Keywords:** cavitation, bubble pair, application of cavitation, wastewater treatment, feed material treatment, technology.

Эффект кавитации представляет собой физическое явление образования пузырьков в воде или других жидкостях, возникающее при изменении давления жидкости до уровня, когда давление опускается ниже точки насыщения. Когда давление на жидкость или газ снижается ниже давления насыщения, жидкость начинает испаряться даже при комнатной температуре, образуя пузырьки пара. Последующее восстановление давления приводит к коллапсу (схлопыванию) этих пузырьков, что создает мощные вихри и ударные волны в жидкости или газе. Коллапс кавитационных пузырьков оказывает сильное воздействие на окружающие материалы, такие как повреждение поверхностей, изменение характеристик потока и образование шума. Явление кавитации часто возникает в ходовых винтах, насосах, турбомашин и другом работающем оборудовании, это часто приводит к эрозии поверхности и повреждению оборудования.

Однако, кавитация также находит широкое применение в различных областях промышленности, включая очистку воды, медицину, пищевую промышленность, обработку сырья и многие другие области, где требуется точное и эффективное управление потоками газа или жидкости.

Кавитацию разделяют на акустическую, гидравлическую, лазерно-индуцированную, ультразвуково-индуцированную и др. Гидравлическая кавитация используется для осаждения взвешенных элементов в коллоидных жидкостях и гомогенизации. Устройство гидравлической кавитации состоит из цилиндрического корпуса и ротора, который создает центробежную силу, вызывая разделение смеси и образование ударной волны. Это приводит к высоким давлениям и температурам в кавитационных образованиях [7].

Ультразвуковая кавитация в жидкостях способствует высокоэффективному распылению веществ, созданию стабильных эмульсий, поэтому получила обширное распространение при реализации технологических процессов. В водной среде ультразвуковые колебания способствуют активации окислительно-восстановительных процессов. В парогазовой среде присутствуют газовые компоненты, которые способствуют проведению окислительных реакций с образованием карбоновых, окси- или аминокислот [5]. Ультразвуковая кавитация широко применяется в промышленности, в том числе в нефтедобыче для очистки

пластовой воды. Это нужно для повышения качества воды, улучшения процесса разделения нефти и воды, а также уменьшения влияния загрязнений на окружающую среду [8].

Для очистки промышленных сточных вод от токсичных органических биорезистентных соединений начали использовать окислительный физико-химический процесс, происходящий в условиях гидродинамической кавитации. Гидродинамическая кавитация способна активировать радикально-цепные реакции за счёт высвобождения энергии в результате понижения давления в турбулентных потоках во время процесса разрыва сплошности жидкой среды. Это позволяет жидкости растворять вредные вещества за счёт физико-химических изменений её структуры, переводя её в термодинамически неравновесное состояние. Такой метод обработки сточных вод позволяет значительно снизить содержание вредных веществ и приблизить состав воды к безопасным показателям [3].

Внедрение новых технологий, включая ультразвуковую обработку сырья в пищевую промышленность, представляет собой значимый шаг в развитии производства пищевых продуктов. Применение ультразвука позволяет извлекать вещества из клеток, увеличивать поверхность для воздействия ферментов, что способствует преобразованию органических веществ [6]. В молочном производстве технологию кавитационной обработки рационально использовать более мягкие режимы при изготовлении низкожирных сыров, так как процесс гомогенизации способствует потере жира вместе с сывороткой. При изучении влияния высокочастотной акустической обработки молока на жирнокислотный состав сыра брынзы, установлено, что профиль кислот не изменяется, следовательно, процесс ускоренного окисления жира не происходит [2].

Использование кавитации при обработке винограда – это перспективная технология, которая может значительно улучшить характеристики вина. Применение кавитации при мацерации кожицы винограда приводит к улучшению цвета вина и повышению содержания фенолов, что делает вино более качественным. Технология кавитационной обработки позволяет сократить время мацерации более чем на 50% без потери цвета или стабильности вина, что значительно повышает производительность винодельни [1].

Лазерная кавитация появилась в 1970-х годах. Энергию, необходимую для образования пузырьков, обеспечивает импульсный лазер, который фокусируется на водной среде и поглощается водой. После поглощения энергии лазера вода ионизируется, образуя плазму и образуя пузырьки. Считается, что лазерная кавитационная обработка поверхности влияет на механические свойства образца посредством трех процедур: плазменного воздействия, воздействия схлопывания кавитационного пузыря и водоструйного воздействия. Явление лазерной кавитации можно использовать в различных отраслях, например для упрочнения металлов (например, в судостроительной промышленности, автомобильной и аэрокосмической промышленности), также она может использоваться в микроформовке (например, в микроэлектронике, микрофлюидных чипах) для замены обычных методов обработки микроканалов, таких как микрофрезерование, электроэрозионная микрообработка и лазерная обработка. Кроме того, лазерная кавитация имеет множество биомедицинских применений, таких как перфорация клеток и доставка лекарств [9].

Непреднамеренное возникновение эффекта кавитации приводит к нежелательным последствиям, в том числе к быстрому износу эксплуатируемого оборудования. Однако при правильных условиях положительно сказывается на технологических процессах и может эффективно применяться на практике.

\*\*\*

1. Уколов, А. И. Использование гидродинамической кавитации в производстве красного вина / А. И. Уколов, В. П. Родионов // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2021. – № 2. – С. 164-177. – DOI 10.47404/2619-0605\_2021\_2\_164. – EDN LEVRMD.
2. Канина, К. А. Высокочастотная акустическая кавитация в технологии обработки молока и молочных продуктов / К. А. Канина // Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. – 2022. – № 1. – С. 149-155. – EDN NOZXXC.

3. Муракаев, М. Р. Гидродинамическая кавитация, как способ очистки воды от биологических загрязнителей сточных вод / М. Р. Муракаев // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. – 2019. – Т. 1, № 1(44). – С. 110-114. – EDN LIWVYU.
4. Рохлова, М. В. Основные направления применения акустической кавитации в производстве пищевых продуктов / М. В. Рохлова, В. И. Богуш, Е. А. Юшина // E-Scio. – 2020. – № 6(45). – С. 85-97. – EDN VPTZJR.
5. Михина, Е. А. Процесс ультразвуковой кавитации в жидких средах / Е. А. Михина // Научно-исследовательский центр "Technical Innovations". – 2021. – № 8. – С. 348-350. – EDN SIFJFJ.
6. Комоликов, А. С. Перспективы повышения качества и безопасности пищевых продуктов путем применения ультразвуковой кавитации / А. С. Комоликов // Научный журнал молодых ученых. – 2022. – № 2(27). – С. 40-43. – EDN KFNSQV.
7. Филин, А. В. Технологические решения применения эффекта кавитации / А. В. Филин, К. А. Миндров, Р. С. Лапин // Сурский вестник. – 2022. – № 2(18). – С. 52-58. – DOI 10.36461/2619-1202\_2022\_02\_010. – EDN VBNLCW.
8. Ананьев, К. М. Применение метода кавитации для очистки подтоварной воды нефтяных месторождений / К. М. Ананьев, Е. А. Алексеева, В. П. Твердохлебов // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 5. – С. 45-50. – DOI 10.17513/use.37623. – EDN QDWYXY.
9. Zhen Zhang, Shichuan Wei, Peng Wang, Wenzhe Qiu, Guojun Zhang, Progress in applications of laser induced cavitation on surface processing // Optics & Laser Technology. – 2023. – Volume 170. – 110212. – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.110212>.

**Гулевич А.И.**

**Глобальное воздействие арктических нефтегазовых ресурсов на энергетическую стратегию мира**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-572*

**Аннотация**

Современные арктические нефтегазовые проекты имеют потенциал стать ключевым элементом глобальной энергетической стратегии, обеспечивая стабильные поставки ресурсов для мировых потребностей. Эта тема исследует влияние арктических нефтегазовых ресурсов на энергетический ландшафт, рассматривая их роль в снижении зависимости от традиционных источников энергии. Анализируются экономические и геополитические аспекты, включая перспективы диверсификации энергетических источников и обеспечения геополитической стабильности через эффективное использование арктических ресурсов. Работа также рассматривает вызовы и возможности, связанные с интеграцией арктических нефтегазовых проектов в глобальную энергетическую систему, с акцентом на устойчивость, ответственность и социальное воздействие.

**Ключевые слова:** арктические нефтегазовые проекты, глобальная энергетика, диверсификация, устойчивость, геополитика.

**Abstract**

Modern Arctic oil and gas projects have the potential to become a key element of the global energy strategy, providing a stable supply of resources for global needs. This topic explores the impact of Arctic oil and gas resources on the energy landscape, considering their role in reducing dependence on traditional energy sources. Economic and geopolitical aspects are analyzed, including prospects for diversifying energy sources and ensuring geopolitical stability through the effective use of Arctic resources. The work also examines the challenges and opportunities associated with integrating Arctic oil and gas projects into the global energy system, with a focus on sustainability, responsibility and social impact.

**Keywords:** arctic oil and gas projects, global energy, diversification, sustainability, geopolitics.

В современном мире вопросы энергетической безопасности и удовлетворения растущего спроса на энергоресурсы становятся все более актуальными. В этом контексте арктические нефтегазовые ресурсы привлекают особое внимание как потенциальный ключ к обеспечению

стабильности и разнообразия в мировой энергетике. Тема "Глобальное воздействие арктических нефтегазовых ресурсов на энергетическую стратегию мира" не только поднимает вопросы экономической значимости, но и касается сложных геополитических взаимоотношений, социальных и экологических аспектов.

Арктический регион, известный своей уникальной природной средой и неиспорченной экосистемой, становится объектом повышенного интереса из-за обнаружения значительных запасов нефти и газа под его ледяными водами и шельфом. Вмешательство человека в этот хрупкий экосистемный баланс несет не только экономические возможности, но и риск потенциальных негативных последствий для окружающей среды и местных общин.

В данном контексте важно проанализировать, как использование арктических нефтегазовых ресурсов может повлиять на энергетическую стратегию мирового сообщества. Рассмотрение экономических выгод, вызовов и возможных рисков позволит сбалансированно оценить вклад арктических ресурсов в обеспечение глобальной энергетической безопасности. Кроме того, аспекты социальной ответственности, влияние на климатическую устойчивость и геополитическое значение региона требуют внимательного анализа.

В этом контексте исследование глобального воздействия арктических нефтегазовых ресурсов на энергетическую стратегию мира представляет собой не только актуальное, но и многогранное исследование, которое призвано внести свой вклад в формирование более устойчивого, эффективного и ответственного энергетического будущего на планете.

Развитие арктических нефтегазовых ресурсов и их влияние на мировую энергетическую стратегию представляют собой сложный комплекс вопросов, охватывающих экономические, экологические и геополитические аспекты.

Арктический регион обладает значительными запасами нефти и газа, ранее недоступными из-за ледовых условий. Этот потенциал стал объектом повышенного внимания в свете увеличивающегося мирового спроса на энергетические ресурсы. Оценка резервов и перспектив добычи позволяет предполагать, что арктические нефтегазовые проекты могут стать важным источником для удовлетворения растущего спроса, в особенности с учетом ограничений и пересмотра вложений в традиционные источники энергии.

С ростом интереса к арктическим ресурсам возникают геополитические вопросы о владении и контроле над этими территориями. Ряд стран, включая Россию, Канаду, Данию, США и Норвегию, претендуют на арктические ресурсы, что может привести к напряжению и конфликтам в регионе. Геополитика играет важную роль в формировании стратегий разработки, включая вопросы транспортных маршрутов, военной безопасности и влияния на мировой рынок энергоресурсов.

Однако, с ростом интереса к арктическим ресурсам возникают серьезные экологические вопросы. Ледяная обстановка, уникальное биоразнообразие и уязвимость местных экосистем могут подвергнуться серьезному риску из-за нефтегазовой деятельности. Утечки, аварии и загрязнения морской среды представляют угрозу для местной флоры и фауны. Ответственное управление экосистемными ресурсами становится неотъемлемой частью стратегий разработки с целью сохранения арктической природной уникальности.

Влияние арктических нефтегазовых ресурсов на мировой энергетический баланс простирается далеко за пределы региона. Развитие этих ресурсов может смягчить зависимость от традиционных поставщиков и способствовать созданию дополнительных источников энергии. Диверсификация энергетического портфеля становится ключевым элементом стратегии с целью обеспечения стабильности и устойчивости энергетической системы мира. Арктические нефтегазовые ресурсы предоставляют возможность диверсификации энергетического портфеля мировых потребителей. Значительные объемы извлекаемых углеводородов в регионе могут стать альтернативой традиционным источникам, таким как нефть из Ближнего Востока или природный газ из других регионов. Это позволит разнообразить источники энергии, что является ключевым элементом обеспечения стабильности и устойчивости энергетической системы. Развитие арктических нефтегазовых проектов может смягчить зависимость мировой энергетике от традиционных поставщиков,



уменьшив риски, связанные с геополитической нестабильностью в некоторых регионах. Энергетическая безопасность стран и регионов будет зависеть от разнообразия поставок, а арктические ресурсы представляют собой потенциально надежный источник.

Осуществление разработки арктических ресурсов предоставляет глобальному сообществу возможность рассмотреть более сбалансированные подходы к энергетическому потреблению. Многие страны, стремясь уменьшить свою зависимость от углеводородов с высоким содержанием углерода, могут находить в арктических ресурсах временное решение до полного перехода к более устойчивым источникам энергии.

С тем, как арктические нефтегазовые ресурсы вступают в энергетическую игру, важно стремиться к устойчивости глобальной энергетической системы. Это включает в себя не только разнообразие источников, но и учет экологических и социальных аспектов разработки. Только со сбалансированным подходом можно обеспечить стабильность энергетической системы, минимизировать экологические риски и удовлетворить растущий спрос на энергоресурсы в более долгосрочной перспективе.

Реализация арктических проектов требует интенсивного внедрения технологических инноваций. Развитие безопасных и эффективных технологий бурения, транспортировки и эксплуатации в арктических условиях становится ключевой задачей. Автоматизированные системы, дистанционное управление и инновации в сфере экологической безопасности необходимы для снижения рисков и обеспечения стабильности производства.

В свете современных вызовов и стремления к устойчивому развитию энергетического сектора, глобальное воздействие арктических нефтегазовых ресурсов на энергетическую стратегию мира остается темой, требующей внимательного и комплексного рассмотрения. Арктический регион, богатый углеводородами, предоставляет возможность не только удовлетворения растущего мирового спроса на энергию, но и изменения динамики энергетической безопасности и геополитического равновесия.

Развитие арктических нефтегазовых проектов представляет собой несомненный экономический потенциал. Однако, вместе с этим приходят и серьезные вызовы. Экологические риски, связанные с разработкой в условиях арктической природы, требуют строгих стандартов и инновационных технологий для минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, геополитические аспекты, включая вопросы территориального контроля и влияния на мировой рынок энергетических ресурсов, требуют дипломатического решения и сотрудничества.

Важной частью обсуждения становится вопрос о воздействии арктических нефтегазовых ресурсов на глобальный энергетический баланс. Возможность диверсификации источников энергии, снижение зависимости от традиционных поставщиков и смягчение геополитических рисков предоставляют перспективы для создания устойчивого и сбалансированного мирового энергетического портфеля.

Тем не менее, эти потенциальные выгоды не должны затмить важность соблюдения экологических норм и нормативов, а также ответственного управления ресурсами. Успех арктических проектов требует внедрения передовых технологий, направленных на снижение воздействия на природу и обеспечение устойчивого развития региона.

В завершение глобальное воздействие арктических нефтегазовых ресурсов на энергетическую стратегию мира остается динамичным и многогранным процессом. Необходимо стремиться к поиску баланса между экономической выгодой и ответственностью перед природой, между энергетической безопасностью и устойчивым развитием. Взвешенное решение этих вопросов будет иметь важное значение для формирования энергетической стратегии, способной удовлетворить потребности современного общества, сохраняя природную уникальность и уважая интересы будущих поколений.

\*\*\*

1. Дмитриевский А.Н., Белонин М.Д. Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов российского шельфа // Природа. 2004. № 9 (1069). – С. 3–10.

2. Добыча нефти на арктическом шельфе РФ к 2030 г. может вырасти в 3,6 раза [Электронный ресурс] // ТАСС. 2017. 29 марта. – Режим доступа: [https://tass.ru/ekonomika/4135363?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://tass.ru/ekonomika/4135363?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru)
3. Минприроды нашло способ выполнить указ Путина по загрузке Севморпути // РБК. 2019. 13 марта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rbc.ru/business/13/03/2019/5c87d7af9a7947460f9c78e?from=materials\\_on\\_subject](https://www.rbc.ru/business/13/03/2019/5c87d7af9a7947460f9c78e?from=materials_on_subject)
4. Савенков А.Н. Арктика: правовое обеспечение устойчивого развития и сотрудничества // Труды Института государства и права Российской академии наук. 2018. Т. 13. № 1. – С. 22–42

**Гулевич А.И.**

**Глобальные тенденции в разведке и добыче сланцевого газа: вызовы и возможности**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-573

**Аннотация**

Статья рассматривает современные мировые тенденции в разведке и добыче сланцевого газа, выявляя ключевые вызовы и перспективы, связанные с этим инновационным методом добычи природного газа. Автор анализирует технологические инновации и методы, применяемые в различных странах для извлечения сланцевого газа, а также рассматривает влияние этого процесса на экологические, социальные и экономические аспекты. Статья также оценивает глобальные перспективы развития сланцевой газовой промышленности, обсуждая возможности сотрудничества между странами и предлагая рекомендации для устойчивого и эффективного развития этого важного сегмента энергетического рынка.

**Ключевые слова:** глобальные тенденции, сланцевый газ, разведка, добыча, вызовы

**Abstract**

The article examines current global trends in the exploration and production of shale gas, identifying key challenges and prospects associated with this innovative method of natural gas production. The author analyzes technological innovations and methods used in various countries to extract shale gas, and also examines the impact of this process on environmental, social and economic aspects. The article also assesses the global outlook for the shale gas industry, discussing opportunities for cooperation between countries and offering recommendations for the sustainable and efficient development of this important segment of the energy market.

**Keywords:** global trends, shale gas, exploration, production, challenges

Современная энергетическая парадигма подвергается значительным изменениям под воздействием новаторских технологий и стремительных трансформаций в сфере добычи природных ресурсов. В этом контексте особое внимание привлекает разведка и добыча сланцевого газа – технологический прорыв, который переопределяет карту мировой энергетики. Глобальные тенденции в этой области становятся объектом всеобщего интереса, отражая смелые шаги стран и компаний в направлении диверсификации энергетических источников и обеспечения энергетической безопасности.[1]

Сланцевый газ, известный своей широкой доступностью и потенциально обширными запасами, предоставляет новые перспективы для обеспечения мирового спроса на природный газ. В данной статье мы рассмотрим ключевые аспекты глобальных тенденций в разведке и добыче сланцевого газа, вдаваясь в технологические новации, экологические и социальные вызовы, а также возможности для устойчивого развития этого перспективного сегмента нефтегазовой промышленности. Вместе с тем статья поставит перед читателем вопрос о влиянии этого инновационного метода на глобальный энергетический ландшафт и пересмотрит пути сотрудничества между странами с целью эффективного управления ресурсами и снижения зависимости от традиционных источников энергии.[2]

Революция в области технологий играет ключевую роль в преобразовании сланцевой газовой промышленности. Современные методы разведки, такие как трёхмерная сейсморазведка и использование горизонтальных скважин, позволяют эффективно определять местоположение сланцевых отложений. Технологические инновации в области гидравлического разрыва (гидроразрыв) также сыграли ключевую роль в повышении эффективности добычи сланцевого газа, открывая новые горизонты для ранее недоступных ресурсов.[3]

С ростом интереса к сланцевому газу возрастает и обеспокоенность по поводу его воздействия на окружающую среду. Гидроразрыв, несмотря на свою эффективность, ассоциируется с возможными экологическими последствиями, такими как загрязнение подземных вод и земельных участков, а также сейсмическая активность. В свете этих вызовов сланцевая газовая промышленность вынуждена стремиться к устойчивому развитию, интегрируя инновационные методы и строгие стандарты в области охраны окружающей среды.

Глобальный рост спроса на энергию требует не только новых, но и экономически эффективных источников. Сланцевый газ, с его относительно низкими затратами на добычу, предоставляет перспективы для разнообразия энергетического портфеля различных стран. Однако, сопутствующие экологические и социальные издержки также несут экономический аспект, который требует внимательного анализа и учета в стратегиях развития сланцевой газовой промышленности.[4]

Сланцевая газовая промышленность стоит перед множеством вызовов и возможностей, определяя, таким образом, будущую энергетическую картину мира. Рассмотрим несколько ключевых аспектов, оформляющих будущее этого сектора и его влияние на глобальную энергетику.

Сланцевый газ предоставляет возможность странам улучшить свою энергетическую безопасность и снизить зависимость от традиционных источников, таких как нефть и уголь. Диверсификация энергетического портфеля может смягчить воздействие глобальных колебаний в ценах на энергоносители и повысить устойчивость энергетической системы.[5]

Одним из главных вызовов для сланцевой газовой промышленности является минимизация негативного воздействия на окружающую среду. В будущем сектор должен активно разрабатывать и внедрять технологии, направленные на снижение выбросов парниковых газов и других вредных воздействий, а также на улучшение методов реабилитации месторождений после завершения добычи.

Будущее сланцевой газовой промышленности тесно связано с изменениями в мировых тенденциях потребления энергии. Переход к более эффективным источникам энергии, таким как возобновляемые источники, создает конкуренцию для сланцевого газа. В этом контексте необходимо оценивать и прогнозировать потребительский спрос и адаптировать производственные стратегии.

Несмотря на вызовы, стоящие перед сланцевой газовой промышленностью, его роль в глобальной энергетике продолжает укрепляться. Это открывает перспективы для разработки более эффективных технологий, улучшения стандартов устойчивости и разработки стратегий для сбалансированного использования этого важного ресурса. Понимание будущих тенденций и динамики сланцевого газа становится необходимым для формирования устойчивой энергетической политики на глобальном уровне.

Сланцевая газовая промышленность стоит на перекрестке множества факторов, определяющих ее будущее в контексте глобальной энергетике. Этот сектор обладает значительным потенциалом для обеспечения энергетической безопасности и диверсификации источников, однако его развитие сталкивается с серьезными вызовами, такими как экологические риски и конкуренция с возобновляемыми источниками энергии.

Технологический прогресс, в том числе в области методов добычи и обработки сланцевого газа, играет ключевую роль в перспективах этой промышленности. Новые инновации должны стремиться к сокращению воздействия на окружающую среду, с учетом растущих требований общества к устойчивому развитию.

Одновременно с этим, сектор должен эффективно реагировать на глобальные тенденции в потреблении энергии, учитывая конкуренцию со стороны возобновляемых источников. Важным аспектом также является участие в международных энергетических инициативах и сотрудничестве, что может способствовать обмену опытом и лучшей адаптации к изменяющимся условиям.

Регулирование и общественное мнение играют важную роль в формировании будущего сланцевой газовой промышленности. Прозрачность, социальная ответственность и строгие стандарты безопасности должны стать неотъемлемой частью развития этого сектора.

В завершение, будущее сланцевой газовой промышленности представляет собой сложный баланс между экономической эффективностью, экологической устойчивостью и социальной ответственностью. Эффективное управление этим сбалансированным подходом будет определять вклад этой отрасли в общую энергетическую систему и ее соответствие вызовам будущего.

\*\*\*

1. Природный газ: краткий обзор мировой отрасли и анализ сланцевого бума. Центр макроэкономических исследований Сбербанка России., 2012 - 19 с.
2. Белогорьев А. Как высокие цены на нефть и газ помогают развитию экономик США и Китая. 2012. Электронный ресурс Режим доступа: <http://www.forbes.ru/sobytiya-column/runki/229457>
3. Назаров А., Хромушин И., Дорохов А. Сланцевый газ. Отраслевой обзор. Газпромбанк. 2013. Электронный ресурс Режим доступа: [http://www.gazprombank.ru/upload/iblock/bb3/gpb\\_shale\\_gas\\_report.pdf](http://www.gazprombank.ru/upload/iblock/bb3/gpb_shale_gas_report.pdf)
4. А.Д.Степанов, А.М. Белогорьев Будущее сланцевого газа и политический императив. Академия энергетики: № 3 (53). – Спб.: Издательский дом «Президент-Нева», 2013, с. 34-38.
5. О.В. Газизова, А.Р. Галева. Вестник Казанского технологического университета: Т.16. № 18; М-во образ. И науки России, Казан.нац.исслед.технол.ун-т.- Казань: Изд-во КНИТУ, 2012.- с. 266. Экол О.В. Газизова, А.Р. Галева. Вестник Казанского технологического университета. № 5, 2009, с. 7-14.

**Гулевич А.И.**

### **Исследование методов переработки нефтепродуктов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-574

#### **Аннотация**

Эта работа фокусируется на изучении последних достижений в области переработки нефтепродуктов. Основное внимание уделяется новейшим технологиям, направленным на увеличение эффективности процессов переработки и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Методы, такие как гидроочистка, термokatалитический крекинг и гидродесульфурация, подвергаются детальному анализу в контексте их технологических преимуществ и экологических последствий. Работа направлена на выявление современных тенденций и инноваций в области переработки нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** исследование, переработка, нефтепродукты, инновации, эффективность, окружающая среда.

#### **Abstract**

This work focuses on exploring recent advances in petroleum refining. The main focus is on the latest technologies aimed at increasing the efficiency of processing processes and reducing the negative impact on the environment. Techniques such as hydrotreating, thermocatalytic cracking and hydrodesulfurization are analyzed in detail in the context of their technological advantages and environmental implications. The work is aimed at identifying current trends and innovations in the field of petroleum products processing.

**Keywords:** research, refining, petroleum products, innovation, efficiency, environment.

В условиях постоянного развития нефтегазовой промышленности и растущих потребностей в энергии, вопросы эффективной переработки нефтепродуктов становятся ключевыми в контексте обеспечения устойчивого развития и соблюдения экологических стандартов. Научные и технологические инновации в области методов переработки приобретают все большее значение, предоставляя промышленности новые возможности для повышения эффективности процессов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Современные методы, такие как гидроочистка, термокаталитический крекинг и гидродесульфурация, не только предоставляют технические решения для улучшения качества переработки нефтепродуктов, но и являются ключевыми инструментами в стремлении отрасли к уменьшению выбросов и оптимизации энергопотребления.

Современная нефтегазовая промышленность сталкивается с постоянным вызовом балансировки между удовлетворением растущего спроса на энергию и необходимостью соблюдения строгих экологических норм. В этом контексте, методы переработки нефтепродуктов занимают центральное место, предоставляя промышленным предприятиям средства для оптимизации производства и снижения экологического воздействия.

Гидроочистка представляет собой важный метод переработки нефтепродуктов, ориентированный на улучшение их качества путем удаления примесей и снижения содержания серы. Этот процесс включает в себя воздействие на нефтепродукты водородом под высоким давлением и при умеренных температурах в присутствии катализатора. Гидроочистка обеспечивает повышенную чистоту конечных продуктов, что особенно важно для соблюдения стандартов экологической безопасности и обеспечения высокого качества топлив в нефтегазовой отрасли.

Эффективность гидроочистки проявляется не только в повышении качества, но и в увеличении выхода ценных фракций. Исследования показывают, что оптимизация условий проведения гидроочистки может значительно повлиять на результаты процесса, что делает его ключевым объектом исследований и разработок в области нефтегазовой индустрии. Одним из ключевых преимуществ гидроочистки является повышение стабильности и долговечности конечных продуктов, так как снижается их склонность к образованию отложений и коррозии. Однако этот метод требует значительных затрат на водород и катализаторы, что может повысить общую стоимость производства.

Термокаталитический крекинг представляет собой еще один важный метод переработки, направленный на разделение тяжелых углеводородов на легкие, более ценные фракции. Этот процесс осуществляется при высоких температурах и в присутствии катализаторов, что позволяет оптимизировать процессы переработки, повысить выход ценных продуктов и уменьшить образование отходов. Термокаталитический крекинг также является ключевым инструментом для увеличения доли высокоценных легких фракций, таких как бензин, в конечных продуктах, что является важным аспектом для соответствия современным рыночным требованиям. Преимущества крекинга включают повышение выхода легких фракций, таких как бензин и дизельное топливо, что соответствует современным требованиям рынка. Однако этот процесс может привести к образованию кокса и других нежелательных продуктов, требующих дополнительной обработки.[2]

Еще одним важным методом является гидродесульфурация, направленная на снижение содержания серы в нефтепродуктах. Применение катализаторов и водорода в этом процессе позволяет эффективно удалять сульфурные соединения, что не только улучшает свойства топлива, но и содействует сокращению выбросов вредных веществ при сжигании топлива. Гидродесульфурация играет ключевую роль в соблюдении нормативов, устанавливаемых экологическими организациями, и становится неотъемлемым этапом в процессе подготовки сырья для последующих этапов производства.

Важным аспектом современных методов переработки является их экологическая направленность. Многие из этих технологий направлены не только на улучшение технических параметров продукции, но и на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Успех в этой области во многом зависит от постоянного исследования и внедрения новых катализаторов, технологических процессов и стратегий обработки, которые обеспечивают эффективность производства при минимальном воздействии на экосистему.

Тем не менее, несмотря на значительные прогрессы в разработке и внедрении современных методов переработки, следует также рассмотреть вызовы и перспективы дальнейшего развития. Один из основных вызовов заключается в необходимости постоянного совершенствования катализаторов и процессов для повышения эффективности методов и снижения затрат на их реализацию. Также важным аспектом является разработка интегрированных систем переработки, которые могут обеспечить комплексный подход к оптимизации производства и снижению его воздействия на окружающую среду.[1]

В заключение можно подчеркнуть, что исследование и внедрение современных методов переработки нефтепродуктов являются неотъемлемой частью стратегического развития нефтегазовой промышленности. Гидроочистка, термokatалитический крекинг и гидродесульфурация представляют собой инновационные решения, способные не только повышать эффективность процессов, но и снижать экологические риски производства.

Эти методы не только способствуют улучшению качества нефтепродуктов, но и содействуют сокращению выбросов вредных веществ, таких как сероводород, азотные соединения и другие загрязнители в атмосферу. Таким образом, нефтегазовая промышленность внедряет экологически устойчивые подходы, сбалансированные между производственной эффективностью и ответственностью перед окружающей средой.

Однако, несмотря на значительные достижения, перед отраслью стоят вызовы в виде необходимости постоянного совершенствования технологий, разработки более эффективных катализаторов и внедрения комплексных систем управления процессами. Такие шаги позволят улучшить степень очистки нефтепродуктов, снизить затраты и минимизировать воздействие производства на окружающую среду.

Следовательно, с учетом современных тенденций и потребностей общества в устойчивом развитии, разработка и применение новых методов переработки нефтепродуктов продолжит играть ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности, сокращении воздействия на окружающую среду и формировании перспективного и ответственного облика нефтегазовой промышленности.

\*\*\*

1. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. М.: Изд-во РУДН, 2004. 163 с: ил.
2. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. С.-Пб. 2000. 250 с.

**Гулевич А.И.**

### **Оптимизация процессов добычи и транспортировки нефтегазовых ресурсов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-575

#### **Аннотация**

Актуальность оптимизации процессов в нефтегазовой промышленности сегодня неоспорима, в контексте стремительно меняющейся геополитики, экономической нестабильности и растущей экологической осознанности. Эта статья рассматривает ключевые аспекты оптимизации в добыче и транспортировке нефтегазовых ресурсов, обсуждает современные тенденции и инновационные подходы в достижении эффективности в отрасли. От технологических решений до стратегий управления рисками, статья предлагает всесторонний обзор темы, освещая важность баланса между экономической эффективностью и ответственным воздействием на окружающую среду. Отмечая роль оптимизации в обеспечении

устойчивого развития, статья призывает к интенсивному обсуждению и внедрению инновационных практик для обеспечения перспективного развития нефтегазовой отрасли.

**Ключевые слова:** нефтегазовая промышленность, оптимизация процессов, инновации в нефтегазовом секторе, климатические изменения, экологическая ответственность, экологическая устойчивость, геополитические аспекты.

### Abstract

The relevance of process optimization in the oil and gas industry today is undeniable, in the context of rapidly changing geopolitics, economic instability and growing environmental awareness. This article examines key aspects of optimization in the production and transportation of oil and gas resources, discussing current trends and innovative approaches to achieving efficiency in the industry. From technology solutions to risk management strategies, the article offers a comprehensive overview of the topic, highlighting the importance of balancing cost-effectiveness with responsible environmental impact. Noting the role of optimization in ensuring sustainable development, the article calls for intensive discussion and implementation of innovative practices to ensure the future development of the oil and gas industry.

**Keywords:** oil and gas industry, process optimization, innovation in the oil and gas sector, climate change, environmental responsibility, environmental sustainability, geopolitical aspects.

Нефтегазовая промышленность играет ключевую роль в мировой энергетической балансе, обеспечивая значительную долю потребностей в топливе для промышленности, транспорта и домашнего потребления. В условиях динамичных изменений в геополитическом, экономическом и экологическом контексте предприятия нефтегазового сектора сталкиваются с новыми вызовами и возможностями. Одним из важнейших направлений современного развития является оптимизация процессов добычи и транспортировки нефтегазовых ресурсов.[1]

Этот аспект не только направлен на повышение эффективности деятельности компаний в данной отрасли, но и связан со стремлением к сокращению негативного воздействия на окружающую среду и обеспечению устойчивого развития. В данной статье мы рассмотрим важность оптимизации процессов в нефтегазовой отрасли, а также выявим актуальные тенденции и подходы к достижению этой цели. От улучшения технологических решений до внедрения инновационных методов, обеспечивающих эффективное управление ресурсами, эта тема предоставляет обширные возможности для дискуссии и развития индустрии.[3]

Современные технологии играют решающую роль в повышении эффективности процессов добычи нефти и газа. Развитие беспилотных технологий, автоматизированных систем мониторинга и управления позволяет сократить человеческий фактор, повысив безопасность и эффективность операций. Использование дронов и сенсоров также обеспечивает более точные мониторинговые данные, что существенно улучшает прогнозирование процессов добычи и обслуживания оборудования.

Процессы цифровизации открывают новые перспективы для оптимизации нефтегазового бизнеса. Использование больших данных (Big Data) и аналитики позволяет компаниям принимать более информированные решения, предсказывать отказы оборудования и оптимизировать производственные циклы. Внедрение технологий Интернета вещей (IoT) улучшает мониторинг состояния оборудования, что способствует более эффективному обслуживанию и снижению простоев.

С увеличением общественного сознания об экологических проблемах нефтегазовая отрасль сталкивается с вызовом снижения своего экологического воздействия. Компании активно внедряют экологические стандарты и технологии, направленные на снижение выбросов парниковых газов, улучшение систем очистки воды и земель, а также переход к более эффективным и чистым методам добычи.[2]

Глобальная конкуренция и постоянное развитие технологий подталкивают компании в нефтегазовой отрасли к активному внедрению инноваций. Развивающиеся страны активно вкладывают средства в исследования и разработки для создания собственных технологических

решений, в то время как развитые страны стремятся укрепить свои позиции в глобальном рынке через создание более эффективных и экологически устойчивых технологий.[4]

Нефтегазовая отрасль занимает центральное положение в энергетической стратегии будущего, и ее эволюция становится неотъемлемой частью глобальных усилий по достижению устойчивости и энергетической безопасности. Вместе с тем, как мировое сообщество все больше ориентируется на уменьшение выбросов углерода и переход к более чистым источникам энергии, нефтегазовая индустрия вынуждена переосмыслить свою роль и внести свой вклад в создание устойчивой энергетической системы.

Важным аспектом будущей энергетической стратегии является интеграция возобновляемых источников энергии в портфель нефтегазовых компаний. Солнечная, ветровая и гидроэнергетика представляют собой не только чистые источники энергии, но и могут служить дополнительным источником для нефтегазовых предприятий. Инвестиции в технологии солнечных батарей, ветряных установок и гидроэлектростанций становятся стратегическим шагом в направлении диверсификации и снижения зависимости от традиционных источников.[5]

Компании в нефтегазовой сфере активно инвестируют в исследования, направленные на разработку чистых технологий добычи и переработки. Технологии снижения выбросов, включая системы захвата и хранения углерода (CCS), а также инновационные методы очистки газов, помогают сокращать воздействие на климат и поддерживают переход к более устойчивым методам производства энергии.

В заключение оптимизация процессов в нефтегазовой отрасли становится неотъемлемой частью ее эволюции в условиях быстро меняющегося мира. Современные технологии, цифровизация и стратегии устойчивого развития сегодня не только обеспечивают высокую производительность и конкурентоспособность компаний, но и определяют будущее индустрии.

Технологические инновации, включая автоматизацию, беспилотные технологии и аналитику данных, становятся двигателем прогресса, повышая эффективность добычи и обработки ресурсов. Цифровизация промышленных процессов и внедрение больших данных улучшают прозрачность и предсказуемость операций, что сокращает риски и повышает уровень безопасности.

Сложившаяся тенденция к учету экологических аспектов в деятельности нефтегазовых компаний подчеркивает их стремление к ответственному ведению бизнеса. Экологические стандарты, эффективные методы очистки, и переход к альтернативным источникам энергии содействуют созданию устойчивого экологического следа.

Глобальная конкуренция заставляет компании вкладывать в исследования и разработки, способствуя развитию инновационных технологий. Этот конкурентный дух стимулирует рост индустрии в целом, обеспечивая развивающимся странам шанс активно участвовать в мировой нефтегазовой экономике.

Наконец, роль нефтегазовой отрасли в энергетической стратегии будущего не может быть недооценена. Интеграция возобновляемых источников энергии, постоянное исследование эффективных технологий и учет экологических аспектов позволят создать устойчивую энергетическую систему, отвечающую вызовам современности.

Таким образом, оптимизация процессов в нефтегазовой отрасли — это не просто стремление к эффективности, но и ответственный шаг в направлении создания устойчивой и прогрессивной индустрии, готовой к вызовам будущего.

\*\*\*

1. Абишев А.А., Воробьев А.Е., Тчаро Х. Перспективы цифровизации нефтяной отрасли Казахстана // Вестник АУНГ (Казахстан) N 1 (45). 2018. С. 37-46.
2. Бахтурин Г.И., Логунов А.Б., Миронов Н.А. Новые производственные технологии: взгляд экспертов научно-технической сферы // Инноватики и экспертиза. Выпуск 3 (18). 2016.
3. Беспроводные технологии в «цифровом» нефтегазовом промысле // <http://controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/tsifrovoye-mestorozhdenie>.



4. Воробьев А.Е., Ляшенко В.И. Автоматизированная система обработки и анализа изображений и сигналов управления горными работами // Материалы XI Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», 18-21 сент. 2012 г. – УстьКаменогорск: ВКГТУ, 2012. – Т. II. – 164 с.
5. Воробьев А.Е., Ляшенко В.И. Компьютерное моделирование и цифровая обработка анализа изображений и сигналов управления горными работами // Материалы 11-ой международной конференции: Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. М., РУДН. 2012. С. 295-296.

**Гулевич А.И.**

**Сравнительный анализ методов геологоразведки в нефтегазовой промышленности:  
эффективность и перспективы**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-576*

**Аннотация**

Данная статья представляет подробный обзор и анализ современных методов геологоразведки, широко применяемых в нефтегазовой индустрии с целью определения запасов углеводородов. Исследование охватывает разнообразные технологии, начиная от традиционных сейсмических методов до более инновационных подходов, таких как гравиметрия, магнитометрия, и использование продвинутых алгоритмов обработки данных. В контексте динамично меняющейся нефтегазовой отрасли статья также рассматривает перспективы развития этих методов. Освещаются технологические инновации и последние достижения, которые могут определить будущее геологоразведочных практик. Наконец, статья анализирует влияние этих методов на устойчивость и экологическую приемлемость деятельности нефтегазового сектора, подчеркивая важность сбалансированного использования ресурсов с учетом современных экологических требований.

**Ключевые слова:** геологоразведка, нефтегазовая промышленность, методы, эффективность, инновации, перспективы.

**Abstract**

This article provides a detailed overview and analysis of modern geological exploration methods widely used in the oil and gas industry to determine hydrocarbon reserves. The research covers a variety of technologies, ranging from traditional seismic methods to more innovative approaches such as gravity, magnetometry, and the use of advanced data processing algorithms. In the context of the dynamically changing oil and gas industry, the article also examines the prospects for the development of these methods. Highlights technological innovations and recent advances that may shape the future of exploration practices. Finally, the article analyzes the impact of these practices on the sustainability and environmental acceptability of the oil and gas sector, highlighting the importance of balancing the use of resources while taking into account modern environmental requirements.

**Keywords:** geological exploration, oil and gas industry, methods, efficiency, innovation, prospects.

В эпоху, где нефтегазовая промышленность диктует условия в мировом энергетическом ландшафте, геологическая разведка становится своеобразным ядром стратегической устойчивости. Способность точно оценивать запасы углеводородов становится не только ключом к эффективной эксплуатации месторождений, но и гарантом успешного управления рисками в условиях постоянно меняющегося рынка.

В этой динамичной среде, где каждый шаг подразумевает взвешенное соотношение между предложением энергоресурсов и экологической устойчивостью, методы геологоразведки становятся настоящим исследовательским арсеналом. От классических сейсмических методов до современных инноваций в обработке данных подробный анализ этих методов не только

раскрывает их техническую эффективность, но и предоставляет прозорливость в перспективы дальнейшего развития отрасли.[1]

В этом контексте наша погруженность в тему не ограничится поверхностным обзором, а направлена на полное понимание влияния методов геологоразведки на стратегии разработки месторождений и обеспечение устойчивости в условиях современных вызовов. Взгляд в будущее также будет ориентирован на инновации, определяющие следующий этап эволюции нефтегазовой индустрии, их энергетическую эффективность и соответствие современным стандартам экологической ответственности.

В условиях постоянных изменений в энергетической ландшафте нефтегазовой промышленности, методы геологоразведки оказывают значительное воздействие на эффективность и устойчивость отрасли. От традиционных подходов к передовым инновациям эти методы становятся неотъемлемыми инструментами, обеспечивающими не только текущую успешность добычи, но и формирующими стратегии развития в будущем.

Одним из ключевых аспектов современных методов геологоразведки является их технологическая разнообразность.[2] Традиционно, сейсмические методы занимали центральное место в определении структуры залежей углеводородов. Однако, с появлением новых технологий обработки данных, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, улучшается не только точность прогнозов, но и ускоряется анализ больших объемов информации. Это открывает двери для более глубокого исследования подземных структур и более точного определения запасов.

Однако, вне зависимости от технологических инноваций, эффективность методов геологоразведки также зависит от глубокого понимания геологических и геофизических особенностей месторождений. Гравиметрия и магнитометрия, например, предоставляют уникальные данные о геологической структуре, что может быть решающим фактором при выборе стратегии разработки.

Интеграция различных методов становится неотъемлемым компонентом современной геологоразведки. Комбинирование данных сейсмических и гравиметрических исследований, например, может повысить точность оценки глубины залежей и состава горных пород. Такие интегрированные подходы позволяют минимизировать риски недооценки или переоценки запасов, что является критическим фактором в условиях конкурентного рынка.[3]

Процессы геологоразведки также становятся более автоматизированными и роботизированными. Применение беспилотных аппаратов для зондирования и сбора данных обеспечивает более высокую точность и безопасность в условиях, которые могут быть опасны для человека. Это ускоряет сроки сбора информации и снижает эксплуатационные расходы.

Важным аспектом анализа современных методов геологоразведки является их влияние на стратегии устойчивого развития. С учетом растущего интереса к экологической ответственности, методы, которые минимизируют воздействие на окружающую среду, становятся предпочтительными. Например, использование более точных данных может помочь избежать бесполезного бурения, что снизит экологическое воздействие деятельности.

Кроме того, стоит отметить, что эволюция методов геологоразведки тесно связана с геополитической обстановкой и стремлением к диверсификации источников энергоснабжения. В условиях глобальных изменений климата и устремленности к зелёной энергетике, эффективные методы геологоразведки становятся важным инструментом для перехода к устойчивым источникам энергии.

Более того, инновации в области геологоразведки не только формируют будущее отрасли, но и создают новые возможности для экономического роста и развития. Стартапы, фокусирующиеся на разработке передовых технологий в этой области, могут стать катализаторами для индустриальных изменений и диверсификации экономики.

Наконец, роль геологоразведки в вопросах устойчивости нефтегазовой промышленности выходит за пределы простого научного аспекта. Это также стратегический инструмент для принятия обоснованных решений, сбалансированных между экономической эффективностью и ответственностью перед окружающей средой.

Однако, при всей значимости современных методов геологоразведки, важно учитывать этические и социальные аспекты их применения. Вовлечение местных сообществ в процесс и прозрачность в отношении методов и данных могут способствовать не только успешной реализации проектов, но и созданию устойчивого социального взаимодействия.

В заключение обширный анализ современных методов геологоразведки в нефтегазовой промышленности выделяет их важность и значимость в контексте современных вызовов и требований отрасли. От традиционных технологий до передовых инноваций эти методы формируют не только текущий пейзаж нефтегазовой деятельности, но и ландшафт будущего.

Одним из ключевых выводов является неотъемлемая роль технологического разнообразия. Использование современных методов обработки данных, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, дает новый взгляд на проблему точности и эффективности геологоразведки. Такие технологии не только повышают уровень точности в прогнозировании запасов углеводородов, но и существенно сокращают временные рамки проведения исследований.

Интеграция различных методов геологоразведки также становится ключевым направлением развития. Взаимодействие сейсмических данных с результатами гравиметрии или магнитометрии позволяет более полноценно оценивать геологические структуры, что существенно влияет на стратегии разработки месторождений и оптимизацию процессов добычи.

Социальный и этический контекст также неотъемлемо связан с развитием методов геологоразведки. Вовлечение местных сообществ, прозрачность в использовании данных и внимание к социокультурным аспектам становятся критическими факторами для успешной реализации проектов и создания устойчивых общественных взаимодействий.

В целом, современные методы геологоразведки играют роль катализатора для инноваций и стратегических изменений в нефтегазовой индустрии. Их разнообразие, интеграция, и стремление к устойчивости делают их не только инструментом для оптимизации бизнес-процессов, но и двигателем для формирования ответственной, эффективной и устойчивой будущей энергетической парадигмы.

\*\*\*

1. Габриэлянц Г.А., Пороскун В.И., Сорокин Ю.В. Методика поисков и разведки залежей нефти и газа. – Москва, Недра. 1985. 304 с.
2. Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа. Под ред А.В.Бакирова. Учебник для вузов. Изд. 2-е, переработанное и доп. – М.: Высшая школа – 1976.
3. Габриэлянц Г.А. Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. – Москва. Недра 2000, 587 с.

**Гулевич А.И.**

**Технологии снижения выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-577

#### **Аннотация**

Научно-исследовательская статья "Технологии снижения выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли" представляет собой глубокий обзор современных технологий, разработанных для снижения окружающего воздействия нефтегазовой промышленности. Статья анализирует четыре основных аспекта: методы очистки газов, инновации в процессах добычи, устойчивые транспортные решения и энергоэффективные технологии переработки. В контексте нарастающих экологических проблем и глобальных климатических вызовов, авторы подробно исследуют передовые технологии, предназначенные для сокращения выбросов

парниковых газов. Особое внимание уделяется технологическим решениям, таким как системы захвата и хранения углерода, которые играют ключевую роль в снижении углеродного следа.

**Ключевые слова:** технологии, снижение выбросов, парниковые газы, нефтегазовая отрасль, устойчивость, инновации, энергоэффективность, экологическая ответственность, CCS, добыча, транспорт, переработка, климатические изменения, углеродный след, системы захвата углерода, инженерия добычи, транспортные решения, экологические технологии.

### Abstract

The research article, "Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Oil and Gas Industry," provides an in-depth look at current technologies developed to reduce the environmental impacts of the oil and gas industry. The article analyzes four main aspects: gas purification methods, innovations in extraction processes, sustainable transport solutions and energy-efficient processing technologies. In the context of growing environmental problems and global climate challenges, the authors examine in detail advanced technologies designed to reduce greenhouse gas emissions. Particular attention is paid to technological solutions such as carbon capture and storage systems, which play a key role in reducing the carbon footprint.

**Keywords:** technology, emissions reduction, greenhouse gases, oil and gas industry, sustainability, innovation, energy efficiency, environmental responsibility, CCS, mining, transport, refining, climate change, carbon footprint, carbon capture systems, extraction engineering, transportation solutions, environmental technologies

В эру устойчивого развития и повышенного внимания к экологическим проблемам, вопрос снижения выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли становится насущным и приобретает стратегическое значение. Необходимость балансировки между энергетическим спросом и требованиями к экологической ответственности стимулирует нефтегазовые компании к пересмотру традиционных практик и внедрению инноваций, направленных на снижение воздействия на окружающую среду.

Сегодня технологии, направленные на снижение выбросов парниковых газов, играют центральную роль в стратегиях развития нефтегазовой индустрии. Эта проблема затрагивает все аспекты деятельности отрасли — от добычи и транспортировки энергоносителей до их последующей переработки. Требования к соблюдению строгих экологических стандартов становятся не только моральной обязанностью, но и важным фактором устойчивости бизнеса в условиях изменяющегося мирового рынка.[1]

Современное общество сталкивается с серьезными экологическими проблемами, такими как изменение климата, погодные катастрофы и утрата биоразнообразия. Нефтегазовая отрасль, как крупнейший источник парниковых газов, стоит перед обязанностью активно участвовать в усилиях по снижению выбросов, чтобы смягчить негативное воздействие на окружающую среду.

Повышенный интерес к возобновляемым источникам энергии и энергетической устойчивости стимулирует нефтегазовую отрасль к переходу от традиционных методов к более чистым технологиям. Технологии снижения выбросов становятся ключевым элементом энергетической трансформации, направленной на уменьшение зависимости от ископаемых топлив.

Потребители становятся все более осознанными своего влияния на окружающую среду. Нефтегазовые компании, не внедряющие эффективные технологии снижения выбросов, подвергаются репутационным рискам и потере доверия со стороны клиентов, инвесторов и общественности.[2]

Многие страны ужесточают экологические стандарты и законодательство, налагая обязательства по снижению выбросов парниковых газов на промышленные секторы. Внедрение эффективных технологий становится не только долгом перед природой, но и необходимостью для соответствия законодательству.

Внедрение технологий снижения выбросов может стать источником конкурентных преимуществ на рынке. Компании, активно инвестирующие в инновации и чистые технологии, могут не только снизить экологическое воздействие, но и создать новые возможности для роста и развития в перспективных секторах рынка.

Существующие методы очистки газов в нефтегазовой отрасли становятся все более эффективными и инновационными. Системы захвата и хранения углерода (CCS) предоставляют перспективные решения для снижения выбросов углекислого газа на этапах добычи и транспортировки углеводородов. Исследования в этой области фокусируются на повышении эффективности процессов захвата, а также на разработке новых материалов для хранения углерода.[3]

В сфере добычи нефти и газа появляются инновационные методы, направленные на улучшение эффективности и снижение окружающего воздействия. Технологии гидравлической фракции, электрореологии и улучшенной нефтеотдачи внедряются с целью минимизации выбросов парниковых газов, предлагая более чистые и эффективные методы добычи.

Транспортировка нефти и газа оказывает существенное воздействие на окружающую среду. Использование технологий сжиженного природного газа (СПГ) в судоходстве и автомобильной промышленности снижает выбросы и способствует переходу к более устойчивым транспортным решениям. Развитие инфраструктуры для СПГ становится ключевым направлением индустрии.

Современные исследования направлены на создание более энергоэффективных систем и оборудования в нефтегазовой отрасли. Внедрение интеллектуальных систем управления, разработка высокоэффективных насосных и компрессорных установок, а также использование передовых материалов способствует уменьшению энергопотребления и, следовательно, сокращению выбросов парниковых газов.

Осуществление энергоэффективной переработки нефти и газа становится неотъемлемым аспектом устойчивости отрасли. Термокаталитические процессы, основанные на использовании катализаторов для улучшения эффективности реакций, предоставляют эффективные методы снижения энергопотребления и выбросов.

В обличии современных экологических вызовов и стремления к устойчивому развитию, технологии снижения выбросов парниковых газов в нефтегазовой отрасли становятся необходимым краеугольным камнем для создания более ответственной, чистой и эффективной энергетической системы. Рассмотрим ключевые аспекты, выделенные в нашем исследовании.

Первым важным направлением инноваций являются современные методы очистки газов, в частности системы захвата и хранения углерода (CCS). Повышение эффективности этих систем становится критически важным для дальнейшего сокращения выбросов парниковых газов на стадии добычи и транспортировки углеводородов.

Инновации в процессах добычи, такие как технологии гидравлической фракции и методы улучшенной нефтеотдачи, демонстрируют потенциал уменьшения окружающего воздействия при добыче энергоносителей. Эти методы, будучи внедренными в промышленные практики, способны сделать этот процесс более эффективным и экологически устойчивым.

Устойчивость в транспортировке становится важным аспектом, и технологии, основанные на использовании сжиженного природного газа (СПГ), предлагают более экологичные альтернативы для морского и автомобильного транспорта. Развитие инфраструктуры для СПГ открывает новые перспективы для устойчивого развития транспортной сферы.

Энергоэффективные технологии переработки и оборудования также играют решающую роль в сокращении выбросов парниковых газов. Внедрение термокаталитических процессов и использование передовых технологий повышения энергетической эффективности создают более чистые методы переработки углеводородов.

Наконец, технологии повышения энергетической эффективности оборудования позволяют снижать энергопотребление в различных процессах нефтегазовой промышленности.

Интеграция интеллектуальных систем управления и применение передовых материалов поднимают эффективность отрасли на новый уровень.

\*\*\*

1. Нормативные документы по парниковым выбросам [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/57/57915/index.htm/>
2. Добыча углеводородов [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.globalmethane.org/documents/landfill\\_fs\\_rus.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/landfill_fs_rus.pdf)
3. Пути снижения выбросов парниковых газов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ztbo.ru/otbo/lit/tehnologii-otxodov>

**Гулевич А.И.**

**Технологические аспекты разработки морских месторождений в Арктике: Анализ эффективности и вызовы глобальной энергетики**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-578

**Аннотация**

Статья посвящена комплексному анализу технологических аспектов разработки морских месторождений в арктическом регионе с акцентом на их эффективность и влияние на глобальную энергетику. Исследование охватывает современные методы бурения, добычи и транспортировки углеводородов в условиях сурового морского климата. Особое внимание уделяется технологическим инновациям, направленным на повышение безопасности и снижение экологического воздействия. Авторы проводят анализ вызовов, связанных с разработкой арктических месторождений, включая сложности инфраструктурного обеспечения, геологические особенности и глобальные требования к устойчивости. Статья также рассматривает перспективы разработки и влияние арктических нефтегазовых проектов на энергетический ландшафт, а также предоставляет рекомендации для оптимального внедрения современных технологий в данной уникальной географической области.

**Ключевые слова:** технологии, разработка, морские месторождения, эффективность, вызовы.

**Abstract**

The article is devoted to a comprehensive analysis of the technological aspects of the development of offshore fields in the Arctic region with an emphasis on their efficiency and impact on global energy. The research covers modern methods of drilling, producing and transporting hydrocarbons in harsh marine climates. Particular attention is paid to technological innovations aimed at improving safety and reducing environmental impact. The authors analyze the challenges associated with Arctic resource development, including infrastructure complexities, geological features, and global sustainability requirements. The article also examines the development prospects and impact of Arctic oil and gas projects on the energy landscape, and provides recommendations for optimal implementation of modern technologies in this unique geographic area.

**Keywords:** technology, development, offshore fields, efficiency, challenges.

Развитие нефтегазовой промышленности в арктическом регионе представляет собой сложное и многогранное задание, требующее высокотехнологичных решений, инноваций и строгого соблюдения стандартов безопасности. Технологические аспекты разработки морских месторождений в Арктике стали ключевым фокусом индустрии, поскольку эти обширные регионы становятся объектами усиленного внимания из-за постепенного исчезновения легкодоступных запасов углеводородов.

Внедрение передовых технологий бурения становится неотъемлемой частью разработки морских месторождений в условиях Арктики. Горизонтальные и многоскважинные технологии

предоставляют возможность оптимизации процесса добычи углеводородов. Применение таких методов позволяет увеличить извлечение ресурсов, сократить временные затраты на бурение и, в итоге, повысить общую производительность месторождений. Современные буровые установки, оснащенные передовым оборудованием, играют ключевую роль в обеспечении эффективности добычи.[1]

Одним из важных направлений в современной нефтегазовой промышленности в Арктике является применение новейших технологий бурения. Эффективные методы бурения, такие как горизонтальные и многоскважинные технологии, позволяют оптимизировать добычу углеводородов, повышая степень извлечения и снижая временные и экологические затраты. Такие инновации способствуют улучшению общей производительности месторождений и повышению конкурентоспособности арктических нефтегазовых проектов на мировом рынке энергии.

Однако эффективное бурение - лишь одна сторона медали. Проблемы логистики и транспортировки в условиях арктического региона становятся ключевым фактором для успешного внедрения нефтегазовых проектов. Сложные ледовые условия, ограниченная инфраструктура, а также удаленность некоторых месторождений требуют инновационных решений в области морских перевозок. Развитие специализированных судов и ледоколов, а также применение технологий ледовой навигации, играют ключевую роль в обеспечении бесперебойной транспортировки нефти и газа, минимизации рисков и обеспечении безопасности персонала.[2]

Безопасность в условиях арктического региона является еще одним критическим аспектом. Стремительное изменение климата, суровые погодные условия и особенности природной среды создают высокие риски для работников и окружающей среды. В связи с этим, индустрия активно внедряет инновационные системы безопасности и управления рисками. Автоматизированные системы мониторинга, робототехника, а также использование искусственного интеллекта в управлении процессами позволяют снизить риски аварий и обеспечить оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации.

Сложности разработки морских месторождений в условиях Арктики, несмотря на технологический прогресс, остаются значительными. Изменчивость климата, неопределенность геологических условий и высокие экологические стандарты создают сложные вызовы для отрасли. Тем не менее, разработка нефтегазовых проектов в арктическом регионе обусловлена не только технологическими аспектами, но также геополитическими факторами. Вопросы суверенитета, правового регулирования и международного сотрудничества являются неотъемлемой частью успешного развития проектов в этом регионе.

Влияние арктических нефтегазовых проектов на глобальный энергетический ландшафт несомненно значительно. Запасы углеводородов в арктической зоне представляют собой стратегически важный ресурс для обеспечения мировой энергетической безопасности. С одной стороны, успешная разработка этих месторождений может способствовать диверсификации энергетических источников и обеспечить стабильные поставки. С другой стороны, необходимость балансировать экономический интерес с экологической устойчивостью становится неотъемлемым элементом стратегии индустрии в контексте глобальных требований к устойчивому развитию.[3]

Современные методы бурения, включая горизонтальные и многоскважинные технологии, открывают новые перспективы для оптимизации добычи углеводородов. Это не только повышает экономическую эффективность проектов, но и снижает экологическое воздействие за счет уменьшения необходимого количества буровых площадок и времени бурения.

Логистика и транспортировка, особенно в условиях ледового покрова, остаются вызовом, но их успешное решение открывает доступ к новым месторождениям и обеспечивает стабильные поставки энергоресурсов на мировом рынке. Развитие специализированных судов, ледоколов, а также использование передовых технологий ледовой навигации становятся

ключевыми элементами инфраструктурной поддержки для успешной эксплуатации арктических нефтегазовых проектов.

Системы безопасности и управления рисками претерпевают существенные изменения, отражая стремление к минимизации аварийных ситуаций и соблюдению высоких стандартов экологической ответственности. Использование автоматизированных систем, робототехники и искусственного интеллекта в управлении процессами становится необходимостью для обеспечения безопасности персонала и окружающей среды.[4]

Тем не менее, несмотря на значительные технологические прорывы, существуют и вызовы, требующие дополнительных исследований и инноваций. К изменяющимся климатическим условиям, геологическим особенностям и геополитическим вопросам необходимо подходить с учетом их влияния на устойчивость нефтегазовых проектов в арктической зоне.

Арктические нефтегазовые проекты имеют потенциал изменить глобальный энергетический пейзаж. Запасы углеводородов в арктической зоне представляют собой важный ресурс для обеспечения мировой энергетической безопасности. Успешная разработка этих месторождений может смягчить зависимость мира от традиционных источников и способствовать геополитической стабильности в энергетическом секторе.

В глобальном контексте арктические нефтегазовые проекты имеют потенциал стать важным источником энергетической безопасности, обеспечивая стабильные поставки энергоресурсов для растущих мировых потребностей. Однако, для достижения этого потенциала, индустрия должна продолжать инвестировать в разработку и внедрение современных технологий, соблюдение высоких экологических стандартов и учитывать социальные и геополитические факторы.

В целом, разработка морских месторождений в Арктике является комплексным процессом, где технологический прогресс, инновации, безопасность и устойчивость играют важные роли. Опыт, накопленный в ходе реализации этих проектов, будет важным для развития будущих проектов и формирования модели устойчивого развития для нефтегазовой индустрии в условиях арктического региона.

\*\*\*

1. Арктическая стартап-экспедиция: сайт. – Якутск, 2022. – URL: <https://arcticse.com/> зеленые-технологии/
2. Всеобщая перепись населения: сайт. – Москва, 2021. – URL: <https://www.strana2020.ru/mediaoffice/novosti-segodnya-03-19-rosstat-zhiteley-arkticheskoy-zony-v-rossii-vsego1-5-no-oni-dayut-desyatuyu-chast-vvp-strany/>
3. Инвестиционный портал Архангельской области: сайт. Инвестиционный паспорт Арктических территорий Архангельской области. – URL: [https://dvinainvest.ru/upload/docs/Onega\\_layout\\_brochure\\_21-12-18\\_skrepka.pdf](https://dvinainvest.ru/upload/docs/Onega_layout_brochure_21-12-18_skrepka.pdf)
4. Инвестиционный портал Республики Карелия: сайт. Инвестиционный паспорт Арктических территорий Республики Карелия. – URL: [https://economy.gov.karelia.ru/upload/iblock/100/Presentation-IPRK-2021\\_17.09.pdf](https://economy.gov.karelia.ru/upload/iblock/100/Presentation-IPRK-2021_17.09.pdf)

**Гулевич А.И.**

**Физико-химическая очистка выбросов загрязняющих веществ на предприятиях нефтегазового комплекса**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-579

**Аннотация**

Данная работа посвящена проблеме физико-химической очистки выбросов загрязняющих веществ, генерируемых предприятиями нефтегазового комплекса. Исследование фокусируется на разработке и оптимизации технологий, направленных на снижение негативного воздействия этих выбросов на окружающую среду и общественное здоровье. В работе рассматриваются основные методы физико-химической очистки, включая абсорбцию, адсорбцию и другие инновационные подходы. Особое внимание уделяется эффективности



каждого метода в условиях нефтегазового комплекса, а также анализу их экономической и экологической целесообразности.

**Ключевые слова:** абсорбция, адсорбция, мембранные методы, нефтегазовый комплекс, выбросы, загрязняющие вещества, физико-химическая очистка.

### Abstract

This work is devoted to the problem of physical and chemical purification of emissions of pollutants generated by oil and gas enterprises. The research focuses on developing and optimizing technologies to reduce the negative impacts of these emissions on the environment and public health. The work discusses the main methods of physicochemical purification, including absorption, adsorption and other innovative approaches. Particular attention is paid to the effectiveness of each method in the oil and gas complex, as well as to the analysis of their economic and environmental feasibility.

**Keywords:** absorption, adsorption, membrane methods, oil and gas complex, emissions, pollutants, physicochemical treatment.

Нефтегазовый комплекс, играющий ключевую роль в мировой энергетической индустрии, стал неотъемлемой частью современного промышленного общества. Однако, вместе с неоспоримыми экономическими выгодами, деятельность нефтегазовых предприятий приносит с собой серьезные вызовы в области экологии. Выбросы загрязняющих веществ, таких как углеводороды, сероводород, азотные соединения и тяжелые металлы, представляют потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья человека.

Физико-химическая очистка выбросов на нефтегазовых предприятиях становится ключевым направлением инженерных исследований, направленных на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. Основные проблемы включают в себя не только необходимость снижения объемов выбросов, но и требование к эффективным методам очистки, способным обеспечивать высокий уровень удаления загрязняющих веществ.

Абсорбция представляет собой процесс, при котором газы или пары поглощаются жидкостью, что способствует эффективной очистке выбросов. В нефтегазовом комплексе применяют различные абсорбционные жидкости, такие как аминные растворы, которые обладают высокой аффинностью к углеводородам и другим загрязняющим веществам. Этот метод позволяет снижать концентрацию вредных компонентов в выбросах до безопасных уровней.[2]

Преимущества абсорбции включают высокую эффективность по улавливанию различных компонентов, возможность применения в широком температурном диапазоне и относительную простоту технологии. Однако, необходимость в обработке и регенерации абсорбционных растворов, а также потребление энергии для этих процессов, являются основными вызовами данного метода.

Адсорбция основана на способности поверхности твердых материалов (сорбентов) удерживать молекулы загрязнителей. В нефтегазовом комплексе активно используются различные адсорбенты, такие как активированный уголь, молекулярные сита и силикагели. Эти материалы обладают большой поверхностью и химической активностью, что способствует эффективной фильтрации газов.

Адсорбционные методы отличаются отличной специфичностью по отношению к различным загрязнителям, что позволяет выбирать оптимальные сорбенты в зависимости от состава выбросов. Однако, процесс регенерации адсорбентов и их ограниченная емкость могут потребовать дополнительных затрат.

Мембранные методы включают применение полупроницаемых мембран для сепарации компонентов газовых потоков. В нефтегазовой индустрии часто используются мембраны на основе полимеров или керамики. Этот метод основан на различиях в размерах и химических свойствах молекул, что позволяет эффективно разделять различные компоненты.

Мембранные методы обладают высокой эффективностью, компактностью и низким энергопотреблением. Однако, они могут быть чувствительны к загрязнению и требуют постоянного мониторинга и технического обслуживания.[1]

Физико-химическая очистка выбросов загрязняющих веществ на предприятиях нефтегазового комплекса представляет собой комплекс мероприятий, направленных на уменьшение негативного воздействия промышленных выбросов на окружающую среду. Эта тема охватывает широкий спектр технологий и процессов, которые включают в себя как механические, так и химические методы очистки, а также системы мониторинга и контроля.

Одной из ключевых задач физико-химической очистки является снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, таких как оксиды азота (NOx), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), углеводороды (НС), тяжелые металлы и другие компоненты, образующиеся при нефтегазовой переработке и сжигании углеводородных топлив.

Один из основных методов физико-химической очистки включает в себя применение газоочистных устройств, таких как электрофильтры, сажеуловители и катализаторы. Эти устройства предназначены для улавливания твердых частиц, сажи, иных тяжелых компонентов и катализа процессов окисления вредных веществ в более безвредные соединения.[3]

Важным этапом физико-химической очистки является подготовка газов перед подачей их в очистные устройства. Это включает в себя предварительное охлаждение, удаление избыточной влажности и предварительную очистку газов от крупных частиц. Для этого могут применяться циклоны, моющие башни и другие технологии.

Очистка газов от оксидов азота часто осуществляется с использованием методов селективной неокислительной абсорбции, когда газ проходит через реактор с аммиачным раствором, что приводит к образованию неактивного азота и воды. Для улавливания сернистых соединений применяют сорбцию на адсорбентах или щелочных растворах.

Важным компонентом физико-химической очистки является использование катализаторов. Катализаторы способствуют более эффективному протеканию химических реакций, направленных на конверсию вредных веществ в менее опасные или более легко улавливаемые соединения. Например, катализаторы могут использоваться для преобразования оксидов азота в безопасные азотные соединения.

Необходимо также отметить, что физико-химическая очистка выбросов является комплексным процессом, требующим постоянного мониторинга и контроля. Системы мониторинга следят за эффективностью очистки, а также за соблюдением нормативов по выбросам.

В заключение следует отметить, что физико-химическая очистка выбросов загрязняющих веществ на предприятиях нефтегазового комплекса является важным этапом в современном стремлении к устойчивому развитию и минимизации негативного воздействия промышленности на окружающую среду. Эффективные технологии очистки газов позволяют значительно снизить выбросы вредных веществ, что в свою очередь способствует улучшению качества атмосферы и сохранению природных ресурсов.

Однако необходимо подчеркнуть, что применение физико-химических методов очистки не должно рассматриваться как единственное решение проблемы экологического воздействия. Параллельно с внедрением современных технологий необходимо активно работать над сокращением общего объема выбросов, пересматривать энергетические стратегии в сторону более чистых источников энергии, а также повышать энергоэффективность производственных процессов.

Кроме того, важен аспект постоянного мониторинга и обновления технологий физико-химической очистки, чтобы адаптировать их к современным стандартам и требованиям в области охраны окружающей среды. Развитие инновационных методов, таких как более

эффективные катализаторы или более точные системы мониторинга, является важным направлением дальнейших исследований и инженерных разработок.

\*\*\*

1. Берлин М.А., Гореченков В.Г., Волков Н.П. Переработка нефтяных и природных газов/ М.А. Берлин // Москва. - 1981 С. 44-48.
2. Аджиев А.Ю., Пуртов П.А. Подготовка и переработка попутного нефтяного газа в России: в 2 ч. Ч. 2 / А.Ю.Аджиев, П.А.Пуртов. - Краснодар: ЭДВИ, 2014. – с. 504.
3. Воеводкин Д.А., Скрипниченко В.А. Рациональное использование вторичных ресурсов в экономике нефтегазового хозяйства // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. - 2013. №4.

**Жукова Ж.С., Гусакова А.А., Степанова А.А., Толасова А.А.**

**О материалах, способствующих уменьшению уровня шума в жилых помещениях**

*Московский технический университет связи и информатики  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-580

#### **Аннотация**

В статье рассмотрена эффективность различных материалов (коробки из-под яиц, полистирол, пенопласт, вата, формированное бумажное волокно, вспененный полиэтилен) в решении проблемы по изоляции жилых помещений от лишних шумовых волн.

**Ключевые слова:** акустическое загрязнение, шумомер, звукоизоляция, здоровье, безопасность жизнедеятельности.

#### **Abstract**

The article examines the effectiveness of various materials (egg cartons, polystyrene, foam, cotton wool, formed paper fiber, foamed polyethylene) in solving the problem of isolating residential premises from unnecessary noise waves.

**Keywords:** acoustic pollution, sound level meter, sound insulation, health, life safety.

Многочисленные звуковые волны повсеместно сопутствуют человеку в течение всей его жизни. Звук представляет собой распространение волн в упругой среде. Иногда звук является нежелательным для человека, тогда он превращается в шум.

Для здоровья людей, которые часто пребывают рядом с объектами, создающими повышенный шумовой фон, крайне необходима возможность оказываться в условиях акустического комфорта, то есть в условиях, максимально отвечающим нормативным требованиям [1]. Для создания комфортных условий применяются различные конструкционные материалы.

По данным российской газеты «Известия», каждый пятый из опрошенных жителей страны имеет слишком шумных соседей [2]. Поэтому поиск эффективных шумоизолирующих материалов стоит довольно-таки остро перед внушительным количеством людей не только с целью уменьшить внешний шум, но и для сохранения конфиденциальности своего жилища.

Для того чтобы защитить жилище от внешних шумов, используется прокладка из шумоподавляющих материалов, которую располагают между общей стеной с шумными соседями и внутренней отделкой. Самыми популярными материалами для такого вида работ являются пенопласт, полистирол или вспененный полиэтилен. При отсутствии возможности использовать данные материалы можно прибегнуть к подручным средствам и использовать коробки из-под яиц или же вату.

Чтобы проверить эффективность данных материалов, будут проведены опыты по поглощению звуковой волны. Для проведения данного эксперимента будет создана установка, представляющая собой трубу, от стенок которой будет отражаться звуковая волна, исходящая

из источника звука с одной стороны. Шумомер будет расположен с противоположной стороны. Между источником звука и шумомером будет располагаться изолирующий материал.

В качестве прибора для измерения был взят шумомер МЕГЕОН 92135, который обладает диапазоном измерений от 30 до 130 дБ. Точность прибора составляет  $\pm 1,5$  дБ. В конструкции шумомера использован взвешивающий фильтр А типа, который помогает отразить чувствительность человеческих ушей к звукам разных частот. Данный прибор подходит для измерения шума в жилых помещениях.

В качестве трубы был взят параллелепипед с длиной стенки 0,175 м. Труба изготовлена из жести. Длина и высота параллелепипеда составляет 0,09 м. В качестве входа и выхода в параллелепипеде были вырезаны две стенки меньшей площади.

В качестве шумоизоляционных материалов были взяты полистирол, коробки из-под яиц, сделанные из формованного бумажного волокна и пенопласта, ваты и нескольких слоёв вспененного полиэтилена, соединённых вместе.

Для эксперимента была выбрана звуковая волна, имеющая форму меандра. Данная форма представляет собой повторяющиеся прямоугольники. Частота данной волны составляет 350 Гц.

Изначально данная звуковая волна создавала шумовое воздействие, равное 92,8 дБ.

В качестве первого эксперимента был выбран полистирол. Размеры используемого образца составляли 0,09 м в длину и 0,09 м в ширину. Толщина образца – 0,018 м. При пропускании звуковой волны через данный материал шум, зафиксированный шумомером, составил 86,0 дБ.

В рамках второго эксперимента вовнутрь была помещена коробка из-под яиц, сделанная из пенопласта. Глубина выпуклой части коробки равна 0,04 м. Выпуклая сторона коробки направлена к источнику шума. Показания составили 84,0 дБ. При смене мест источника звука и шумомера было обнаружено, что показания шума составили 87,7 дБ.

Для третьего опыта пенопластовая коробка из-под яиц была заменена на коробку из формованного бумажного волокна. Глубина выпуклой части в данном случае составила 0,075 м. Звуковая волна была направлена в сторону выпуклой части. Показания составили 80,8 дБ. Далее источник шума и прибор для измерения шума были поменяны местами. Шум вышел равным 83,4 дБ.

В ходе четвертого эксперимента из крышки пенопластовой коробки был вырезан квадрат со стороной 0,09 м. Используя его в качестве шумоизоляционного материала, мы получили показания в 85,1 дБ.

Пятый опыт был основан на квадрате из формованного бумажного волокна от крышки яичной коробки. При прохождении через указанный материал звуковой волны шумомер выдал показания, составляющие 85,0 дБ.

Шестой опыт данной научной работы был основан на способности ваты поглощать шум. Для этого был взят кусок непрессованной ваты толщиной 0,03 м. В этом опыте показания прибора составили 84,0 дБ.

В седьмом опыте использовался вспененный полиэтилен. Куски данного материала в количестве 12 слоёв были соединены вместе. В результате данного эксперимента шумомер показал значение 82,6 дБ.

По результатам проведенных экспериментов удалось установить, что разные звукоизолирующие материалы по-разному поглощают звуковые волны. Так, полистирол поглотил шум  $\Delta_1 = 92,8 - 86,0 = 6,8$  (дБ). Для пенопластовой коробки в первом случае  $\Delta_{21} = 92,8 - 84,0 = 8,8$  (дБ). Во втором случае этот показатель вышел таким  $\Delta_{22} = 92,8 - 87,7 = 5,1$  (дБ). Для коробки из формованного бумажного волокна показатели поглощения следующие  $\Delta_{31} = 92,8 - 80,8 = 12,0$  (дБ) и  $\Delta_{32} = 92,8 - 83,4 = 9,4$  (дБ). Показатель пенопластовой крышки составил  $\Delta_4 = 92,8 - 85,1 = 7,7$  (дБ). Для крышки из формованного бумажного волокна эта величина равна  $\Delta_5 = 92,8 - 85,0 = 7,8$  (дБ). Показатель ваты равен  $\Delta_6 = 92,8 - 84,0 = 8,8$  (дБ). Вспененный полиэтилен показал результат  $\Delta_7 = 92,8 - 82,6 = 10,2$  (дБ). Для удобства данные результаты представлены в виде таблицы 1:

Таблица 1

## Показатели поглощения шума

Звукоизолирующий материал	Параметр поглощения звука $\Delta$ , дБ
Полистирол	6,8
Пенопластовая коробка, первый случай	8,8
Пенопластовая коробка, второй случай	5,1
Коробка из формованного бумажного волокна, первый случай	12,0
Коробка из формованного бумажного волокна, второй случай	9,4
Пенопластовая крышка	7,7
Крышка из формованного бумажного волокна	7,8
Вата	8,8
Вспененный полиэтилен	10,2

Из результатов данной научной работы можно сделать выводы о лучших материалах для шумоизоляции любого жилища. Так, лучшие показатели по поглощению шума обнаружены у коробки из формованного бумажного волокна, причём звук был направлен в сторону выпуклой части. На втором месте оказался вспененный полиэтилен, сложенный в несколько слоёв. Замыкает тройку лидеров второй случай использования коробки из формованного бумажного волокна.

\*\*\*

1. Ерофеева, В.В. Шумозащитные свойства зеленых насаждений в урбанизированных экосистемах / В.В. Ерофеева, С.Л. Яблочников // Проблемы и мониторинг природных экосистем: сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета, Пенза, 13–14 октября 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 57-61. – EDN HCYULL.
2. Известия: официальный сайт. – Москва, 2022 – URL: <https://707.su/Q23> (дата обращения 02.12.2023)

**Злыгостева Д.А., Сафронова И.Г.**  
**Молниезащита автозаправочных станций**

*Уральский институт ГПС МЧС России  
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-581

**Аннотация**

В данной статье, рассматривается пожарная опасность молнии, также перечислены основные требования к выполнению молниезащиты АЗС, приведена статистика и наиболее крупных пожары возникшие на автозаправочных станциях от молнии.

**Ключевые слова:** молния, прямой удар, автозаправочная станция, резервуар, топливораздаточные колонки, горючая жидкость, пожарная опасность, требования к молниезащите АЗС.

**Abstract**

This article examines the fire danger of lightning, lists the basic requirements for lightning protection of gas stations, provides statistics and the largest fires that occurred at gas stations from lightning.

**Keywords:** lightning, direct strike, gas station, reservoir, fuel dispensers, flammable liquid, fire hazard, lightning protection requirements for gas stations.

Молниезащита автозаправочных станций - это система безопасности, предназначенная для защиты заправочной станции от повреждений, вызванных молниями.

Грозы – это нередкое, вызывающее опасность, атмосферное явление в нашей жизни, которое сопровождается мощными электрическими разрядами, шумом грома и интенсивными осадками в виде дождя, снега или града. Грозы обычно возникают во время сильной турбулентности воздуха и неравномерно распределения электрического заряда в атмосфере. Высоковольтный разряд при ударе молнии может стать причиной пожара и взрывов на автозаправочной станции. По этой причине мероприятия по молниезащите играют особо важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации АЗС и других предприятий нефтепродуктообеспечения, относящихся к объектам повышенной пожаро- и взрывоопасности.

Обращаясь к статистике, в период с 2008 года по 2023 год, только в России зафиксировано более 4 случаев попадания молнии в АЗС и резервуары с горючим жидкостями, а по всему миру таких случаев произошло 6, что повлекло за собой человеческие жертвы, угрозу жизни и здоровью людей и серьезный материальный ущерб. Одними их примеров таких пожаров за данный промежуток времени является пожар в Туймазинском районе Башкирии 10 июня 2013 года, разряд молнии попал в резервуар с нефтепродуктами.

Окунемся в историю и вспомним самый крупный и трагический случай, который произошел 22 августа 2009 года в ХМАО-Югре, поселке городского типа Междуреченский на территории ЛПДС «Конда», горела группа из 8 резервуаров РВС-20000. Точный удар молнии попал в резервуар, что привело к его возгоранию, огонь перебросился на соседний резервуар и произошел крупнейший взрыв, осколки резервуара разлетелись на 180 м от места взрыва. К тушению пожара были привлечены 435 человек личного состава и 82 единицы специальной техники. Последствия взрыва и пожара на «Конде» трагичны, из жизни ушло 4 огнеборца, 4 человека получили травмы различной тяжести и ожоги, также было уничтожено 2 единицы специальной техники, полностью разрушены 3 резервуара и 3 резервуара повреждены. Максимальная площадь пожара составила 40000 квадратных метра. На последующее восстановление ЛПДС «Конда» потребовалось около 1,5 миллиарда рублей.

Проект автозаправочной станции включает в себя пять основных элементов:

- металлическая емкости, предназначенные для хранения топлива и горюче-смазочные материалы или же коротко - резервуары;
- насосное оборудование – это устройства, которые непосредственно связано с наполнением резервуаров и переливанием топлива из емкости в бак/цистерну автомобилей;
- трубопроводная магистраль - предназначена для соединения пунктов раздачи с тарой, в которой хранятся ГСМ;
- топливораздаточные колонки представляют собой емкости разного объема, оборудованные машинными заправочными устройствами;
- контрольно-измерительный комплекс приборов создан для постоянного контролирования рабочего состояния подсоединенного оборудования для выявления и предотвращения аварийных ситуаций).

Статистика показывает, что попадание грозового удара молнии чаще всего происходит в резервуары с ГСМ, но не исключены случаи попадания молнии в остальные элементы АЗС.

Согласно нормативно-техническим документам: «Правила устройства электроустановок» или ПУЭ, "Инструкции по молниезащите зданий, сооружений и промышленных коммуникаций" (СО 153-34.21.122-2003) и "Инструкции по молниезащите зданий и сооружений" (РД 34.21.122-87), АЗС относят к специальным объектам, которые представляют опасность для окружения. Уровень защищенности для данного класса объектов должен составлять 0,99.

Решением данной проблемы на сегодняшний день служат заземление и молниезащита данных объектов.

Согласно РД 34.21.122-87 все здания и строения автозаправочной станции должны защищаться от прямых ударов молнии, а также её вторичных воздействий, как электромагнитного поля высокой напряжённости, создаваемого в момент удара молнии, статического электричества и перемещения высоких электрических потенциалов по металлическим конструкциям здания, трубопроводам, воздушным линиям или линиям связи.

Обеспечение защиты АЗС от попадания разряда молнии выполняется при помощи внешней и внутренней молниезащиты.

#### 1. Внешняя молниезащита для АЗС:

Внешняя молниезащита - это система, созданная для защиты зданий и сооружений от удара молнии. Она предназначена для предотвращения возгорания, повреждений и разрушений, которые могут быть вызваны молнией.

Основные характеристики внешней молниезащиты включают:

1. Молниеотводы: это металлические стержни или планки, которые устанавливаются на высоте над зданием или сооружением. Они предназначены для привлечения молнии и направления ее разряда в безопасное место.
2. Заземление: это система, предназначенная для отвода электрического тока молнии в землю. Она включает в себя металлические заземляющие электроды, через которые ток молнии распределяется по земле.
3. Промежуточные заземления: они устанавливаются для улучшения эффективности заземления в районах, где грунт имеет высокое сопротивление.
4. Защитные проводники: они устанавливаются для защиты от молнии отдельных элементов здания, таких как антенны, водостоки, трубы и т.д.
5. Изоляция: система включает в себя изоляторы, предназначенные для предотвращения прохождения электрического тока по металлическим частям здания и сооружения.
6. Молниевыделители: это устройства, которые устанавливаются на высоте над зданием для привлечения молнии и предотвращения ее удара в здание.
7. Молниеприемники: они устанавливаются на здании для принятия молнии и ее безопасного отвода через систему заземления.

Внешняя молниезащита - это важный элемент безопасности зданий и сооружений от молнии. Она способствует защите от пожаров, повреждений электроприборов и электротехнического оборудования, а также обеспечивает защиту людей, находящихся внутри здания.

2. Внутренняя молниезащита на АЗС Внутренняя молниезащита (ВМЗ) - это комплекс мер и технических решений, направленных на защиту внутренних электропроводок и оборудования зданий от повреждений, вызванных молнией или ее электрическими перенапряжениями.

Характеристики внутренней молниезащиты включают:

1. Пределы защиты: определяются в зависимости от типа здания (жилые дома, офисы, промышленные сооружения и т. д.) и встроенного оборудования (электропроводка, системы связи, компьютеры и т. д.) или их значимости для функционирования.
2. Соответствие стандартам: ВМЗ должна соответствовать соответствующим национальным или международным стандартам, таким как МЭК 62305.
3. Размещение и типы защитных устройств: внутренняя молниезащита включает установку различных защитных устройств, таких как молниеотводы, предохранители, разрядные трубки и фильтры на вводах электрической энергии и систем связи.

4. Аппаратная защита: ВМЗ включает использование защитных устройств, которые могут снизить избыточные токи и напряжения, вызванные молнией, и предотвратить их проникновение в электропроводку и оборудование.
5. Заземление и экранирование: эффективное заземление и экранирование играют важную роль в защите от молнии. Хороший заземляющий проводник и экранирующие конструкции помогают отводить избыточные заряды и токи, а также предотвращают наводки и электромагнитные помехи.
6. Системная интеграция: ВМЗ должна быть интегрирована в общую систему защиты здания, включая внешнюю молниезащиту и защитные устройства от перенапряжений в электрических сетях.
7. Регулярное обслуживание и проверка: ВМЗ требует регулярного обслуживания и проверки, чтобы гарантировать ее эффективность и исправность.

Важно отметить, что ВМЗ не обеспечивает 100% защиту от молнии или ее последствий, но ее применение уменьшает риск повреждения оборудования и электрической системы, а также защищает жизни людей, находящихся внутри здания. Внутренняя защита на АЗС может также включать установку устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) - это устройство, предназначенное для предотвращения попадания избыточного напряжения на прибор. УЗИП обычно устанавливаются на главной электрической панели АЗС и на важных узлах системы (системы контроля и управления, компьютеры, счетчики, дисплеи и прочее). Они могут включать в себя различные виды защиты, такие как:

1. Диодные защитные элементы: предназначены для отвода импульсных перенапряжений в землю.
2. Газоразрядные защитные элементы: используются для отвода высоковольтных импульсов на заземление.
3. Полевые транзисторы: используются для быстрого отключения электрической цепи при обнаружении импульсного перенапряжения.
4. Варисторы: устройства, которые изменяют свое сопротивление в зависимости от величины напряжения.

На АЗС присутствует множество различного электрооборудования, которое может быть подвержено прямому попаданию разряда молнии, что представляет собой большую опасность. Для предотвращения этого на АЗС применяется заземление электрооборудования.

Заземление электрооборудования на АЗС осуществляется с использованием заземлительной системы, которая включает в себе электроды, заземлительные провода и глубинные заземлители, а также могут применяться естественные заземлители (металлические и железобетонные конструкции зданий, соприкасающиеся с почвой; буровые скважины; шпунты из металла; трубы водопровода из металла, проходящие под землей и пр.).

Согласно специальным требованиям заземлители размещаются на глубине 0,5–0,7 м и не менее 1 м от фундамента защищаемого здания. Сопротивление заземляющего устройства — не более 10 Ом. Глубина закладки и длина электрода определяются с учетом удельного сопротивления почвы и его сезонных изменений (глубины промерзания грунта).

Заземление оборудования на АЗС считается обязательной мерой безопасности, так как оно позволяет отводить электростатический заряд и статическое электричество, которые могут привести к возникновению искр или пожара.

Молниезащита АЗС и резервуаров с горючими материалами является важной составляющей обеспечения безопасности. Общественная безопасность является главным приоритетом в эксплуатации автозаправочных станций и резервуаров с горючим. Правильная молниезащита обеспечивает безопасность людей, а также защищает имущество и окружающую среду от возможных последствий удара молнии (взрыва и пожара). Эта система должна



разрабатываться и устанавливаться специализированными компаниями, имеющими опыт в области молниезащиты.

\*\*\*

1. ПУЭ «Правила устройства электроустановок» [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_98464/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/);
2. СО 153-34.21.122-2003 "Инструкции по молниезащите зданий, сооружений и промышленных коммуникаций" <https://docs.cntd.ru/document/1200034368>;
3. РД 34.21.122-87 "Инструкции по молниезащите зданий и сооружений" <https://docs.cntd.ru/document/1200003090>;
4. ГОСТ Р 58404-2019 «Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации» <https://docs.cntd.ru/document/1200164025>;
5. СП 156.13130.2014. Свод правил. «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» <https://docs.cntd.ru/document/1200110842>.

**Максимов Е.А.**

**Анализ влияния изменения климатических условий на работоспособность и эффективность газового оборудования**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-582

**Аннотация**

Данная статья рассматривает влияние изменения климатических условий на работоспособность и эффективность газового оборудования. В условиях изменения климата, в том числе увеличения температуры и влажности, становится необходимо изучение возможного влияния на функционирование и производительность газовых устройств. Анализируется, как изменение погодных условий может привести к некорректной работе или снижению эффективности газового оборудования. Описываются основные факторы, такие как изменение температуры газа, влияние влажности на процессы сгорания, а также возможность появления конденсата в системе. Также рассматриваются методы для адаптации газового оборудования к изменяющимся климатическим условиям, включая модификацию существующих устройств и разработку новых технологий.

**Ключевые слова:** природный газ, газовое оборудования, изменение температуры, климатические изменения.

**Abstract**

This article examines the impact of changing climatic conditions on the performance and efficiency of gas equipment. In the context of climate change, including an increase in temperature and humidity, it becomes necessary to study the possible impact on the functioning and performance of gas devices. It analyzes how changes in weather conditions can lead to incorrect operation or decrease in the efficiency of gas equipment. The main factors such as changes in gas temperature, the influence of humidity on combustion processes, as well as the possibility of condensate in the system are described. Methods for adapting gas equipment to changing climatic conditions, including modification of existing devices and development of new technologies, are also considered.

**Keywords:** natural gas, gas equipment, temperature change, climate change.

Изменение климатических условий становится все более заметным и ощутимым явлением на планете Земля. Глобальное потепление, сезонные колебания температуры воздуха и аномальные погодные события ставят перед нами новые вызовы в различных сферах жизни. Одним из важных аспектов, на которые следует обратить внимание, является влияние данных изменений климата на работоспособность и эффективность газового оборудования. Газовое оборудование широко используется в различных секторах, таких как промышленность, энергетика, транспорт и бытовая сфера.

Изменение температуры имеет значительное влияние на свойства природного газа. Вот некоторые из основных воздействий:

1. Объем: При увеличении температуры газ расширяется и его объем увеличивается. Этот закон известен как закон Шарля. Важно отметить, что при постоянном давлении газа его объем и температура пропорциональны.
2. Давление: Изменение температуры также влияет на давление газа. При увеличении температуры газа его давление также увеличивается. Отношение между давлением и температурой известно как закон Бойля-Мариотта.
3. Разрежение: При низких температурах газ может превратиться в жидкость или твердое вещество в результате процесса конденсации. Это объясняет почему при высоких высотах и низкой температуре воздух становится менее плотным.
4. Скорость движения частиц: При повышении температуры скорость движения частиц газа увеличивается. Это связано с увеличением кинетической энергии частиц и усилением их коллизий.
5. Растворимость: Изменение температуры может повлиять на растворимость газа в жидкости. Возрастание температуры уменьшает растворимость газа, в то время как понижение температуры увеличивает его растворимость.

Изменение влажности влияет на свойства природного газа, особенно связанные с его плотностью, теплопроводностью и способностью сжиматься. Влажность обычно определяется содержанием в газе водяного пара.

При повышении влажности природного газа его плотность увеличивается. Это означает, что при одном и том же давлении одномолекулярный газ будет занимать большее пространство, чем сухой газ. Поэтому природный газ с высокой влажностью будет иметь меньшую энергетическую плотность и меньшую итоговую теплоемкость.

Влажный газ также имеет более низкую теплопроводность по сравнению с сухим газом. Это означает, что при передаче тепла через газ большая часть тепла будет потеряна из-за наличия водяного пара. Влажность может также снизить способность газа сохранять тепло, что может быть проблемой при использовании природного газа для отопления или других тепловых процессов.

Кроме того, влажный газ более сжимаем по сравнению с сухим газом. Это означает, что при тех же условиях давления и температуры, газ с высокой влажностью будет занимать меньший объем. Это свойство может быть полезным при хранении или транспортировке природного газа, поскольку эффективность использования пространства будет выше.

Изменение атмосферного давления может оказывать влияние на свойства природного газа. Природный газ, который является смесью различных газов, обычно хранится и транспортируется при давлении, близком к атмосферному. Изменение этого давления может вносить определенные изменения в свойства газа.

При повышении атмосферного давления газ подвергается сжатию. В результате этого сжатия плотность газа увеличивается, а объем снижается. Таким образом, при повышении давления, газ становится более плотным.

Понижение атмосферного давления, напротив, приводит к расширению газа. Уменьшение давления позволяет газу раскрыться и занять больший объем. При пониженном давлении газ становится менее плотным.

Изменения атмосферного давления также могут влиять на свойства газа, связанные с его физическими свойствами, такими как вязкость и теплопроводность. Однако эти эффекты обычно незначительны при типичных изменениях атмосферного давления.

Важно заметить, что при хранении и транспортировке природного газа, давление регулируется и контролируется с помощью специальных систем управления. Это позволяет поддерживать оптимальные условия для эксплуатации газового оборудования и обеспечивать эффективность и безопасность использования природного газа.

В целом изменение атмосферного давления может влиять на свойства природного газа, такие как плотность и объем, но обычно эти эффекты не являются критическими и легко контролируются при эксплуатации газовых систем.

Газовое оборудование, такое как газовые котлы, печи и газовые горелки, часто используется для отопления и горячего водоснабжения в зданиях. Изменения в климате, такие как повышение или понижение температур, влажности или атмосферного давления, могут повлиять на эффективность и надежность работы газового оборудования.

Повышение температуры может привести к ухудшению работоспособности газового оборудования. Высокие температуры могут вызывать перегрев и перегрузку системы, что может привести к аварийным ситуациям и повреждению оборудования. Кроме того, при повышении температуры может ухудшаться качество газа, что негативно сказывается на сгорании и эффективности работы оборудования.

Понижение температуры, особенно до экстремальных отрицательных значений, также может оказывать негативное влияние на работу газового оборудования. Низкие температуры могут вызывать замерзание или конденсацию влаги в трубопроводах и оборудовании, что может привести к блокировке системы и снижению эффективности сгорания.

Влажность также может быть фактором, влияющим на работу газового оборудования. Высокая влажность может привести к образованию конденсата, коррозии и засорению трубопроводов, что может привести к снижению производительности и недостаточному сгоранию газа.

Изменения атмосферного давления также могут вызывать проблемы в работе газового оборудования. Низкое давление может привести к недостаточному поступлению газа и несовершенному сгоранию, тогда как высокое давление может повредить систему и снизить эффективность горения.

Для того чтобы минимизировать влияние изменений климатических условий на работоспособность газового оборудования, рекомендуется регулярное техническое обслуживание и проверка системы на протечки, а также использование соответствующих применяемых технологий и материалов для работы в различных климатических условиях. Также следует обратить внимание на правильную изоляцию и вентиляцию системы, чтобы уменьшить возможность конденсации и замерзания влаги.

\*\*\*

1. Кочетков А.В. Полная классификация моделей идеального газа // Наукоедение. – 2019. – С. 1-10.
2. Колесова С.Б. Влияние температурного фактора на оборудование и технологические процессы добычи нефти // Экспозиция Нефть Газ. – 2018. – С.42-46.
3. Белоглазова Т.Н. Эффективность газоиспользующего теплогенераторов для индивидуального и децентрализованного теплоснабжения // Construction and Geotechnics. – 2020. – С. 80-92.
4. Neftegaz.ru: Объемные свойства природного газа залегающего в пластах в условиях высоких температур и давлений [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/prikladnaya-nauka/499916-obemnye-svoystva-prirodnogo-gaza-zalegayushchego-v-plastakh-v-usloviyakh-vysokikh-temperatur-i-davle/>

**Максимов Е.А.**

**Анализ замены стационарных боновых заграждений на всплывающие боновые заграждения для обонки нефтяного танкера во время его загрузки**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-583

#### **Аннотация**

Данная статья представляет собой анализ перехода от использования традиционных стационарных боновых заграждений к инновационным всплывающим боновым заграждениям в контексте обонки нефтяных танкеров во время процесса их загрузки. Исследование охватывает технические аспекты замены, анализ безопасности, эффективность использования и

экономическую оценку внедрения данной технологии. Особое внимание уделяется возможным выгодам в снижении рисков аварийных ситуаций, улучшении процессов обонки и сокращении операционных издержек. Результаты исследования предоставляют практические рекомендации для судовладельцев и операторов танкеров, а также вносят вклад в область инновационных подходов к обеспечению безопасности в нефтяной промышленности.

**Ключевые слова:** всплывающие боновые, нефтеналивной терминал, танкер, нефтяной разлив.

### Abstract

This article is an analysis of the transition from the use of traditional stationary booms to innovative pop-up booms in the context of lining oil tankers during the loading process. The study covers the technical aspects of replacement, safety analysis, efficiency of use and economic assessment of the implementation of this technology. Special attention is paid to the possible benefits in reducing the risks of emergencies, improving procurement processes and reducing operating costs. The results of the study provide practical recommendations for shipowners and tanker operators, as well as contribute to the field of innovative approaches to safety in the oil industry.

**Keywords:** pop-up booms, oil loading terminal, tanker, oil spill.

Водные транспортные пути и порты играют важную роль в мировой экономике, обеспечивая эффективную торговлю и перемещение грузов. Однако, несмотря на их значимость, порты и акватории подвержены различным рискам, включая аварийные разливы нефти. Акватория нефтеналивного, как одного из ключевых морских терминалов, не исключение.

В данной работе будет рассмотрен метод, который может существенно повысить безопасность и защиту окружающей среды в акватории порта – применение всплывающих боновых ограждений. Эти инновационные технологии предоставляют предприятию, управляющему нефтяным терминалом, эффективное средство предотвращения и ограничения разливов нефти, что содействует уменьшению экологического воздействия и обеспечению более безопасной эксплуатации морских портов.

Для моделирования изначальной ситуации примем, что в нефтеналивном порту для превентивной обонки танкеров у причалов порта используются боновые ограждения типа «БЗМ-10/500» и «БЗ-25/1500НМ», длины боновых ограждений соответственно 490 и 1250 м. Для развертывания боновых комплексов используются плавательные средства типа бонопостановщиков – БП «Ладога» и БП «Онега» (всего 2 ед. техники). Данный способ имеет ряд факторов, влияющих на длительность технологического процесса, т.е. время, необходимое для установки боновых ограждений вокруг танкера с использованием бонопостановщиков, может варьироваться в зависимости от различных факторов, таких как размер и конфигурация танкера, опыт и навыки бонопостановщиков, а также спецификации используемых боновых ограждений.

Так же данный метод, т.к. он подразумевает использование плавающей техники, имеет некоторые эксплуатационные затраты на применение бонопостановщиков. Так предположив, что в среднем при постановке боновых ограждений вокруг отбуксированного танкера перед началом его наполнения, бонопостановщик проплывает 2 км, по техническим характеристикам данного вида бонопостановщика получаем расход дизельного топлива в 800-1000 мл, что при средней цене на дизельное лодочное топливо в 55 руб/л, также топливо расходуется на работу двигателя на холостом ходу, что можно принять 10% от общего расхода топлива. К тому же данные расходы стоит удвоить в связи с тем, что после заполнения танкера следует убрать боновые ограждения. Таким образом, затраты на ограждение одного танкера составят 50 руб.

Предположим, что в день к терминалу буксируются 5 танкеров, тогда за год компания затрачивает на топливо для бонопостановщиков 90 тыс. руб. Так же следует предусмотреть эксплуатационные затраты, которые можно учесть с помощью величины амортизации, которую рассчитаем по формуле:

$$A = \frac{1}{\text{СПИ}} 100\%$$

где СПИ – срок полезного использования техники, мес.

Величина месячной амортизации для одного бонопостановщика составит 1,7%. Тогда амортизационные отчисления для двух бонопостановщиков в месяц рассчитываются по формуле:

$$\sum_{M=2} \text{ПС} A$$

где ПС – первоначальная стоимость техники, руб;

Амортизационные отчисления в месяц составят 119000 руб.

Тогда получается, что компания суммарно тратит на превентивное ограждение танкеров во время их налива около 1540 тыс. руб. в год.

Применение всплывающих бонов позволит исключить применение бонопостановочной техники, что сократит затраты компании на обеспечение экологической безопасности во время реализации технологических операций по наполнению танкеров. К тому же данная технология уменьшает время установки боновых ограждений, что сокращает время всего технологического процесса, т.к. оборудование не может начать залив до того, как ограждения не будут установлены.

Комплекс всплывающих боновых ограждений включает в себя:

- секции ограждений;
- силовую станцию;
- комплект установочного оборудования.

Боновые ограждения устанавливаются единовременно на длительный срок. Они выставляются в соответствии с необходимой зоной локализации после чего с помощью компрессорной установки среднего давления установленной на берегу из ограждений откачивается газ, после чего боны ложатся на дно. Формирование линии локализации объекта осуществляется при помощи цепных растяжек и донных якорей.

Всплывающие боновые ограждения отличаются по способу применения, а именно:

- аварийные – всплывающие во время аварий и устанавливающиеся на входе в порт или терминал.
- рабочие – находящиеся на дне и поднимаемые для ограждения танкера при погрузке.

После буксировки танкера оператор, управляя силовой установкой, включающей в себя компрессор среднего давления, осуществляет подачу газа сначала в первую поплавковую камеру секций ограждений, которая начинает подниматься, затем следующая и так до того момента пока все ограждения не всплывут. Время установки такого ограждения при заданной длине линии зоны локализации в 1740 м составляет 10-12 мин.

При использовании рабочих ВБЗ ежедневно срок эксплуатации согласно ТУ 4834-011-20504853-1998 составляет 5 лет.

Преимущества всплывающих ограждений:

- высокая оперативность использования;
- минимальные трудозатраты при работе с ограждениями;
- возможность использования в тяжелых погодных условиях без применения бонопостановщика;
- повышенная прочность и износостойкость;

- возможность замены отдельных секций заграждения, а также ремонт заграждения прямо на воде.

Т.к. в порту принимаются танкеры дедвейтом до 150тыс. тонн выбирается ВБЗ типа ВБЗМ-1650 с характеристиками:

- длина секции: 10 м;
- общая высота секции бона: 0,40 м;
- высота подводной части: 1,25 м;
- масса секции (включая балласт): 85 кг;
- высота удерживаемого слоя нефти: 0,2 м;
- материал: износостойкий полиэфир, покрытый нефтехимстойкими ПВХ.

Данный тип бона эксплуатируется при условиях:

- волнение моря: 3 балла;
- скорость течения: 0,5 м/с/узлов;
- скорость ветра: 15 м/с;
- температура воздуха: -20 до +65;

Капитальные затраты на реализацию проекта по установке ВБЗ состоят из покупки боновых заграждений ВБЗМ-1650 в количестве 18 секций и компрессора среднего давления. В качестве компрессора выбирается компрессор ВР10-30 – 273953 руб. Цена одной секции бонового заграждения составляет 6500 руб. соответственно за 18 секций цена составит: 1,17 млн.руб.

Эксплуатационные затраты состоят из расходов на электроэнергию на привод компрессора мощностью 7,5 кВт, тогда в год на функционирование оборудования компрессора понадобится 322807 руб. Так же к эксплуатационным затратам отнесем амортизационные отчисления, которые вычислим линейным методом по формуле, описанной ранее.

Расчеты затрат на ВЗБ представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Расчет экономических затрат на реализацию и функционирование ВБЗ.*

№	Наименование показателя	Значение
1	Капитальные затраты на реализацию проекта установки ВЗБ	1443953 руб
2	Эксплуатационные затраты на электроэнергию для привода компрессора	322807 руб
3	Норма амортизации ВЗБ в месяц	1,7%
4	Норма амортизации компрессорного оборудования в месяц	1,2%
5	Амортизационные затраты в год на все оборудование	278129 руб
6	Суммарные эксплуатационные затраты на все оборудование	600936 руб

По данным в таблице можно привести все затраты к сроку эксплуатации ВЗБ, который составляет 5 лет. Тогда приведенные к сроку службы затраты составят 408977,8 руб. Сравнивая, полученные данные с расчетами затрат на установку бонов постоянной плавучести с помощью бонопостановщиков, можно сделать вывод, что проект по установке ВЗБ окупиться раньше окончания нормативного срока эксплуатации.

Таким образом, проведя анализ, можно сказать о том, что реализация проекта по установке ВЗБ в акватории нефтеналивных терминалов порта экономически оправдано. Помимо этого данный проект благоприятно влияет на оперативность всего технологического процесса, а также повышает уровень экологической безопасности объекта.

\*\*\*

1. Дубинова И. С. Перспективы использования технологии на основе пневмогидравлического эффекта для локализации разливов нефти в акватории вблизи нефтепромыслов // Теория Нефтегаз. М., 2011. С. 56-60.
2. Аскарлова Ф. Я. Пневматический барьер для локализации нефтяного разлива на водной поверхности // Теория и практика современной науки. С., 2020. С.48-54.
3. Хайруллин Д. Р. Разработка всплывающего бонового ограждения, способного работать в ледовых условиях на реках // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. У., 2020. С. 19-24.
4. Соромотин А. В. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. Ликвидация последствий разливов// Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. С. 69-74.

**Максимов Е.А.**

**Анализ методов обнаружения утечек в магистральном трубопроводе,  
используемых в соу**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-584

**Аннотация**

При эксплуатации магистрального нефтепровода часто случаются нештатные ситуации, связанные с аварийной утечкой нефти или нефтепродукта. Причиной подобной аварийной ситуации является нарушение целостности трубопровода и несвоевременное реагирование на образование незначительных повреждений трубопровода, которые в последствии становятся источниками крупных аварий. В данной статье рассмотрены основные используемые в системах обнаружения утечек на сегодняшний день методы обнаружения утечек в магистральном трубопроводе и проведен их анализ.

**Ключевые слова:** нефтепровод, магистральный трубопровод, обнаружение, утечки нефти.

**Abstract**

During the operation of the main oil pipeline, abnormal situations often occur associated with an emergency leak of oil or petroleum products. The reason for such an emergency situation is a violation of the integrity of the pipeline and an untimely response to the formation of minor damage to the pipeline, which subsequently become sources of major accidents. This article discusses the main leak detection methods used in leak detection systems today and analyzes them.

**Keywords:** oil pipeline, trunk pipeline, detection, oil leaks.

В процессе эксплуатации нефтепровода случаются аварийные ситуации, связанные с утечками нефти или нефтепродукта из трубопроводной системы. Такого рода авария оказывает пагубное влияние не только на экологическую обстановку территории аварии, но и несет за собой ряд экономических потерь со стороны эксплуатирующей трубопроводную систему компании. Обнаружение места утечки нефти одна из основных задач, решаемая в рамках ликвидации аварийной ситуации. Своевременное и незамедлительное обнаружение утечки позволяет в разы сократить ущерб, связанный с утечкой углеводородного топлива из трубопроводной системы.

Для России вопрос о мониторинге утечек нефтепроводов является особо важным, в связи с большой протяженностью линейной части трубопроводных систем. Помимо этого, в России широкое распространение получили несанкционированные врезки в магистральные

линии, вызывающие значительные потери углеводородного сырья [1, с. 89]. В общем с 2003 по 2013 год в России обнаружено около 6000 тыс. несанкционированных врезок.

Существует ряд методов по обнаружению утечки в трубопроводе, используемых в современных системах обнаружения утечек (СОУ) множеством ведущих российских и мировых компаний, занимающихся эксплуатацией магистральных нефтепроводов.

Один из наиболее часто используемых методов мониторинга утечек является метод определения утечек по анализу профиля давления, который основан на сопоставлении проектного профиля изменения давления в трубопроводе с наблюдаемыми значениями, снимаемыми с датчиков давления, установленных на трубопроводе [2]. При утечке происходит излом построенного по показателям датчиков профиля. Расчет в СОУ происходит при помощи гидродинамических уравнений, с помощью которых система сначала строит профиль по действующим показателям давления, а после высчитывает параметры утечки [3, с. 261]. Явным недостатком метода является его зависимость от места расположения датчиков давления – контрольных точек. Установка на трассе нефтепровода чрезмерное количество датчиков давления экономически невыгодно компаниям, тем более существуют и другие недостатки метода. Например, его крайне низкая чувствительность к малым размерам утечек. Т. е. чем меньше масштаб утечки, тем меньше скачок давления на профиле, и соответственно тем сложнее определить утечку. Но существуют и весомые достоинства, за которые метод нашел широкое применение среди компаний. Одним из главных достоинств является возможность определения интенсивности утечки по скачку давления и возможность непрерывного мониторинга всей трассы нефтепровода, при условии установки на участке датчиков давления.

Еще одним методом используемых в современных СОУ является метод объемного баланса. Суть метода является в определении разницы между расходом на входе в диагностируемого участка и на выходе из него [4, с. 124]. На определенном участке устанавливаются высокоточные расходомеры и измеряют расход в двух точках. Причем метод учитывает количество нефти в самой трубе, которое при образовании утечки уменьшается. Контрольным параметром уже является не давление, а нормализованный расход нефти. По разности входного и выходного расхода судят об утечке на участке.

Метод позволяет обнаружить как быстро, так и медленно развивающиеся утечки. К тому же не требуется частая установка расходомеров на линейной части, так как диагностируемый участок может достигать больших размеров, без ухудшения точности измерений.

Однако существенным недостатком метода является невозможность определения координаты утечки, а учитывая, что диагностируемые участки иногда достигают очень больших размеров, метод не решает задачу о быстром выявлении места утечки при аварийно-восстановительных работах.

Еще одним методом обнаружения утечек, применяемый в современных СОУ, является анализ по волне падения давления, которая возникает при образовании отверстия в линейной части трубопровода и истечения из него перекачиваемой жидкости [5]. Такую волну относят к частному случаю гидроудара.

Суть реализации метода заключается в использовании быстродействующих датчиков СОУ и специальных контролеров. Контроллеры опрашивают датчики с определенной периодичностью и совершает анализ полученной с датчиков информации. Далее по формуле (1) определяется координата утечки.

$$x = \frac{x_2 + x_1}{2} - (t_2 - t_1) \cdot c;$$

где  $x_2, x_1$  – координаты датчиков, м;

$t_2, t_1$  – время прохождения первого и второго датчиков водной, с;

$c$  – скорость распространения волны, м/с.



Такой метод при обнаружении волны как минимум двумя датчиками позволяет при обработке информации о скорости и продолжительности волны определить точное место утечки, что является несомненным преимуществом данного метода. К тому же этот метод весьма чувствителен к изменению давления в трубопроводе. Однако недостатков метода тоже не мало. Так, например, метод является рабочим, только в случае малого времени развития утечки, т. е. на графике фронт волны имеет выраженный характер. Так же для метода требуется специальная аппаратура в виде специальных датчиков и контролеров СОУ. В случае затухания волны для того, чтобы как минимум два датчика уловили фронт волны, необходимо устанавливать их на расстоянии не превышающем 30-ти км, что увеличивает капитальные затраты на эксплуатацию методологии. Так же внутри трубопровода и на его протяжении существуют явления, которые мешают распространению волны. Внутри трубопровода такими препятствиями являются газовые пузыри, поглощающие волну давления. Так же технологическое оборудование является источником экранирования фронта волн такой природы, что ухудшает эффективность метода.

Таким образом, можно сказать о том, что каждый метод, применяемый современными компаниями нефтегазового комплекса, эксплуатирующими трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов, для обнаружения утечек имеет ряд как преимуществ, так и недостатков. Для более эффективного обнаружения и локализации утечки, при этом снижая капитальные затраты на эксплуатацию, следует применять комплексные методики по совместному применению различных видов СОУ, основанных на всех трех методах, на одном трубопроводе. В зависимости от ситуации и условий эксплуатации будут варьироваться методы определения утечек, что приведет к наиболее эффективности.

\*\*\*

1. Д.А. Бронников, В.А. Комаров, А. А. Нигрей, З. В. О структуре системы физической защиты магистральных трубопроводов от преднамеренных угроз// Недропользование, 2019. №1. С. 87-100.
2. Е. Г. Койнов, А. Б. Олененко, И. О. Разов Частые случаи выявления утечек – гарантия обнаружения работы магистральных трубопроводов//Инженерный вестник Дона, 2018. №1.
3. Т.Е. Мамонова, В.Н. Шкляр Алгоритмы определения утечки в нефтепроводе с учетом его геометрического профиля//Томский политехнический университет, 2011. №1. С. 261-267.
4. В.Р. Чупин, Е.В. Гаськов, Д.И. Майзель Методы обнаружения утечек газа из магистральных трубопроводов //Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость, 2012. №2. С.123-127.
5. Системы обнаружения утечек: Волновой метод (метод «волны давления») [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <http://prosou.ru/viewtopic.php?t=54>

**Максимов Е.А.**

**Анализ методов сжигания природного газа**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-585

#### **Аннотация**

Научная статья представляет собой обзор и анализ различных методов сжигания природного газа. Исследование фокусируется на технологических и инженерных подходах, применяемых в процессе сжигания природного газа с целью оптимизации эффективности, снижения выбросов и соблюдения экологических норм.

**Ключевые слова:** природный газ, сжигание, экологическая безопасность, выбросы.

#### **Abstract**

The scientific article presents an overview and analysis of various methods of natural gas combustion. The research focuses on technological and engineering approaches used in the natural gas combustion process in order to optimize efficiency, reduce emissions and comply with environmental regulations.

**Keywords:** natural gas, combustion, environmental safety, emissions.

В современном мире вопросы энергетики и устойчивого развития становятся все более актуальными. Одним из ключевых компонентов мировой энергетической матрицы является природный газ, который широко используется в различных отраслях, включая промышленность, транспорт и производство электроэнергии. Однако, с увеличением потребления природного газа возрастает необходимость в разработке и совершенствовании методов его сжигания с целью повышения эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Настоящая научная статья посвящена анализу различных методов сжигания природного газа с учетом их технологической эффективности, экологической устойчивости и соответствия современным стандартам безопасности. Исследование направлено на выявление оптимальных технологических решений, способствующих эффективному использованию природного газа и минимизации негативных воздействий на окружающую среду.

Существует несколько основных методов сжигания природного газа, которые используются в различных отраслях промышленности и энергетики. Некоторые из них включают:

**Факелы (горелки):** Факелы используются для безопасного сжигания выбросов природного газа, особенно в процессах нефтяной и газовой добычи. Они помогают предотвратить накопление взрывоопасных паров путем их сжигания в безопасной зоне на специальных высотных установках.

**Преимущества сжигания природного газа в факелах:**

**Предотвращение взрывоопасных ситуаций:** Факелы обеспечивают безопасное сжигание природного газа, предотвращая накопление взрывоопасных паров в окружающей среде.

**Применимость в нефтегазовой отрасли:**

Факелы широко используются в нефтегазовой промышленности для безопасного сжигания газа, который не может быть использован в процессах производства.

**Недостатки сжигания природного газа в факелах:**

**Неэффективное использование энергии:** Факелы не предоставляют возможности использования энергии, содержащейся в природном газе, что приводит к потере ценного топлива.

**Потери в экономическом плане:** Сжигание газа в факелах означает упущенные возможности по использованию его в экономически более выгодных целях, таких как генерация электроэнергии.

Хотя факелы снижают выбросы определенных вредных веществ, они все равно способствуют выбросам углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), что может влиять на климат.

В некоторых случаях сгорание в факелах может быть не полным, что может привести к образованию других вредных соединений.

В целом использование факелов для сжигания природного газа является компромиссом между безопасностью и экологической устойчивостью с одной стороны, и потерей энергии и возможными экономическими затратами с другой. Эффективное управление этими аспектами требует сбалансированного подхода и постоянного совершенствования технологий.

**Комбустсионные горелки:** Это эффективные устройства, используемые в промышленности и энергетике для сжигания природного газа в процессе генерации тепла и энергии. Они предназначены для оптимального сгорания газа с высокой степенью эффективности.

**Преимущества сжигания природного газа при помощи комбустсионных горелок:**

Сжигание природного газа с помощью комбустсионных горелок обеспечивает высокую степень преобразования химической энергии газа в тепловую энергию. Это позволяет получать большое количество тепла при использовании относительно небольшого количества газа.

Сжигание природного газа практически не производит твердых отходов. В результате горения образуется преимущественно углекислый газ и вода, которые легко могут быть удалены.

Горение природного газа в комбустивных горелках приводит к небольшому объему выбросов в атмосферу. Природный газ сгорает почти полностью без образования опасных веществ и твердых частиц, поэтому выбросы вредных веществ и загрязняющих частиц минимальны.

Недостатки сжигания природного газа при помощи комбустивных горелок:

Сжигание природного газа при помощи комбустивных горелок может создавать высокие температуры. Это может быть неэффективно или нежелательно в некоторых процессах, где требуется более низкая температура.

Турбины: В силовой индустрии природный газ может быть использован для запуска газовых турбин, которые затем генерируют электроэнергию. Этот метод эффективен и имеет низкий уровень выбросов в атмосферу.

Преимущества сжигания природного газа в турбинах:

Природный газ обладает высокими теплотехническими показателями, что позволяет достичь высокой эффективности сгорания в турбинах. В результате энергия топлива переходит в механическую энергию вращающегося вала с минимальными потерями.

Турбины, работающие на природном газе, обладают большими возможностями изменения нагрузки и скорости вращения, что позволяет легко регулировать производство электроэнергии в зависимости от потребностей рынка.

Недостатки сжигания природного газа в турбинах:

Для использования природного газа в турбинах требуется строительство и обслуживание соответствующей инфраструктуры, такой как газопроводы и компрессорные станции. Это может быть дорого и требовать дополнительных инвестиций.

Когенерация: Этот метод предусматривает одновременную генерацию электроэнергии и производства тепла или пара. Природный газ используется для работы газовых турбин или двигателей, после чего тепловая энергия, выделяемая в процессе, используется для производства тепла или пара, повышая тем самым энергоэффективность процесса.

Преимущества сжигания природного газа методом когенерации:

Когенерация позволяет одновременно производить электричество и тепло, используя топливо эффективнее, чем в традиционных системах. Это позволяет достичь высокой энергетической эффективности, более 80%, что уменьшает затраты на топливо и сокращает выбросы парниковых газов.

Когенерационные системы работают автономно и могут быть смещены на резервный режим работы в случае отключения централизованного электроснабжения. Это позволяет предотвратить проблемы с поставкой энергии во время аварийных ситуаций и улучшить надежность энергоснабжения.

Недостатки сжигания природного газа методом когенерации:

Установка и эксплуатация когенерационной системы требует значительных инвестиций, особенно при необходимости модернизации существующей системы. Выравнивание затрат может потребовать продолжительного времени.

Когенерационные системы сложны для управления и подвержены риску технических сбоев, что может привести к неплановым остановкам работы и потере производства энергии. Профессиональное обслуживание и контроль необходимы для минимизации технических рисков.

Эти методы сжигания природного газа имеют различные преимущества и применяются в зависимости от конкретных условий, требований энергетических систем и экологических нормативов. Выбор метода зависит от конкретных потребностей и целей в области производства энергии или производственных процессов.

\*\*\*

1. Кабишов С. М., Трусова И.А., Ратников П.Э., Менделев Д.В. Анализ эффективности технологических методов снижения выбросов при сжигании углеводородного топлива в теплоэнергетических установках // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – С. 1-6.
2. Осинцев К.В., Классификация и анализ эффективности методов низкотемпературного факельного сжигания угольной пыли на котлах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2019. – С. 20-27.
3. Любов В.К., Марьяндышев П.А., Попов А.Н., Ярков Д.А. Анализ эффективности сжигания природного газа в котлоагрегатах высокого давления // Седьмая Российская национальная конференция по теплообмену. – 2018. – С. 406-409.
4. Аналитех: Газовый анализ, принципы и методы измерений [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://www.analitech.ru/article1.html>

**Максимов Е.А.**

**Анализ методов утилизации нефтяных шламов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-586

#### **Аннотация**

Качественная утилизация отходов, имеющих углеводородное происхождение, после технологических операций с нефтяными продуктами является важной экологической проблемой не только нефтегазового комплекса, но и всей промышленности в целом. В данной статье проанализированы методы утилизации нефтяных отходов, изучены достоинства и недостатки этих методов и рассмотрены способы их применения в нефтяной промышленности.

**Ключевые слова:** энергоресурсы, нефтешламы, переработка нефтяных отходов, утилизация нефтяных отходов, нефтесодержащие отходы.

#### **Abstract**

High-quality disposal of waste of hydrocarbon origin after technological operations with petroleum products is an important environmental problem not only for the oil and gas complex, but also for the entire industry. This article analyzes the methods of disposal of oil waste, the advantages and disadvantages of these methods are studied and the ways of their application in the oil industry are considered.

**Keywords:** energy resources, oil sludge, processing of oil waste, disposal of oil waste, oil-containing waste.

Нефтешламы представляют из себя различные по физико-химическим свойствам и составу углеводородные смеси. Они образуются в процессе добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти, топливных смесей, масел и прочего на различных этапах [1]. Отходы, имеющие углеводородный состав, попавшие в окружающую среду являются пожароопасными и токсичными загрязнителями. Их присутствие в почве, воде и их паров в воздухе вызывает ухудшение экологической обстановки любого региона, вне зависимости от климатических и других условий. Источниками загрязнения нефтяными продуктами служат как производственные объекты по типу складов и пунктов выдачи горюче-смазочных материалов, различных топливно-энергетических комплексов, так и обычные транспортные средства, пункты их обслуживания и ремонта.

Любые технологические процессы в сфере нефтяной промышленности связаны с образованием нефтешламов в специальных отстойных прудах. Такие отходы включают в себя прямые и обратные водонефтяные эмульсии, твердые примеси по типу песка, катализаторов и прочего.

Содержание в заводском шламе продуктов составляет 25-30% масс. – нефтепродуктов, 60-70% масс. – воды и 8-12% масс. – механических примесей [2].

Под утилизацией нефтесодержащих отходов понимают извлечение из нефтешлама нефти или нефтепродуктов с последующим их использованием для производства нефтяной продукции [1]. На данный момент разработан ряд методов утилизации нефтяных отходов, условия применения которых зависят от многих факторов, начиная с состава отходов и заканчивая материальными возможностями компании.

Существуют традиционные методы утилизации, относящиеся к неструктурным методам, применяемые как в нашей стране, так и в других. К таким можно отнести захоронение нефтешламов в так называемых специальных могильниках на полигонах. Несмотря на то, что метод нашел широкое применение, он является нежелательным. К его недостаткам можно отнести необходимость в больших площадях земли для захоронения, при этом после него нефтяные отходы не перестают наносить вред окружающей среде, углеводородные смеси все так же остаются токсичными и загрязняют экологию территории расположения могильника. Но влияние смолисто-асфальтовых образований опасно не столько химическим воздействием токсичных компонентов, сколько изменением водно-физических свойств почв. Эти образования сорбируются в верхних слоях гумусового горизонта и уменьшают пористость почвы, чем сильно уменьшают ее показатели качества [4]. К тому же, данный метод не подразумевает вторичного использования переработанных отходов и с периодом около 8 лет объем заложенных в могильник нефтешламов увеличивается примерно в 2 раза, что создает потребность в создании новых мест захоронения [3]. Но данный метод имеет и некоторые достоинства, благодаря которым наиболее часто компании выбирают именно его. К таким можно отнести экономичность и простоту технологии утилизации. Однако экологические проблемы, вызванные последствиями использования такого метода могут нанести ущерб компании намного больше, чем сэкономленные на простоте технологического процесса.

Методы, предусматривающие переработку нефтяных отходов, разделяют на термические, химические, биологические, физические и комбинированные.

Термические методы являются одними из наиболее эффективных, но не всегда экономически рентабельными. Существуют несколько наиболее распространенных термических методов. Первый из таких – сжигание в открытых топках [5]. Несомненным достоинством этого метода являются небольшие капитальные затраты. К недостаткам можно отнести неполное сгорание нефтепродуктов и высокая степень опасности загрязнения воздушного пространства парами и продуктами сгорания.

Сжигание в печах различного типа и конструкции. Преимуществом данной технологии является универсальность по отношению ко многим видам отходов по составу. К тому же объем образовавшейся золы в 10 раз меньше изначального объема продукта. Метод обладает высокой эффективностью обезвреживания химически опасных соединений. Но недостатком метода являются большие затраты по очистке и нейтрализации дымовых газов при сжигании.

Сушка в сушилках различной конструкции. Метод, как и предыдущий уменьшает объем изначального продукта, но только в 2-3 раза. Основным достоинством является сохранение ценных компонентов. Дополнительным полезным свойством метода является его возможность комбинирования с другими методами. К недостаткам относится большие затраты энергии.

Пиролиз, крекинг, коксование. Эти способы имеют такие преимущества, как высокая степень разложения и возможность использования продуктов разложения в дальнейших технологических процессах. Но требуют больших материальных и энергетических затрат.

Способ сочетания термической сепарации, пиролиза и сжигания. Метод также требует больших энергетических затрат. Но при этом твердые остатки шлама являются экологически безопасными, и сам метод более экономичен по сравнению с сжиганием.

К химическим видам относят затвердевание путем диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашеной извести, цемента или других материалов. Метод имеет высокую эффективность и при этом часто продукты используют при дорожном строительстве. Но данный метод требует применения специального оборудования, значительного количества реагентов высокого качества. Так же данный метод требует проведения дополнительных исследований воздействия на окружающую среду образующихся гидрофобных продуктов.

К биологическим методам относят биоразложение путем внесения в почву и биоразложение с применением специальных штаммов бактерий, биогенных добавок и подачи воздуха. Оба метода требуют небольших капитальных затрат, но при этом продолжительны по времени, требуют больших земельных участков и их тщательную подготовку, использование специального оборудования. Так же метод с применением специальных штаммов требует поддержания определенных температур для протекания процесса разложения и существуют ограничения по климатическим условиям, а метод биоразложения при смешении с почвой причиняет экологический ущерб.

Физические методы нашли наиболее широкое применение из всех представленных выше. К таким методам относят гравитационное отстаивание, которое не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, но при этом имеет низкую эффективность разделения отходов.

Разделение центробежным полем. Одним из главных достоинств метода является возможность интенсификации процесса, но также он требует наличие специального оборудования, высоких капитальных затрат, невозможно разделение шламов с близкими значениями плотностей.

Фильтрация – один из наиболее часто применяемых физических методов. Достоинства фильтрации – сравнительно низкие затраты, высокая степень надежности метода, более высокое качество целевых продуктов и менее жесткие требования к качеству очищаемых продуктов. Недостатки – необходимость частой замены фильтрующих материалов, большие объемы образуемых продуктов очистки.

Экстракция или промывка водой. В качестве растворителей часто используют фреоны, спирты или водные растворы ПАВ. Требуется регенерация экстрагента. Метод не обеспечивает полноту извлечения нефтепродуктов.

К комбинированным методам относят применение специально подобранных деэмульгаторов. Одним из основных достоинств метода является возможность интенсификация процесса. Но также метод имеет сравнительно среднюю эффективность, но при этом реагенты имеют высокую стоимость и образуются не утилизируемые твердые отходы в процессе очистки.

Выше были описаны методы, уже активно применяемые в различных компаниях, но существуют и другие, которые находятся в процессе апробации и не нашли еще широкого применения среди производственных комплексов. К таким относится представитель физических методов – метод электромагнитного и волнового воздействия. В последнее время активно развивается технология микроволнового нагрева отходов, имеющая ряд преимуществ перед другими методами: бесконтактный подвод тепла, быстрый нагрев по всему объему продукта, отсутствие вторичных отходов, простота и надежность эксплуатации, но распространению метода мешают высокие капитальные затраты и отсутствие коммерческих образцов, внедренных в производство.

Еще одним развивающимся представителем физических методов является метод смешения с добавками, адсорбентами с получением товарных продуктов. В данном направлении существуют несколько тенденции. Первая заключается в подвергании жидких нефтешламов процессам гомогенизации и эмульгирования с помощью виброкавитационного измельчителя для приготовления устойчивой водо-мазутной эмульсии с последующим сжиганием в котлах. Данный процесс является простым, экономичным и высокоэффективным, но мазут следует сжечь до того момента, как эмульсия перестанет быть устойчивой и не

произойдут процессы ее расслоения. Вторая тенденция подразумевает использование нефтяных отходов в качестве компонентов котельных топлив либо совместную переработку с нефтью. Но наличие загрязнителей в отходах отрицательно влияет на установки электрообессоливания, ухудшает разделение нефти и повышает содержание нефтепродуктов в сточных водах. Третья тенденция предусматривает применение нефтешламов в строительстве, например, как говорилось раньше, в дорожном. Однако сфера применения этого метода ограничивается, требуется дополнительная подготовка нефтешлама, применение отходов в материалах строительства могут отрицательно сказываться на качествах конечной продукции.

Еще одним их развивающихся методов является метод закачки нефтяных отходов в пласт [6]. Он предусматривает закачку в глубокие и гидравлически безопасные пласты без загрязнения пластов, содержащих воду. Метод является экологически безопасным и не зависит от свойств и вида нефтешламов, закачиваемых в пласт. Так же метод позволяет минимизировать вредные выбросы в атмосферу, что не позволяют сделать другие методы. Однако метод требует капитальных вложений и может быть оптимизирован для буровых работ, чтобы использовать добывающее оборудование для закачки отходов в пласт.

Методы утилизации нефтешламов хоть и нацелены на улучшение экологической обстановки, но могут оказаться источниками куда более опасных экологических последствий. Например, практически все используемые на данный момент методы не обеспечивают отсутствия выбросов продуктов разложения в окружающую среду, что приводит к загрязнению почв, вод и воздуха. Практически все методы требуют крупных капитальных затрат, качественных реагентов и вспомогательных установок, что могут позволить себе далеко не все компании нефтегазового комплекса. Многие методы зависят от ряда факторов, таких как состав отходов, условий переработки, технического оснащения предприятия и т. д., которые тормозят развитие технологического прогресса в этом направлении.

Анализ вышеописанных методов показал, что все они имеют как достоинства, так и весомые недостатки. Таким образом, данного методологического оснащения недостаточно, чтобы обеспечить необходимую безопасность окружающей среды от загрязняющих продуктов нефтяной отрасли. Также существующие методы не обеспечивают необходимый уровень переработки отходов для использования их в основных технологических процессах. Тем не менее, эти методы предотвращают возможный ущерб от неутрализованного шлама, однако, как уже говорилось, этого мало для обеспечения экологической безопасности. Следовательно, необходима разработка новых методов или модификация существующих, для достижения универсальности по отношению к условиям применения методологии и высокой эффективности.

\*\*\*

1. ГОСТ Р 56828.43-2018 . Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. Показатели для идентификации. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 1-2 с.
2. Андреев Р. В., Дина К. М., Токарев Ю. И. Переработка нефтешламов // Экспозиция Нефть Газ. – 2019. – Вып. 71 – С. 1.
3. Дубровин Е., Дубровин И. Утилизация нефтяных отходов // Энергетика и промышленность России. – 2008. – Вып. 12 – С. 51.
4. Альбикова Э. Г., Дойников Р. А., Золотокопова С. В., Сеитова С. А. Новая технология утилизации нефтешламов // Геология, геогеография и глобальная энергия. – 2014. – Вып. 3 – С. 102.
5. Заббаров Р. Р., Сафиулина А. Г., Хустнутдинов И. Ш., Хустнутдинов С. И. Методы утилизации нефтешламов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2015. – Вып. 10 – С. 3-12.
6. Saif Ud din, R.P. Oskui, Maurice B. Dusseault, A.N. Al Ghadban Multi-criteria evaluation technique for SFI site identification of NORMS and oil industry waste disposal – Possibilities in Kuwait // Journal of Environmental Manage me. – 2009. – Вып. 91 – С. 188.

Максимов Е.А.

**Анализ экономической эффективности использования газового оборудования для отопления и горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-587

**Аннотация**

Статья исследует вопрос о том, насколько выгодно использование газового оборудования для обеспечения теплоснабжения и горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях с экономической точки зрения. В статье проведен анализ различных факторов, влияющих на экономическую эффективность такого использования газового оборудования, включая стоимость установки и обслуживания газовых систем, энергоэффективность оборудования, расходы на топливо и прочие операционные расходы. Кроме того, в статье рассматриваются вопросы экологической эффективности использования газового оборудования, отмечая, что газовое отопление и горячее водоснабжение могут быть более экологически чистыми вариантами по сравнению с традиционными методами, такими как использование топлива на основе угля или нефти. Возможность сокращения выбросов вредных веществ и уменьшения негативного влияния на окружающую среду является еще одним преимуществом использования газового оборудования в многоквартирных зданиях.

**Ключевые слова:** природный газ, газовое оборудование, эксплуатация газоиспользующего оборудования.

**Abstract**

The article explores the question of how profitable it is to use gas equipment to provide heat and hot water supply in apartment buildings from an economic point of view. The article analyzes various factors affecting the economic efficiency of such use of gas equipment, including the cost of installation and maintenance of gas systems, energy efficiency of equipment, fuel costs and other operating expenses. In addition, the article discusses the environmental efficiency of using gas equipment, noting that gas heating and hot water supply may be more environmentally friendly options compared to traditional methods such as using coal-based or oil-based fuels. The possibility of reducing emissions of harmful substances and reducing the negative impact on the environment is another advantage of using gas equipment in multi-apartment buildings.

**Keywords:** natural gas, gas equipment, operation of gas-using equipment.

Современные многоквартирные здания все чаще сталкиваются с вопросом выбора эффективной и экономически выгодной системы отопления и горячего водоснабжения. Одним из наиболее популярных решений становится использование газового оборудования, которое обеспечивает надежное и энергоэффективное функционирование теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Однако перед принятием решения о замене существующих систем отопления и горячего водоснабжения на газовое оборудование, необходимо провести анализ его экономической эффективности. Данное исследование посвящено анализу экономической эффективности использования газового оборудования для отопления и горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях.

Использование газоиспользующего оборудования для отопления и водоснабжения имеет ряд выгод с точки зрения стоимости установки по сравнению с традиционными методами на угле и нефти. Ниже приведены некоторые из них:

Более низкая стоимость установки: Установка газоиспользующего оборудования обычно требует меньшего объема инженерных работ и материалов по сравнению с угольными или нефтяными системами отопления или водоснабжения. Это может существенно снизить общую стоимость установки.



Более низкие затраты на эксплуатацию: Газовое оборудование обычно более эффективно в использовании источников энергии, по сравнению с углевыми или нефтяными системами. Это приводит к более низким расходам на газ в сравнении с другими видами топлива, что ведет к снижению стоимости отопления и водоснабжения в долгосрочной перспективе.

Благоприятные цены на газ: Цены на газ обычно более стабильны и предсказуемы, чем цены на уголь и нефть. Это связано с более широким доступом к газу и его добычей. Более стабильные цены позволяют снизить риски и позволяют более точно прогнозировать бюджет на отопление и водоснабжение.

Низкая стоимость обслуживания: Газоиспользующее оборудование обычно имеет более простую конструкцию и меньше подвержено износу и поломкам по сравнению с углевыми или нефтяными системами. Это означает, что обслуживание газового оборудования требует меньше затрат на ремонт и замену, что приводит к снижению операционных расходов на длительный срок.

Использование газоиспользующего оборудования для отопления и водоснабжения имеет несколько экологических преимуществ по сравнению с традиционными методами на угле и нефти:

Снижение выбросов парниковых газов: Газ является одним из самых чистых и экологически безопасных видов топлива. При сгорании газа образуется значительно меньше углекислого газа и других вредных выбросов в атмосферу по сравнению с углем и нефтью. Это помогает снизить негативное воздействие на климат и замедлить процесс изменения климата.

Улучшение качества воздуха: Использование газа вместо угля или нефти для отопления и водоснабжения также снижает выбросы вредных веществ, которые могут загрязнять атмосферу и влиять на здоровье людей. Газовое оборудование не образует частиц, дыма или сажи, которые часто присутствуют при сгорании угля или нефти.

Сокращение вредных отходов: Газоиспользующее оборудование не производит твердых отходов или золы, в отличие от угольных котлов. Это сокращает необходимость утилизации отходов и снижает энергозатраты на их переработку или хранение.

Увеличение энергоэффективности: Газовые системы отопления и водоснабжения обычно более эффективны по сравнению с угольными или нефтяными системами. Это означает, что меньше топлива требуется для достижения той же тепловой мощности, что приводит к меньшим выбросам и более экономичному использованию энергии.

Переход к возобновляемым источникам газа: В настоящее время происходит активное развитие возобновляемых источников газа, таких, как биогаз и водород, которые создаются с использованием экологически чистых процессов.

Биогаз образуется при анаэробном распаде органических веществ, таких как отходы пищевой промышленности, сточные воды или сельскохозяйственные отходы.

Один из способов получения водорода — это электролиз воды. В ходе этого процесса электрический ток проходит через воду, разлагая ее на кислород и водород. Электролиз может быть осуществлен с помощью обычной или возобновляемой энергии.

Внедрение таких систем позволит дополнительно снизить негативное влияние на окружающую среду и осуществить более устойчивую и экологически чистую энергетическую политику.

В результате исследования было выяснено, что использование газового оборудования для отопления и горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях является экономически эффективным решением. Оно обеспечивает удовлетворение потребностей в энергоснабжении, при этом имеет относительно низкие затраты на эксплуатацию и обслуживание.

Также следует отметить, что газ как источник энергии является достаточно дешевым и широкодоступным в большинстве регионов. Это также повышает экономическую эффективность использования газового оборудования.

Таким образом, необходимо учитывать, что анализ экономической эффективности использования газового оборудования для отопления и горячего водоснабжения в

многоквартирных зданиях является одним из факторов принятия решения. Однако, перед принятием окончательного решения, следует учитывать и другие аспекты, такие как экологическая устойчивость, долгосрочная перспектива и доступность альтернативных источников энергии.

\*\*\*

1. Крапивина Е.В. Газоснабжение и газовое оборудование // Наука и образование сегодня. – 2020. – С. 21-22.
2. Сорока Б.С. Эффективность использования газового топлива и окислительной смеси при их увлажнении // Энергетика. Известия высших учебных заведений и организаций стран СНГ. – 2019. – С. 547-565.
3. Русецкий М.М. Эффективность использования газа на промышленных предприятиях // Шаг в науку. – 2023. – С. 49-53.
4. Viessman: Газ как ископаемое топливо для отопления в кратком изложении [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://www.viessmann.kz/ru/znaniya/tehnologii-i-sistemy/gaz-kak-toplivo.html>

**Максимов Е.А.**

**Деятельность международных нефтегазовых компаний в сфере противодействия изменения климата**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-588

**Аннотация**

Данная статья освещает деятельность международных нефтегазовых компаний в контексте их участия в противодействии изменению климата. Анализируются стратегии и инициативы, принимаемые компаниями для со-кращения выбросов парниковых газов, перехода к возобновляемым источникам энергии, а также инновационные подходы к снижению экологического воздействия в процессе добычи, производства и транспортировки углеводородов. Рассматриваются как практические шаги компаний, так и их стратегические планы на ближайшее и долгосрочное будущее. В статье проведен анализ деятельности ведущей российской нефтегазовой компании и одной из крупнейших западных компаний в сфере нефтегазовой промышленности. Эта статья предоставляет обзор мероприятий, проводимых международными нефтегазовыми компаниями, и их роль в глобальных усилиях по борьбе с климатическими изменениями.

**Ключевые слова:** нефтегазовая отрасль, международные нефтегазовые компании, декарбонизация, парниковые газы.

**Abstract**

This article highlights the activities of international oil and gas companies in the context of their participation in countering climate change. The strategies and initiatives taken by companies to reduce greenhouse gas emissions, transition to renewable energy sources, as well as innovative approaches to reducing environmental impacts in the process of extraction, production and transportation of hydrocarbons are analyzed. Both the practical steps of the companies and their strategic plans for the near and long-term future are considered. This article provides an overview of the activities carried out by international oil and gas companies and their role in global efforts to combat climate change.

**Keywords:** oil and gas industry, international oil and gas companies, decarbonization, greenhouse gases.

В начале XXI века стало ясным, что существует серьезная угроза глобального изменения климата, которая обусловлена антропогенной эмиссией парниковых газов. По мере нарастания обеспокоенности этим явлением, усиливается давление со стороны важных участников (населения, представителей гражданского общества, НКО, инвесторов и др.) на компании и правительства, требуя срочных и адекватных мер в ответ на масштабы данной угрозы. В ответ на эти вызовы мировое сообщество предпринимает шаги по снижению

выбросов парниковых газов, прежде всего, диоксида углерода (процесс декарбонизации). Особенно актуальным для нефтегазовой индустрии становится также сокращение выбросов метана, который обладает гораздо более высоким парниковым эффектом по сравнению с CO<sub>2</sub>.

В октябре 2020 года Еврокомиссия представила новую стратегию по уменьшению выбросов метана. В зависимости от различных сценариев внедрения этой инициативы дополнительные затраты для российских экспортеров, включая нефтегазовые и химические компании, могут составить от 6 до 50,6 миллиардов евро до 2030 года. В сентябре 2020 года Китай заявил о своем стремлении достичь углеродной нейтральности к 2060 году и выразил приверженность "зеленому" развитию. В октябре того же года Япония и Южная Корея также заявили о своих планах достижения углеродной нейтральности к 2050 году. В январе 2021 года Канада также объявила о своей цели достичь углеродной нейтральности к 2050 году. Многие страны, присоединившиеся к Парижскому соглашению, уже внедрили или планируют внедрить системы торговли выбросами CO<sub>2</sub> (или другие меры установки цены на CO<sub>2</sub>) в ближайшем будущем. Углеродный след становится важным показателем качества товара, и продажи компаний с экологическими обязательствами и программами устойчивого развития растут значительно быстрее, чем у их конкурентов. Инвесторы по всему миру также начинают рассматривать климатические риски как факторы инвестиций и избегают финансирования секторов с высокими выбросами, включая производство сверхвысоковязкой, арктической и битуминозной нефти.

Так ПАО «Транснефть» признает важность учета рисков, связанных с изменением климата, и проводит оценку влияния климатических рисков на деятельность Компании. Основные мероприятия по противодействию процессам изменения климата касаются повышения энергоэффективности, сокращения объемов выбросов парниковых газов.

Основной объем выбросов парниковых газов от производственных объектов системы «Транснефть» образуется в результате стационарного сжигания топлива в котельных, осуществляемого с целью выработки тепловой энергии для собственных нужд. На выбросы прочих парниковых газов – метана (CH<sub>4</sub>) и элегаза (SF<sub>6</sub>) – приходится менее 5% общих выбросов парниковых газов в CO<sub>2</sub> эквиваленте.

Используемое котельное оборудование имеет самый современный конструктив, что обеспечивает минимальный расход топлива, высокий КПД и как следствие, минимальные выбросы CO<sub>2</sub>.

Сокращения выбросов парниковых газов происходит за счёт:

- перевода котельных с нефтяного топлива на газ;
- технического перевооружения котельных с установкой современных энергоэффективных котлов с повышенным КПД;
- применения усовершенствованных горелочных устройств с контроллерами процессов горения и состава дымовых газов;
- реализации комплексной программы энергосбережения.

В результате реализации перечисленных мероприятий количество выбросов парниковых газов в 2022 году по сравнению с 2021 годом снизилось на 24,047 тыс. тонн CO<sub>2</sub>-экв.

Основным направлением дальнейшей работы по снижению выбросов парниковых газов является дальнейшая реализация программы энергосбережения.

В декабре 2021 года ПАО «Транснефть» заняло 2 место (из 37 компаний) в рейтинге минимального углеродного следа крупнейших российских компаний, проведенного агентством АК&М. Удельные выбросы парниковых газов составили 0,36 т на 1 млн рублей выручки.

Среди иностранных компаний нефтегазового комплекса можно рассмотреть британскую Shell и её технологические решения, связанные с сокращением эмиссии парниковых газов.

Так одной из перспективных технологий является Shell Bitumen CarbonSink, который удерживает углерод в асфальте и битуме, превращая дорогу в технический поглотитель

углерода. Поскольку асфальтированная дорога подлежит вторичной переработке, большая часть этого углерода не попадет повторно в атмосферу даже в конце своего срока службы.

Компоненты переработки биомассы разработаны таким образом, чтобы обеспечить совместимость битума, которая не повлияет на эксплуатационные характеристики асфальта, создавая связующее, которое можно перерабатывать, сохраняя при этом уловленный биоуглерод в долгосрочной перспективе.

Помимо этого, Shell продвигает углеродно-нейтральные смазочные материалы для широкого спектра продуктов для легковых автомобилей, дизельных двигателей большой мощности и промышленного применения. Делая это, мы:

- Цель – компенсировать ежегодные выбросы более 200 миллионов литров современных синтетических смазочных материалов, что соответствует примерно 700 000 тонн эквивалента углекислого газа (CO<sub>2</sub>e).
- Планируется выпуск этих углеродно-нейтральных смазочных материалов на все европейские рынки, в Великобританию, Россию, США, Канаду, Китай, Южную Корею, Индию, Индонезию и Египет, с намерением дальнейшего распространения предложения по всему миру.

Это крупнейшая углеродно-нейтральная программа в отрасли смазочных материалов. Это декларация того, насколько серьезно Shell относится к декарбонизации, и наше четкое намерение помочь клиентам повысить уровень их собственных мер по обеспечению устойчивого развития.

В 2021 году Shell открыли первую заправочную станцию возобновляемого сжатого природного газа (R-CNG) в США на распределительном комплексе продукции в Карсоне, Калифорния. R-CNG поступает из портфеля проектов Shell по анаэробному сбраживанию. Заправочная станция в Карсоне позволяет Shell существенно снизить выбросы углекислого газа за пределы терминала, обеспечивая 100% R-CNG своей контрактной транспортной компанией.

В Европе Shell предлагает сжиженный возобновляемый природный газ (био-СПГ) клиентам, чьи грузовики работают на природном газе. Совместно с партнерами Nordsol и Renewi открылся первый в Нидерландах завод по производству биосжиженного природного газа (СПГ). Завод перерабатывает органические отходы в низкоуглеродистый биогаз для большегрузных автомобилей. Это делает Shell первым поставщиком топлива, предлагающим частичную смесь БИО-СПГ через всю сеть СПГ в Нидерландах.

Выполненный анализ изменения глобальной среды и опыта декарбонизации ведущих международных нефтегазовых компаний показывает, что в целях поддержания конкурентоспособности российского нефтегазового сектора на международном рынке целесообразно было бы внедрить:

- национальную систему мониторинга выбросов ПГ, а также требования к отчетности по выбросам ПГ, признаваемые соответствующими международными системами мониторинга;
- прозрачные и признаваемые на международном уровне правила реализации и верификации проектов по сокращению выбросов ПГ и по утилизации ПГ и поглощению углерода;
- научно-обоснованные и признаваемые на международном уровне методики определения эффектов от реализации проектов по сокращению выбросов ПГ, утилизации ПГ и поглощению углерода (особенно в отношении лесных проектов);
- систему обращения углеродных единиц с прозрачным механизмом ценообразования между отечественными хозяйствующими субъектами и международными компаниями;
- систему обращения на внутреннем рынке «зеленых сертификатов» с целью обеспечения для нефтегазовых компаний возможности приобретения

сертифицированной зеленой электроэнергии и сокращения эмиссии сферы охвата 2;

- пересмотреть требования в части ответственности компаний за не-достижение уровня утилизации ПНГ. Установить более амбициозную цель по утилизации ПНГ: уровень утилизации к 2027 г. не менее 98%.
- национальные механизмы ценообразования на ПГ в виде углеродного налогообложения либо квотирования и торговли углеродными кредитами; разработка в дополнение к этому комплексной стратегии по метану.
- обновленные технические стандарты операционного управления, учитывающие передовые методы сокращения выбросов метана и других ПГ;

для нефтегазовых компаний с государственным участием установить обязательство по достижению определенной позиции в международном рейтинге.

\*\*\*

1. Сколково Московская школа менеджмента. Декорбонизация нефтегазовой отрасли – [URL]: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_Decarbonization\\_of\\_oil\\_and\\_gas\\_RU\\_22032021.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf)
2. Официальный сайт Cyberleninka. Снижение выбросов углекислого газа в нефтегазовой отрасли – [URL]: <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-vybrosov-uglekislogo-gaza-v-neftegazovoy-otrasli>
3. Официальный сайт Shell.Global. Масштабируемое сокращение выбросов парниковых газов – [URL]: <https://www.shell.com/business-customers/decarbonise-your-value-chain/scalable-carbon-reduction.html>
4. Официальный сайт ПАО «Транснефть». Противодействие изменению климата – [URL]: <https://www.transneft.ru/development/ecology/climate-eco/>

**Максимов Е.А.**

### **Магистральные нефтепроводы в условиях вечной мерзлоты: Оптимизация эксплуатации и вызовы инфраструктуры**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-589

#### **Аннотация**

Данная статья исследует ключевые аспекты эксплуатации магистральных нефтепроводов в условиях вечной мерзлоты. В связи с изменяющимися климатическими условиями и расширением нефтегазовой индустрии в полярных регионах, обеспечение надежной и эффективной работы инфраструктуры приобретает критическое значение. В статье рассматриваются особенности геотехнических условий, влияющие на проектирование, строительство и эксплуатацию нефтепроводов в мерзлотных зонах. Обсуждаются технологические инновации, направленные на снижение воздействия на окружающую среду и повышение эффективности транспортировки углеводородных материалов.

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, вечная мерзлота, эксплуатация, оптимизация, экология.

#### **Abstract**

This article explores the key aspects of the operation of oil trunk pipelines in permafrost conditions. Due to changing climatic conditions and the expansion of the oil and gas industry in the polar regions, ensuring reliable and efficient operation of infrastructure is of critical importance. The article discusses the features of geotechnical conditions affecting the design, construction, and operation of oil pipelines in permafrost zones. Technological innovations aimed at reducing the environmental impact and increasing the efficiency of transportation of hydrocarbon materials are discussed.

**Keywords:** oil trunk pipeline, permafrost, operation, optimization, ecology.

Нефтегазовая промышленность продолжает играть существенную роль в мировой экономике, обеспечивая энергетическими ресурсами разнообразные секторы производства. В свете этой зависимости от углеводородных материалов строительство и эксплуатация магистральных нефтепроводов становятся важнейшими компонентами инфраструктуры для перевозки нефти и газа на глобальном уровне. Однако, расширение этой инфраструктуры в регионах с вечной мерзлотой представляет собой сложную инженерную задачу, требующую особого внимания к геотехническим условиям, экологическим аспектам и обеспечению надежной эксплуатации.

Вечная мерзлота, присутствующая в северных регионах, является доминирующим фактором, определяющим уникальные условия строительства и эксплуатации инфраструктуры. Она является сложной смесью мерзлых грунтов, льда и воды, что создает огромные вызовы для инженеров и проектировщиков. Сменяющиеся климатические условия и антропогенное воздействие на окружающую среду могут также привести к усугублению этих вызовов. В этом контексте, необходимость оптимизации процессов и технологий становится неотъемлемой частью успешной эксплуатации нефтепроводов в этих условиях.

Вот некоторые методы обеспечения устойчивости нефтепроводов в таких условиях:

Изоляция трубопровода:

Применение теплоизоляционных материалов вокруг трубы, чтобы предотвратить потерю тепла.

Использование тепловых экранов или оболочек, чтобы минимизировать воздействие низких температур.

Применение нагревательных систем:

Установка систем подогрева трубопроводов для поддержания оптимальной температуры транспортируемой среды.

Использование саморегулирующихся кабелей для предотвращения замерзания труб.

Оптимизация технологии строительства:

Выбор месторождения и маршрута, учитывая особенности грунта и климатических условий.

Применение специальных технологий бурения и строительства, чтобы учесть вечномерзлые грунты.

Методы гидроизоляции:

Применение гидроизоляционных покрытий и материалов для защиты от влаги и уменьшения риска коррозии.

Мониторинг и обследование.

Изоляция нефтепроводов в условиях вечномерзлых грунтов является важным аспектом для обеспечения безопасности транспортировки нефти и газа. Вечномерзлые грунты характеризуются тем, что они остаются замерзшими на протяжении большей части года, что может создавать дополнительные вызовы для инфраструктуры. Вот несколько типов изоляции нефтепроводов, применяемых в условиях вечномерзлых грунтов.

Теплоизоляция:

Пенополиуретан (ППУ): Этот материал обеспечивает хорошую теплоизоляцию и может быть использован для обмотки труб. Он также обладает низкой теплопроводностью, что помогает сократить теплопотери в грунте.

Минеральная вата: Это еще один материал с хорошими теплоизоляционными свойствами. Он обеспечивает устойчивость к влаге и может быть применен в условиях низких температур.

В условиях вечномерзлых грунтов нагревательные системы для нефтепроводов играют важную роль в предотвращении замерзания или разрушения инфраструктуры из-за низких температур. Вот несколько методов и технологий, используемых для этой цели:

Электрические подогреватели: Электрические системы подогрева могут быть установлены вдоль нефтепроводов. Они предоставляют точное управление температурой и могут быть настроены на поддержание оптимальной температуры в условиях вечной мерзлоты.

Системы подачи горячих жидкостей: Такие системы включают в себя циркуляцию горячих жидкостей через трубопроводы для поддержания тепла в системе. Обычно используются горячая вода или специальные жидкости, не замерзающие при низких температурах.

Тепловая изоляция: В сочетании с нагревательными системами тепловая изоляция может быть установлена вокруг нефтепроводов, чтобы минимизировать потерю тепла и сохранить температуру внутри трубы.

Использование геотермальной энергии: В некоторых случаях можно использовать тепло, выделенное из недр Земли, для поддержания температуры нефтепроводов. Это требует специализированных технологий для захвата тепла из глубинных слоев земли.

Проведя анализ, можно выделить, что в условиях вечномерзлых грунтов обеспечение устойчивой эксплуатации нефтепроводов представляет собой сложную задачу, требующую применения специализированных методов и технологий. Были рассмотрены ключевые подходы и методы, направленные на обеспечение безопасности и эффективности функционирования нефтепроводов в таких условиях.

1. Теплоизоляция и тепловое управление

Одним из основных вызовов при эксплуатации нефтепроводов в вечномерзлых грунтах является предотвращение замерзания нефти в трубопроводах. Применение теплоизоляционных материалов в сочетании с системами теплового управления позволяет поддерживать оптимальную температуру, предотвращая образование обледенения и гарантируя бесперебойную работу транспортной системы.

2. Геотехническое проектирование

Адаптация геотехнического проектирования к особенностям вечномерзлых грунтов включает в себя учет характеристик почвы, изменения объемов при замерзании и оттаивании, а также минимизацию воздействия на окружающую среду. Применение современных геотехнических методов позволяет создавать устойчивые фундаменты и обеспечивать надежную фиксацию трубопроводов в условиях переменной мерзлоты.

3. Мониторинг и диагностика

Системы мониторинга и диагностики играют ключевую роль в обеспечении устойчивой эксплуатации нефтепроводов. Использование сенсоров для отслеживания температуры, давления, вибрации и других параметров позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварийные ситуации.

4. Защитные покрытия и материалы

Применение специальных защитных покрытий и материалов наружной поверхности трубопроводов обеспечивает дополнительную защиту от воздействия агрессивных факторов вечномерзлых грунтов, таких как соли и химические соединения. Это способствует увеличению срока службы и предотвращению коррозии.

5. Экологические аспекты

Соблюдение экологических стандартов и нормативов играет важную роль в устойчивой эксплуатации нефтепроводов. Разработка и внедрение технологий, минимизирующих воздействие на окружающую среду при строительстве и эксплуатации трубопроводов, способствует устойчивому развитию нефтегазовой инфраструктуры.

Обеспечение устойчивой эксплуатации нефтепроводов в условиях вечномерзлых грунтов требует комплексного подхода, включающего в себя инновационные технологии и

строгое соблюдение стандартов безопасности и экологии. Развитие и применение современных методов позволяют минимизировать риски и обеспечивать эффективную и безопасную транспортировку энергоносителей.

\*\*\*

1. ВСН 212-87 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов в условиях вечной мерзлоты. М., 1990. С. 89.
2. Таранов Р.А. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов в зонах вечной мерзлоты // Вестник науки и образования. М., 2019. С. 1-3.
3. Мугалова Л.М. Анализ проблемы прокладки нефтепровода на вечной мерзлоте// Транспорт и доставка нефтепродуктов и углеводородного сырья. У., 2020. С. 20-23.
4. Нуреалиева А.А. Технические особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в условиях Крайнего Севера // Томский Политехнический Институт. Т., 2019.

**Максимов Е.А.**

### **Методы изоляции внутриквартальных газопроводов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-590

#### **Аннотация**

Статья представляет собой исследование различных методов, используемых для изоляции квартальных газопроводов. Газопроводы играют важную роль в транспортировке природного газа и других газообразных веществ от источника добычи к конечным потребителям. Однако, иногда возникает необходимость воздействовать на определенный участок газопровода для проведения ремонтных или обслуживающих работ. В статье рассматриваются различные методы изоляции квартальных газопроводов, такие как использование крышек, перекрытие газопровода шлангом или скальпелем, а также применение специальных уплотнительных материалов. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, которые подробно рассматриваются в статье. Кроме того, в статье проводится анализ различных факторов, влияющих на выбор метода изоляции, такие как особенности газопровода (диаметр, материал и т.д.), а также условия эксплуатации и требования безопасности.

**Ключевые слова:** квартальный газопровод, системы газоснабжения, изоляция, ремонтные и эксплуатационные работы.

#### **Abstract**

The article is a study of various methods used to isolate quarterly gas pipelines. Gas pipelines play an important role in the transportation of natural gas and other gaseous substances from the source of production to end users. However, sometimes it becomes necessary to influence a certain section of the gas pipeline to carry out repair or maintenance work. The article discusses various methods of isolation of quarterly gas pipelines, such as the use of covers, covering the gas pipeline with a hose or scalpel, as well as the use of special sealing materials. Each of these methods has its advantages and disadvantages, which are discussed in detail in the article. In addition, the article analyzes various factors influencing the choice of insulation method, such as the characteristics of the gas pipeline (diameter, material, etc.), as well as operating conditions and safety requirements.

**Keywords:** quarterly gas pipeline, gas supply systems, insulation, repair and maintenance work.

Внутриквартальные газопроводы играют важную роль в обеспечении эффективной и безопасной транспортировки газа в жилых и промышленных зданиях. Однако, существуют ситуации, когда необходимо провести работы по ремонту, модернизации или переносу газопровода. В таких случаях необходимо применять методы изоляции внутриквартальных



газопроводов. В данной статье рассматриваются основные методы их изоляции, а также их преимущества и недостатки.

Методика изоляции внутриквартального газопровода при помощи крышек заключается в установке специальных крышек на газопроводе в местах его пересечения с проезжими частями или пешеходными зонами. Крышки обычно изготавливаются из прочных материалов, таких как металл или бетон, и обеспечивают надежную защиту газопровода от воздействия окружающей среды и возможных повреждений.

Преимущества методики изоляции внутриквартального газопровода при помощи крышек:

Установка крышек обеспечивает безопасность для жителей и прохожих, исключая возможность непреднамеренного попадания в газопровод или его повреждения.

Крышки изготавливаются из прочных материалов, обладающих высокой стойкостью к механическим и атмосферным воздействиям, что обеспечивает долгий срок их эксплуатации.

Крышки могут быть сняты для проведения технического обслуживания или ремонта газопровода, что облегчает доступ к нему и ускоряет проведение необходимых работ.

Недостатки методики изоляции внутриквартального газопровода при помощи крышек:

Изготовление и установка крышек требуют дополнительных затрат, что может сказаться на общей стоимости проекта.

Методика применима только для газопроводов, пересекающих проезжие части или пешеходные зоны, и не может быть использована для газопроводов, расположенных вне этих зон.

Установка крышек может привести к потере эстетического вида окружающей территории, особенно если они не согласуются с общей архитектурой или дизайном местности.

Методика изоляции внутриквартального газопровода при помощи перекрытия газопровода шлангом или скальпелем является одним из способов временной остановки газопровода для выполнения ремонтных или технических работ.

Преимущества использования этой методики включают:

Данная методика не требует сложного оборудования или специальных навыков, что упрощает ее применение.

Перекрытие газопровода шлангом или скальпелем позволяет полностью остановить поток газа, что обеспечивает безопасность выполнения работ и минимизирует возможность аварийных ситуаций.

Данная методика не требует длительных простоев газопровода, что позволяет сократить временные и финансовые затраты на работы по изоляции.

Однако, методика изоляции газопровода перекрытием также имеет свои недостатки:

Данная методика является временной и не может быть использована в случае необходимости длительной остановки газопровода.

Методика изоляции перекрытием может быть применима только для газопроводов с небольшим давлением и небольшим диаметром.

Некорректное применение данной методики, например, слишком сильное натяжение шланга или использование неадекватных материалов, может привести к повреждению газопровода или утечке газа.

Методика перекрытия внутриквартального газопровода с использованием специальных уплотнительных материалов применяется для обеспечения герметичности и безопасности газопроводной системы. Этот процесс включает в себя установку уплотнительных материалов в местах соединения трубопроводов или в местах, где возможны утечки газа.

Одним из распространенных методов перекрытия газопроводов является использование специальных манжетных уплотнительных систем. Эти манжеты обычно изготавливаются из эластомерных материалов, таких как резина или полиуретан, и они позволяют герметично соединить трубы.

Преимущества методики перекрытия внутриквартального газопровода с помощью уплотнительных материалов:

Использование уплотнительных материалов позволяет обеспечить герметичность соединений труб и предотвратить возможные утечки газа. Это особенно важно для газопроводной системы, чтобы избежать опасных ситуаций.

Методика перекрытия с использованием уплотнительных материалов обычно является относительно простой в установке и не требует специального оборудования или сложных процедур.

По сравнению с другими методами перекрытия газопровода с использованием уплотнительных материалов может оказаться более экономически выгодным. Установка уплотнительных материалов требует меньше времени и ресурсов.

Несмотря на преимущества, методика перекрытия внутриквартального газопровода с использованием уплотнительных материалов имеет и некоторые недостатки:

Уплотнительные материалы могут быть подвержены воздействию различных факторов, таких как экстремальная температура или среда. Поэтому необходимо учитывать условия эксплуатации и выбирать подходящие материалы.

С течением времени уплотнительные материалы могут подвергаться износу, что может привести к потенциальным утечкам. Необходимо периодически проверять состояние уплотнительных систем и производить замену по необходимости.

Методика перекрытия с использованием манжетных уплотнительных систем может ограничиваться по диаметру трубопровода. В случае больших диаметров могут потребоваться другие методы перекрытия.

В заключении статьи можно отметить, что методика перекрытия внутриквартальных газопроводов с использованием специальных уплотнительных материалов представляет собой эффективный и надежный способ обеспечения герметичности и безопасности газопроводной системы.

Оценка различных методов перекрытия газопроводов, представленных в статье, позволяет сделать вывод о преимуществах использования уплотнительных материалов. Прежде всего, методика с уплотнительными материалами обеспечивает более надежное и герметичное соединение труб, что позволяет избежать возможных утечек газа. Это особенно важно с учетом рисков, связанных с использованием газа.

\*\*\*

1. В.Г. Никитин О комплексном подходе к планированию и потреблению ТЭР на компримирование газа при его транспортировке по магистральным газопроводам // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2021. – С. 14-22.
2. В.В. Харионовский Работоспособность газопроводов с большими сроками эксплуатации // Газовая промышленность. – 2017. – С.56-62.
3. Е.О. Байкова Реконструкция системы газоснабжения низкого давления // Экономика и социум. – 2023. – С.466-485.
4. ГазПлюс: Устройство и монтаж систем внутреннего газопровода [Электронный ресурс]. URL-ссылка: [https://gazplus.ru/st\\_montaj\\_vnutrennego\\_gazoprovoda.php](https://gazplus.ru/st_montaj_vnutrennego_gazoprovoda.php)

**Максимов Е.А.**

### **Особенности перекачки газонасыщенных нефтей**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-591

#### **Аннотация**

Данная статья рассматривает особенности процесса перекачки газонасыщенных нефтей, предоставляя обзор ключевых аспектов этой технологической задачи в нефтяной промышленности. В статье анализируются особенности физико-химических свойств газонасыщенных нефтей, их влияние на транспортировку и перекачку, а также предлагаются эффективные методы и технологии для оптимизации процесса. В контексте современных

требований к устойчивости и экологичности производства энергоресурсов, статья обсуждает возможные инновационные подходы к управлению газонасыщенными нефтяными потоками с целью повышения эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** перекачка нефти, газонасыщенная нефть, технологический процесс, транспортировка углеводородного сырья.

### Abstract

This article examines the specifics of the process of pumping gas-saturated oils, providing an overview of the key aspects of this technological task in the oil industry. The article analyzes the features of the physico-chemical properties of gas-saturated oils, their effect on transportation and pumping, and also suggests effective methods and technologies for optimizing the process. In the context of modern requirements for the sustainability and environmental friendliness of energy production, the article discusses possible innovative approaches to managing gas-saturated oil flows in order to increase efficiency and reduce the negative impact on the environment.

**Keywords:** oil pumping, gas-saturated oil, technological process, transportation of hydrocarbon raw materials.

Газонасыщенная нефть представляет собой разновидность нефти, содержащей значительное количество растворенных газов, таких как метан, этилен, пропан, бутан и другие легкие углеводороды. Естественное формирование газонасыщенной нефти связано с процессами газо-нефтяного миграционного комплекса, где газ, в основном из подземных запасов природного газа, растворяется в нефти в процессе миграции к формирующимся нефтяным месторождениям.

Образованию газонасыщенной нефти способствуют несколько механизмов. Во-первых, газ может растворяться в нефти во время её миграции в породах под воздействием высокого давления и температуры в глубинах Земли. Во-вторых, в некоторых случаях нефть и газ могут формироваться одновременно в результате процессов генерации углеводородных флюидов в верхних слоях Земли. Наконец, процессы дегазации месторождений нефти могут привести к увеличению содержания газа в нефти со временем, поскольку растворенный газ выделяется из нефти по мере выхода газа из месторождения.

Газосодержание пластовой нефти определяется по следующей формуле

$$G = V_{г}/V_{пл.н}$$

где  $V_{г}$  - объем газа,

$V_{пл.н}$  - объем пластовой нефти.

Содержание газа в пластовой нефти измеряется в единицах объема, выраженных в кубических метрах на кубический метр ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ). Газосодержание может быть равным растворимости или быть менее её значения.

Для определения газосодержания пластовой нефти проводят лабораторные исследования на образцах, отобранных из пласта. Давление постепенно уменьшается от пластового давления, при котором был взят образец, до атмосферного. Значения газосодержания пластовой нефти могут достигать 300—500  $\text{м}^3/\text{м}^3$  и более, при этом типичные значения для большинства сортов нефти варьируют от 30 до 100  $\text{м}^3/\text{м}^3$ . Также известны сорта нефти с газосодержанием, не превышающим 8-10  $\text{м}^3/\text{м}^3$ .

Процесс перекачки газонасыщенных нефтей осуществляется следующим образом. После первичной стадии сепарации нефть вместе с остаточным газом направляется в трубопровод для транспортировки в зоны переработки. Завершающая стадия сепарации и учет нефти и газа выполняются на завершающем участке трубопровода. В процессе транспортировки по трубопроводу газонасыщенная нефть представляет собой смесь нефти и газа с однородными характеристиками. Такой метод перекачки помогает уменьшить потери попутного нефтяного газа, уровень газонасыщенности в нефтяных районах и повысить эффективность использования трубопроводов.

В зонах переработки из попутного нефтяного газа можно получить дополнительное количество различных жидких углеводородов. Суть технологии перекачки газонасыщенных нефтей заключается в поддержании повышенного давления на последней стадии сепарации, что позволяет сохранить в растворенном состоянии большую часть тяжелых и наиболее ценных компонентов нефтяного газа в нефти. Затем это повышенное давление поддерживается в нефтепроводе, чтобы предотвратить выделение растворенного газа из нефти в любой точке трубопровода.

Передача газонасыщенной нефти представляет собой критически важный этап в деятельности нефтегазовой промышленности, требующий особых решений и технологий. Ниже перечислены ключевые и значимые аспекты этого процесса:

**Фазовый состав:** Газонасыщенная нефть содержит газы, такие как метан, этилен, пропан и другие, растворенные в нефти под высоким давлением и/или при низких температурах. Это создает сложности при передаче, поскольку возможно образование разделения фаз.

**Поддержание давления:** Для сохранения газонасыщенной нефти в жидком состоянии в процессе передачи часто требуется поддерживать высокое давление в трубопроводах или насосных станциях.

**Температурный контроль:** Управление температурой играет ключевую роль из-за ее влияния на растворимость газа в нефти. Это может включать использование систем теплообмена и отопительных устройств.

**Расход и давление насосов:** Передача газонасыщенной нефти зачастую требует насосов с высоким расходом и давлением для преодоления сопротивления, обусловленного газами внутри жидкости.

**Предотвращение фазового разделения:** Добавки, содержащие ингибиторы гидратообразования и антиагенты, применяются для предотвращения разделения газа и нефти при транспортировке, обеспечивая стабильность газонасыщенной нефти.

**Мониторинг и безопасность:** Поскольку газонасыщенная нефть может представлять опасность взрыва и быть агрессивной к трубопроводам, необходимо обеспечить постоянный контроль, безопасность и соответствие нормативным требованиям.

Перекачка нефтей, насыщенных газами, представляет собой метод транспортировки нефтепродуктов, содержащих газы, такие как метан, этилен, пропан и другие. Этот метод имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

1. **Эффективность транспортировки:** Газонасыщенные нефти имеют меньшую плотность, поэтому они могут быть легче транспортированы на большие расстояния без необходимости разведения с водой или другими добавками, что снижает затраты на транспортировку.
2. **Снижение эмиссий:** Транспортировка газонасыщенных нефтей может снизить выбросы паров углеводородов в окружающую среду, так как часть газов может остаться в растворе в нефти, вместо того чтобы выделяться в атмосферу.
3. **Экономически выгодно:** Эксплуатация газонасыщенных нефтей может быть экономически более выгодной, так как они могут иметь более низкую стоимость и более высокий энергетический потенциал.

Недостатки:

1. **Коррозия и агрессивность:** Газонасыщенные нефти могут быть более коррозионно активными, что может привести к повышенному износу и коррозии оборудования для транспортировки.
2. **Безопасность:** Газы в газонасыщенных нефтях могут представлять опасность с точки зрения безопасности при обработке и транспортировке, так как они могут быть взрывоопасными.

3. Обработка на месторождении: Для обработки газонасыщенных нефтей на месторождении может потребоваться дополнительное оборудование и процессы, что увеличивает затраты.
4. Регулирование и нормативы: В разных регионах и странах могут существовать различные нормативы и требования к обработке и транспортировке газонасыщенных нефтей, что может потребовать дополнительных усилий и ресурсов для соблюдения нормативов.
5. Управление газовыми выбросами: Необходимо тщательно управлять выбросами газов при обработке и транспортировке газонасыщенных нефтей, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду и здоровье людей.
6. Общая оценка плюсов и минусов перекачки газонасыщенных нефтей зависит от конкретных условий и требований, а также от технологий и мер безопасности, применяемых в процессе.

Таким образом, перекачка газонасыщенных нефтей представляет собой важный этап в деятельности нефтедобывающей индустрии. Этот процесс позволяет извлекать ценные газовые компоненты из сырья, что обладает высокой экономической значимостью. Применение эффективных технологий и методов для перекачки высокогазосодержащей нефти может существенно улучшить процессы добычи и обработки нефтепродуктов. Важно учитывать технические аспекты, аспекты экологии и обеспечение безопасности на всех этапах данного процесса. Развитие новых технологий и совершенствование существующих в этой области остаются ключевыми приоритетами для нефтегазовой промышленности.

\*\*\*

1. А.Н. Гульков Низкотемпературный трубопроводный транспорт попутного газа совместно с нефтью // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013 г. С. 36-46.
2. Большая энциклопедия Нефти и Газа: Перекачка – газонасыщенная нефть [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ngpedia.ru/id248575p1.html>
3. Neftgaz.ru: Газосодержание (газонасыщенность) пластовой нефти [Электронный ресурс]. URL: <https://neftgaz.ru/tech-library/ngk/148222-gazosoderzhanie-gazonasyshchennost-plastovoy>
4. ВСЕГЕИ: Газонасыщенность нефти [Электронный ресурс]. URL: [https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT\\_ID=44932](https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=44932)

**Максимов Е.А.**

**Системы автоматизации для управления магистраль-ными нефтепроводами**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-592*

#### **Аннотация**

Требования к транспорту нефти и нефтепродукта росли всегда и растут до сих пор. Так в XIX веке был сооружен первый нефтепровод, а в начале XX века был сооружен первый магистральный трубопровод. С того времени трубопроводный транспорт нефти вытесняет другие виды транспорта, однако, для того чтобы обеспечить безоговорочный приоритет между железнодорожным и водным транспортом, магистральным трубопроводам с каждым годом требуется все более совершенные технологии, позволяющие эффективно, а главное безопасно эксплуатировать это сложнейшее инженерное сооружение. Так для мониторинга и управления линейной частью магистральных трубопроводов, имеющих большую протяженность в разных условиях, были разработаны и внедрены различные методы дистанционного управления теми или иными частями трубопроводных систем. В данной статье рассмотрены история становления систем автоматического управления и современный взгляд в нашей стране.

**Ключевые слова:** нефтепровод, магистральный трубопровод, дистанционное управление, автоматизированная система управления.

**Abstract**

The requirements for the transportation of oil and oil products have always been growing and are still growing. So, in the 19th century the first oil pipe-line was built, and at the beginning of the 20th century the first main pipeline was built. Since that time, pipeline transport of oil has been replacing other modes of transport, however, to ensure unconditional priority between rail and water transport, trunk pipelines every year require more and more advanced technologies that allow efficient, and most importantly, safe operation of this most complex engineering structure. So, for monitoring and controlling the linear part of the main pipelines, which have a large length in different conditions, various methods of remote control of certain parts of the pipeline systems have been developed and implemented. This article discusses and analyzes the main remote-control methods for monitoring and managing oil trunk pipelines.

**Keywords:** oil pipeline, main pipeline, remote control, automated control system.

С момента сооружения первого магистрального трубопровода для транспортировки продуктов нефтепереработки спрос на магистральные трубопроводные системы только рос. Это подталкивало инженерную индустрию в данной сфере разрабатывать новые технологические решения для повышения эффективности трубопроводного транспорта нефти. В целом история развития трубопроводного транспорта нефти носила спонтанный характер, как в нашей, так и в других ведущих странах. Технологии по оптимизации и повышению эффективности применялись уже после проектирования в процессе строительства и в большинстве своем были вызваны трудными условиями сооружения трубопроводных систем.

В нашей стране в 90-е годы появилась проблема реконструирования и ремонта трубопроводных систем, которым на тот момент было уже около 30-40 лет. Естественно, к такому сроку эксплуатации ремонт требовался большой длине линейной части. Однако эксплуатирующие компании не в силах осуществить ремонт по все длине трубопровода в связи с нехваткой средств и времени. Было понятно, что нужно новое решение для анализа участков, требующих ремонт. Так пришла современная концепция предремонтной диагностики, используемая по сей день, заключающаяся в дистанционной диагностике линейной части магистрального трубопровода для выявления приоритетности ремонта того или иного участка [1, с 78]. Данные системы позволят вовремя выявлять необходимость капитального ремонта, осуществлять организацию производственных работ, проводить контроль над ремонтными работами.

Термин «телемеханика» был введен в 1905 году французским ученым Э. Бранли для области, занимающейся управлением на расстоянии различными механизмами и машинами [2]. Телемеханика позволяет связать несколько от-стороненных производственных комплексов и организовать их совместную ра-боту с помощью каналов связи. Совместная работа телемеханических средств со средствами автоматики позволяют осуществлять управление производственными процессами без участия оперативного персонала, что значительно повышает надежность, путем уменьшения времени реагирования на аварийную или нештатную ситуацию.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) является системой позволяющей автоматизировать работу оборудования в различных производственных процессах предприятия, занимающегося хранением и транспортированием нефти и нефтепродуктов [3].

В нашей стране развитие технологии дистанционного управления имело следующие знаковые контрольные пункты [4]:

- Релейная автоматика керосинопровода Астрахань – Саратов (1943 г.);
- Автоматизация и телемеханизация локальных участков линейной ча-сти НПС, пневмогидравлическая система регулирования давления «Аркрон-1000» нефтепровода «Альметьевск – Горький-1», система телемеханики на международном трубопроводе «Дружба-1», система дистанционного контроля

- и управления резервуарным парком «Телемаут» Ромашкинское УМН нефтепровода «Дружба-1»(1960-1970 гг.);
- Стандартизация технических решений, серийная система автоматики насосной станции ПУСК-71 на электронных элементах нефтепровода «Дружба-1», серийная система телемеханики ТМ-120-1 на базе ЭВМ(1971-1980 гг.);
- Переход на микропроцессорную технику программируемые логические контроллеры, человеко-машинный интерфейс на базе персональных компьютеров, создание систем на базе ПЛК и программно-технических комплексов, прокладка ВОЛС вдоль магистральных трубопроводов (1991-2000 гг.);
- Пересмотр технических стандартов с целью перехода на работу технологического оборудования без постоянно обслуживающего персонала(2001-2010 гг.);
- Нефтепровод «ВСТО-1» - переход к малолюдным технологиям, со-здание Единой системы управления магистральным трубопроводом (2010 г.).

На данный момент в нашей стране самой технологичной по функциональным возможностям автоматизированной системой для управления МТ является Единая система управления магистральным трубопроводом, которая была введена на трубопроводной системе «Восточная Сибирь – Тихий океан-1» в 2008 году. Создание этой системы позволило диспетчерскому составу проводить мониторинг всех агрегатов и технологических частей МТ, производить дистанционную диагностику различных узлов, управлять технологическими процессами и следить за правильностью всех процессов, протекающих в системе[5].

В рамках проекта автоматизации решались следующие задачи:

- Создание системы телемеханизации для управления линейной частью МТ;
- Создания системы диспетчерского контроля МТ;
- Создание системы автоматизации и системы устранения аварийных ситуаций.

Данная система способна отслеживать потенциальные аварийные случаи и аварийные случаи. Один из основных принципов системы – все средства автоматики и телемеханические коммуникации должны обеспечивать малолюдный процесс функционирования. Также система занимается автоматизацией обработки информацией, поступающей с различных датчиков, и анализом этой информации, своевременное выявление и оповещение диспетчерского состава об изменениях в процессе эксплуатации магистрального нефтепровода, обеспечение возможности резервирования основополагающего оборудования на случай аварийной ситуации или ремонтных работ и резервирование программ, ответственных за обработку информации. Также осуществляется сбор всех параметров, влияющих на работу МТ, начиная от давления и заканчивая механическими напряжениями на трубопроводе. Программа сама составляет и ведет журнал сообщений о событиях, произошедших с системой, с указанием времени и идентификацией ответственного диспетчера, что в свою очередь помогает формировать отчетность.

Таким образом ЕСУ МТ является для нашей страны прорывом в области автоматизации управления магистральными трубопроводами. Такая организация работы МТ делает ее максимально безопасной, как для рабочего персонала, так и для окружающего мира. Также такая система позволяет не только оперативно справляться с нештатными ситуациями, но и осуществлять мобильную работу всей системы, т.к. при возможности дистанционного управления узлами и целыми технологическими комплексами системы можно незамедлительно реагировать на сигналы об изменении требований, поступающих от непосредственных потребителей перекачиваемого углеводородного сырья. Подобные системы в нашей стране на сегодняшний день вводятся повсеместно, однако остаются объекты, где все процессы выполняются при помощи рабочих, что значительно влияет на эффективность такого предприятия, по сравнению с производствами, оборудованными системами автоматизации и телемеханизации.

\*\*\*

1. В.А. Иванов, М.А. Зыков Система обслуживания и ремонта магистральных трубопроводов на современном этапе развития// Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта, 2015. №5. С. 77-79.
2. Телемеханические системы, области применения телемеханики [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://electricalschool.info/automation/2413-telemechanicheskie-sistemy-oblasti-primeneniya.html>

3. OGS: АСУТП [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://www.og.systems/inzhiniring/asutp/>
4. Neftegaz.ru: Автоматизация транспортировки нефти и газа: практика импортозамещения [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://neftegaz.ru/science/transportation/331694-avtomatizatsiya-transportirovki-nefti-i-gaza-praktika-importozameshcheniya/>
5. ЭлеСи: Единая система управления нефтепроводом «Восточная Сибирь – Тихий океан» [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://elesy.ru/company/projects/vsto.aspx>

**Максимов Е.А.**

**Управление рисками и безопасность при эксплуатации магистральных трубопроводов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-593

#### **Аннотация**

Научная статья посвящена исследованию проблем управления рисками и обеспечения безопасности в процессе эксплуатации магистральных трубопроводов. В связи с растущими объемами транспортировки нефти, газа и других опасных веществ через трубопроводы, возрастает и риск возникновения аварийных ситуаций и экологических катастроф. В статье рассматриваются основные аспекты управления рисками, включая идентификацию потенциальных опасностей, оценку вероятности и воздействия возможных инцидентов, а также разработку и реализацию мер по снижению рисков и обеспечению безопасности.

**Ключевые слова:** магистральные трубопроводы, трубопроводный транспорт, управление рисками, безопасность.

#### **Abstract**

The scientific article is devoted to the study of the problems of risk management and safety during the operation of trunk pipelines. Due to the growing volumes of transportation of oil, gas and other hazardous substances through pipelines, the risk of emergencies and environmental disasters is also increasing. The article discusses the main aspects of risk management, including identification of potential hazards, assessment of the probability and impact of possible incidents, as well as the development and implementation of measures to reduce risks and ensure safety.

**Keywords:** main pipelines, pipeline transport, risk management, security.

Магистральные трубопроводы являются одной из основных систем транспортировки жидкостей и газов на большие расстояния. Они представляют собой комплекс инженерных сооружений, состоящих из труб, насосов, компрессоров и других элементов, которые обеспечивают перекачку сырья или продуктов. Трубопроводный транспорт является наиболее эффективным и экономичным способом перевозки нефти, газа, воды и других жидкостей. Трубопроводы обеспечивают стабильность и надежность поставки сырья или продуктов, а также минимизируют риски, связанные с перевозкой через другие виды транспорта.

Управление рисками в сфере магистральных трубопроводов включает в себя разработку и применение строгих стандартов и нормативных документов, которые регулируют безопасность и надежность эксплуатации трубопроводов. Это включает в себя анализ и оценку возможных опасностей, разработку аварийных планов, контроль процессов и операций, а также обучение персонала.

Цель всех этих мер - обеспечить безопасность перевозки сырья или продуктов через трубопроводы, а также защитить окружающую среду от возможных аварийных ситуаций. В случае аварий магистральные трубопроводы оборудованы системами автоматического контроля и управления, которые максимально быстро реагируют на возникающие проблемы и предотвращают их негативные последствия.

Одним из наиболее важных аспектов управления рисками и безопасностью при эксплуатации столь опасного технического сооружения как магистральные трубопроводы является идентификация потенциально опасностей. Идентификация источников потенциальной



опасности является наиболее трудоемким и продолжительным процессом, однако в то же время это один из самых важных и ответственных этапов выстраивания системы управления рисками. Уменьшение того или иного показателя риска, например концентрации паров нефти на площадке емкостей аварийного сброса, может привести к неправильной оценке потенциальной опасности, что может привести к непоправимым последствиям в случае аварии. В то же время увеличение этого самого порога того или иного показателя приводит к повышению эксплуатационных и капитальных затрат производства [1, с.122].

При управлении рисками в эксплуатации магистральных трубопроводов возможны следующие потенциальные опасности:

1. Протечка: Магистральные трубопроводы могут подвергаться протечкам, что может привести к утечке опасных веществ. Это может повлечь за собой угрозу для здоровья и безопасности людей, а также нанести ущерб окружающей среде.
2. Взрыв: В случае неправильной эксплуатации или аварийной ситуации может произойти взрыв трубопровода. Это может иметь катастрофические последствия для окружающих людей и инфраструктуры.
3. Пожар: При наличии воспламеняемых веществ в трубопроводе возможно возникновение пожара при искрении или высокой температуре. Это также может привести к разрушению инфраструктуры и опасности для жизни людей.
4. Акты терроризма: Магистральные трубопроводы могут быть предметом террористических актов, направленных на нанесение ущерба инфраструктуре или создание опасности для окружающих.
5. Нарушение целостности трубопровода: Износ, коррозия или механическое повреждение магистральных трубопроводов могут привести к их разрушению или порче инфраструктуры. Это может вызвать утечку опасных веществ и угрожать здоровью и безопасности людей.
6. Несанкционированный доступ: Несанкционированный доступ к магистральным трубопроводам может повлечь за собой риск для безопасности и намеренное или нечаянное повреждение или нарушение работы трубопроводов.

Это далеко не все риски, связанные с эксплуатацией магистральных трубопроводов. Каждый объект МТ требует отдельного тщательного изучения и исследования для предоставления полной картины о потенциальных рисках предприятия.

Идентификация опасностей также может быть проведена путем инспекции и мониторинга магистральных трубопроводов с использованием специализированного оборудования и технологий, а также анализа исторических данных об авариях и инцидентах.

Важно обратить внимание на международные и национальные нормы и правила, которые регулируют эксплуатацию магистральных трубопроводов, такие как стандарты ISO, технические регламенты и нормативные документы, чтобы обеспечить безопасность и минимизировать риски при их эксплуатации.

Еще один немаловажным аспектом менеджмента риском является оценка вероятности возникновения того или иного опасного фактора. Риск определяют исходя из основных количественных характеристик риска:

- Технологический риск (вероятность выхода из строя устройств с последствиями определенного уровня за определенный временной промежуток функционирования производства);
- Потенциальный риск (частота возникновения опасных факторов на рассматриваемой территории);
- Индивидуальный риск (частота поражения отдельно взятого организма, человека в результате воздействия опасного производственного фактора)[2, с.27];

Оценка вероятности риска при эксплуатации магистрального трубопровода является важным аспектом обеспечения безопасности транспортировки жидкостей или газов. Для проведения такой оценки необходимо учитывать различные факторы, которые могут повлиять на вероятность возникновения риска.

Первым фактором, который следует учесть, является возможность появления потенциальных угроз или опасностей. Это может включать в себя такие факторы, как возможность утечки транспортируемых веществ из-за повреждения трубы, коррозии или внешних воздействий (например, столкновений с транспортными средствами, землетрясений и т. д.).

Вторым фактором является вероятность обнаружения и контроля возможного риска. Если магистральный трубопровод проходит через населенные пункты или территории, где присутствуют постоянный мониторинг и регулярные проверки, то возможность обнаружения и контроля риска будет выше. Системы мониторинга и контроля могут использоваться для обнаружения потенциальных утечек, изменения давления или других сигналов, указывающих на проблемы в работе трубопровода.

Третьим фактором, который следует учесть, является вероятность воздействия или последствия, которые могут возникнуть в случае возникновения риска. Это может включать в себя угрозу для окружающей среды, населения или инфраструктуры. Например, утечка опасного газа может представлять риск взрыва или отравления для ближайших жителей или рабочих.

На основе этих факторов оценка вероятности риска может быть проведена, используя различные методы и модели. Обычно вероятность риска оценивается в численном выражении, например, как вероятность возникновения неблагоприятного события в течение определенного времени (например, вероятность утечки в течение года).

Аварии, возникающие на объектах нефтегазовой отрасли чаще всего, являются групповыми несчастными случаями. Тогда есть смысл применять для оценки вероятности рисков таких происшествий модель под названием «Вероятность. Вред. Риск». Данная модель подразумевает оценку вероятности риска с летальным исходом для групп работников. Модель показывает, что между вероятностью потери трудоспособности и степень тяжести вреда здоровья связаны логарифмической зависимостью. Однако для данного метода требуются достаточно большие статистические данные за длительный промежуток времени, т. к. несчастные случаи с массовой смертностью работников редки[3, с.56].

Самым важным аспектом менеджмента рисков является разработка и реализация мер по предотвращению рисков и обеспечению безопасности.

Разработка и реализация мер по снижению опасных рисков при эксплуатации магистральных трубопроводов включает в себя несколько ключевых этапов:

1. Анализ и оценка рисков: Сначала проводится анализ и оценка рисков, связанных с эксплуатацией магистральных трубопроводов. Это включает в себя изучение структуры трубопровода, определение потенциальных опасностей, идентификацию возможных аварийных ситуаций и оценку их последствий.
2. Разработка мер по управлению рисками: На основе результатов анализа рисков разрабатываются меры по управлению этими рисками. Эти меры могут включать в себя технические, организационные и административные меры. Например, технические меры могут включать в себя использование современных технологий и материалов, регулярную проверку состояния трубопровода и наличие системы аварийной остановки. Организационные меры могут включать обучение персонала, установление процедур безопасности и контроля за работой трубопровода. Административные меры могут включать разработку стандартов безопасности и регламентов, надзор со стороны государственных органов и взаимодействие с заинтересованными сторонами.

3. Реализация мер: После разработки мер по снижению опасных рисков следует их реализация. Это может включать в себя модернизацию трубопроводной системы, обновление оборудования, проведение необходимых испытаний и контрольных мероприятий, а также обучение персонала.
4. Постоянное обновление мер: С целью обеспечения непрерывного снижения опасных рисков, необходимо постоянно обновлять и совершенствовать меры по их снижению. Это может требовать проведения регулярных инспекций и аудитов трубопроводной системы, анализа новых технологических возможностей и изменений в законодательстве.

В целом, разработка и реализация мер по снижению опасных рисков при эксплуатации магистральных трубопроводов требует комплексного подхода, включающего технические, организационные и административные меры, а также постоянное обновление и совершенствование этих мер.

Одним из способов разработки методов предотвращения рисков являются аналитические процедуры. Так внутри метода составляется карта рисков, с указанием вероятности риска и тяжести его последствий. Масштаб и расходы на предотвращение рисков полностью зависят от качества составления карты рисков.

Наиболее распространенными мерами борьбы с рисками является:

- покрытие убытка из бюджета компании;
- формирование различных резервов финансирования;
- покрытие прогнозируемых рисков за счет страхования;
- передача ответственности [4, с.49].

Таким образом, управление рисков тяжелая и трудоемкая задача, особенно для такого опасного и сложного технологического сооружения как магистральный трубопровод. Существует определенная база документов и регламентирующих актов, на основе которых разработаны методы оценки вероятности, рисков и способы обеспечения безопасности производства. Однако данные методы не всегда учитывают специфику предприятия и разнообразность опасных факторов производства, что может привести к непоправимым последствиям. Многие методы подходят для области управления рисками, связанными с магистральными трубопроводами, но до сих пор остаются нормативные и технические пробелы, которые не дают должной безопасности объектов транспорта нефти и газа.

\*\*\*

1. Методы обеспечения безопасности газотранспортных систем / Д.Н. Щепинов, А.Е. Пятаев, В.М. Кушнаренко, Ю.А. Чирков // Интеллект. Инновации. Инвестиции – 2022. – №4. – С. 120 – 126.
2. Крайнов А.С. Определение риска аварийных ситуаций на нефтедобывающем производстве / А.С. Крайнов, Д. Нзерибе Ф. С., Кострюков А.С. // E-Scio. – 2021. – №3. – С.26 – 31.
3. Ворошилов Я.С. Применение модели «Вероятность. Вред. Риск» для оценки рисков групповых несчастных случаев / Ворошилов Я.С., Ворошилов А.С., Ли Хи Ун, Фомин А.И., Гришин В.Ю. // Вестник научного центра безопасности работ в угольной промышленности. – 2023. – №1. – С.54 – 59.
4. Карашова А.В. Обоснование выбора способа снижения рисков инновационных проектов на основе результатов аналитических процедур / Карашова А.В. // Теоретическая экономика. – 2021. – №2. – С.46 – 55.

**Максимов Е.А.**

**Эффективность использования ресурсов морских бассейнов для добычи нефти и газа**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-594

#### **Аннотация**

Научная статья исследует вопросы оптимизации и повышения эффективности процессов добычи нефти и газа в морских бассейнах. Работа фокусируется на комплексном анализе технологических, экологических и экономических аспектов морской добычи

энергоносителей, включая современные методы разведки, бурения, транспортировки и обработки углеводородов.

Исследование охватывает важные вопросы, такие как влияние технологических инноваций на улучшение безопасности и эффективности добычи в условиях морских глубин, а также анализ возможных экологических последствий и методов их минимизации. В рамках экономического аспекта рассматриваются вопросы оптимизации инвестиций, повышения доходности и сокращения затрат при освоении морских нефтегазовых ресурсов.

**Ключевые слова:** морская добыча нефти, эффективность, экологические аспекты.

### Abstract

The scientific article explores the issues of optimizing and increasing the efficiency of oil and gas production processes in marine basins. The work focuses on a comprehensive analysis of technological, environmental and economic aspects of offshore energy production, including modern methods of exploration, drilling, transportation and processing of hydrocarbons.

The study covers important issues such as the impact of technological innovations on improving the safety and efficiency of mining in the conditions of the deep sea, as well as an analysis of possible environmental consequences and methods of minimizing them. Within the framework of the economic aspect, the issues of optimizing investments, increasing profitability and reducing costs in the development of offshore oil and gas resources are considered.

**Keywords:** offshore oil production, efficiency, environmental aspects.

Морские бассейны представляют собой стратегически важные области для добычи нефти и газа, играя ключевую роль в обеспечении мирового энергетического рынка. Растущий мировой спрос на энергоресурсы, сопряженный с ограничениями на суше, обуславливает необходимость углубленного изучения эффективности использования морских ресурсов в контексте их добычи. Настоящая статья предназначена для анализа и выявления оптимальных стратегий, технологических инноваций и управленческих решений, направленных на максимизацию выхода энергоносителей из морских бассейнов.

Морские ресурсы играют важную роль в нефтедобыче. Ниже перечислены некоторые методы использования морских ресурсов при нефтедобыче:

Подводные скважины.

Добыча нефти и газа при помощи подводных скважин - это процесс извлечения углеводородов из морского дна. Технология включает в себя разработку и создание подводных скважин, которые размещаются на морском дне на большой глубине.

Сначала проводится геологическое исследование, чтобы определить месторождение нефти или газа. Затем специалисты проектируют и строят подводную скважину, учитывая глубину и особенности месторождения.

Добыча углеводородов из подводных скважин обычно осуществляется с помощью специализированных буровых установок, подводных насосов и другого оборудования. Углеводороды извлекаются через скважину на поверхность моря, где происходит их дальнейшая обработка и транспортировка.

Подводные скважины часто используются для добычи нефти и газа в труднодоступных местах, таких как глубокие воды или удаленные районы, где традиционные методы добычи нефти неэффективны или невозможны. Технология добычи углеводородов с помощью подводных скважин является сложной и требует высоких технических навыков и специализированного оборудования для обеспечения безопасной и эффективной добычи.

Платформы.

Когда месторождение находится в море, специалисты строят на его месте специальную опорную конструкцию, которая позволяет проводить работы и скважины на большой глубине.

Этот процесс начинается с установки платформы на дне океана. Затем специалисты начинают прокладывать трубопроводы от платформы до недра скважин, где находятся

месторождения нефти и газа. Если в местности есть несколько месторождений, то прокладывают несколько труб.

Чтобы добыть нефть или газ, на дно моря опускают буровую установку, которая прокладывает отверстие в земле на глубину от 1 до 7 км. Когда отверстие свершено, специалисты устанавливают на нем насосы, которые выкачивают нефть на поверхность.

Добыча нефти и газа с помощью морских платформ – это сложный и длительный процесс, требующий от специалистов высокой квалификации, но он позволяет добывать природные ресурсы в труднодоступных местах и обеспечивать энергетическую независимость стран.

**Подводные трубопроводы.**

Добыча нефти при помощи подводных морских трубопроводов - это процесс транспортировки нефти из месторождений, расположенных на дне морского бассейна, на берег или на суда для дальнейшей перевозки. Этот процесс считается более эффективным, чем перевозка нефти по суше, так как позволяет сократить расходы на перевозку и уменьшить риски для окружающей среды.

Подводные морские трубопроводы, используемые для добычи нефти, имеют большой диаметр и могут протягиваться на десятки и даже сотни кило-метров. Обычно они состоят из стальных труб, которые соединяются специальными фитингами, обеспечивающими надежность и прочность конструкции.

Основным преимуществом подводных морских трубопроводов является возможность транспортировки нефти на большие расстояния без риска ее утечки или потери качества. Также трубопроводы обеспечивают быструю и надежную доставку нефти к конечному потребителю, что позволяет сократить время и стоимость транспортировки.

Однако добыча нефти при помощи подводных морских трубопроводов имеет и свои недостатки. Во-первых, строительство и эксплуатация трубопроводов требуют значительных затрат на ресурсы и технологическое оборудование. Во-вторых, при аварийных ситуациях (например, разрыве трубы) может произойти загрязнение морской воды и прибрежной зоны нефтью, что негативно сказывается на экологии и местной экономике.

**Подводные склады.**

Добыча нефти и газа с морских месторождений с использованием подводных складов представляет собой процесс извлечения нефти и газа из подводных скважин, после чего они транспортируются на специальные подводные склады для временного хранения.

Для добычи нефти и газа с морских месторождений сначала производится бурение подводных скважин с помощью специализированных буровых установок. После того как скважины пробурены, начинается извлечение нефти и газа из подводных отложений с помощью специализированной оборудования.

Извлеченная нефть и газ затем транспортируются по подводным трубопроводам к специальным подводным складам. Подводные склады представляют собой большие подводные резервуары или контейнеры, способные вмещать большие объемы нефти и газа.

После того как нефть и газ доставлены на подводный склад, они могут быть временно хранены там до момента транспортировки на сушу или до их переработки. Подводные склады обеспечивают надежное и безопасное хранение извлеченных нефти и газа до момента их последующей обработки и транспортировки.

Таким образом, добыча нефти и газа с морских месторождений при помощи подводных складов представляет собой эффективный способ извлечения, хранения и транспортировки этих ценных ресурсов.

**Буровые установки:** Это специальные установки и суда, используемые для бурения скважин на морском дне.

Все вышеуказанные методы позволяют добывать и транспортировать нефть и газ из моря в безопасной и эффективной манере, что обеспечивает надежное энергетическое снабжение государств всего мира.

Добыча нефти и газа на морских месторождениях происходит при помощи специальных буровых установок. Их устанавливают на платформах, которые монтируются на морском дне. Платформы могут быть разного типа: железобетонные, стальные или плавучие. Буровые установки на платформах позволяют производить бурение глубоко под дно моря.

Процесс начинается с установления платформы на месторождении. Затем начинается бурение, которое происходит при помощи буровых труб и долота, поднимающегося на кабеле с помощью насосного оборудования. В результате бурения может быть обнаружена нефть или газ. При этом на платформу устанавливается эксплуатационное оборудование, которое позволяет начать добычу нефти и газа.

Добыча нефти и газа на морских месторождениях является сложным и опасным процессом. Также он может привести к вредным последствиям для окружающей среды. Поэтому, процесс добычи должен осуществляться по строгим правилам и требованиям безопасности.

В результате проведенного исследования можно заключить, что эффективное использование морских ресурсов при добыче нефти и газа представляет собой ключевой аспект устойчивого развития нефтегазового сектора. Стремительное увеличение мирового спроса на энергоресурсы, в сочетании с технологическими инновациями, обуславливает необходимость поиска оптимальных решений для увеличения эффективности процессов морской добычи.

Анализ технологических достижений и инженерных решений указывает на потенциал значительного повышения производительности и снижения экологического воздействия. Однако, с учетом сложности экосистем морских бассейнов, важно балансировать стремление к увеличению добычи с необходимостью сохранения морской среды.

\*\*\*

1. Гацук В.С. Особенности управления нефтедобывающими проектами в Арктическом регионе РФ // Экономика и социум. С., 2021. С. 415-422.
2. Экзарьян В. Н. Проблемы и вопросы охраны природной среды при освоении углеводородных ресурсов в Мировом океане // Науки о Земле и недропользование. М., 2021. С. 485-496.
3. Neftegaz.ru: Нефть и газ – морское продолжение земной истории. [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/aktualno/658911-neft-i-gaz-morskoe-prodolzhenie-zemnoy-istorii/>
4. Корабел.ру: Месторождения морские [Электронный ресурс]. URL-ссылка: <https://www.korabel.ru/dictionary/detail/873.html>

**Максимов Е.А., Добрянский Р.Ф.**

**Оценка перспективности использования биотехнологий в очистке нефтепроводов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-595

#### **Аннотация**

Данная статья посвящена рассмотрению перспективы применения биотехнологий для очистки внутренней полости нефтепроводного транспорта. В статье представлен обзор современных методов очистки, применяемых разными компаниями по всему миру, эксплуатирующими трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов, и их недостатки. Особое внимание уделено применению биотехнологий для решения задач по качественному и безопасному комплексу очистных мероприятий. Детально описан процесс биodeградации нефти и нефтепродуктов. Проведен анализ перспективности и подведены выводы о применимости биотехнологических методов в сфере очистки нефтепроводного транспорта.

**Ключевые слова:** нефтепровод, трубопроводный транспорт, биотехнологии, очистка нефтепроводов.

**Abstract**

This article is devoted to the consideration of the prospects for the use of biotechnologies for cleaning the inner cavity of oil pipeline transport. The article presents an overview of modern cleaning methods used by various companies around the world operating pipeline transportation of oil and petroleum products, and their disadvantages. Special attention is paid to the use of biotechnologies to solve the problems of a high-quality and safe complex of cleaning measures. The process of biodegradation of oil and petroleum products is described in detail. The prospects are analyzed, and conclusions are drawn about the applicability of biotechnological methods in the field of oil pipeline transport purification.

**Keywords:** oil pipeline, pipeline transport, biotechnologies, purification of oil pipelines.

В процессе эксплуатации нефтепроводный транспорт сталкивается с множеством сложностей, отягчающих нормальное функционирование системы. Одной из таких проблем является образование на внутренней части трубопровода отложений, имеющих асфальто-смоло-парафинистую природу. Наличие данных отложений значительно уменьшает производительную способность магистральных, а тем более промысловых и технологических трубопроводов, усложняют процесс учета перекачиваемого продукта, что в свою очередь негативно влияет на технико-экономические показатели всего предприятия[1, с.168].

По обобщенным данным содержание асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) разнится от сотых долей процента до 30 % и выше. Особенно проблема образования АСПО актуальна для трубопроводов, по которым транспортируется высокопарафинистая нефть, которая представляет собой реологически сложную жидкость, склонную к структурообразованию при понижении температуры до определенного уровня причем эта температура может быть как отрицательной, так и положительной, в зависимости от свойств перекачиваемого продукта[2, с.162].

АСПО – это тяжелые компоненты, содержащиеся в нефти, представляющие собой густую вязкую массу, состоящую из парафинов, смол, металлических элементов и воды. Наличие в нефти частиц песка или глины упрочняют АСПО, т. к. эти частицы становятся центрами кристаллизации отложений. Вода способствует понижению растворимости и повышению температуры фазового перехода в твердое состояние[3, с.26].

В условиях современного технологического развития большинство компаний предпочитают использование механических средств очистки нефтепроводов. Данный способ обеспечивает удовлетворительный уровень очистки трубопровода, является наиболее простым способом с точки зрения технологии процесса, экономически эффективным и соответствует всем экологическим нормативно установленным требованиям. Чаще всего в целях очистки внутритрубного пространства нефтепровода используются очистные скребки.

Однако использование средств диагностики и очистки (СОД) является осуществимым только при оборудовании линейной части камерами пуска и приема СОД, что делает невозможным его использование в условиях технологических нефтепроводов и некрупных магистральных линий.

При развитии трубопроводного транспорта нефти в целом, развивается и подход к очистным мероприятиям и предотвращению образования АСПО. Одним из инновационных и прогрессивных методов является метод микробиологический метод деструктуризации парафиновых отложений.

Биотехнологии сегодня представляют собой одну из самых перспективных областей науки и технологий. С их помощью человечество уже достигло значительных успехов в различных отраслях, включая медицину, пищевую промышленность и сельское хозяйство. Одной из областей, где применение биотехнологий может иметь важное значение, является очистка нефтепроводов. В настоящее время экологические проблемы, связанные с нефтепродуктами, становятся все более актуальными, и разработка эффективных и экологически безопасных методов очистки становится одной из главных задач.

Перспективность использования биотехнологий в очистке нефтепроводов заключается в их способности устранять загрязнения с помощью микроорганизмов. Биосорбция, биоразложение и биоремедиация - эти методы основаны на способности определенных видов бактерий и грибов разлагать нефтепродукты.

Оценка перспективности использования биотехнологий при очистке нефтепроводов имеет огромное значение для разработки эффективных и экологически безопасных методов борьбы с экологическими последствиями нефтяных загрязнений. Успешное применение биотехнологий в этой области может значительно сократить экологический ущерб и способствовать сохранению природных ресурсов нашей планеты.

Известно, что в нефтяных средах содержатся и могут обитать различные микроорганизмы. Для различных составов углеводородного сырья существуют различные микробиологические виды, способные к жизни в данных средах, так, например, известны: тионовые, бродильные, метанобразующие и т. д.

Так же известно, что анаэробному окислению подвергаются совершенно различные виды углеводородов – предельные, непредельные, нафтеновые, парафиновые ароматические и т. д. Несложные молекулы, содержащие в своем составе гетероатомы распадаются на простейшие элементы в результате воздействия микроорганизмов.

Для наибольшей эффективности применяются бактерии, для которых углеводородсодержащие вещества являются естественной питательной средой. Так, например, для жизнедеятельности таких бактерий, как сульфат-бактерии, железо-бактерии, бродильные и т. д. требуется среда обитания насыщенная углеводородами – сырая нефть, пластовые воды.

Для интенсивной деградации АСПО обязательным условием является нахождение в одинаковой фазе фермента и асфальтены.

Разложение АСПО происходит по большей мере аэробными и микроаэробными бактериями (порядка 90%), оставшееся разлагается под действием только анаэробных микроорганизмов[4, с.141].

Так же для достижения высокой эффективности деградации нефти следует применять питательные субстраты, стоимость на многие из которых невелика.

Проведя анализ данного метода, можно сказать о том, что методика применения биодеструктиризаторов еще недостаточно исследована. Требуются дополнительные исследования для конкретных видов углеводородного сырья ввиду особенностей применения различных штаммов бактерий и в зависимости от их адаптивной способности и способности к деструктуризации. Так же следует обратить внимание на то, что для разложения различных типов углеводородов – алканов, алкенов, асфальтенов, нафтенов и т. д. требуется различные виды микроорганизмов, т. е. требуется применение смеси или комплекса бактерицидных штаммов, что повышает как эксплуатационные затраты, так и осложняет исследования воздействия различных бактерий на тот или иной вид углеводородов. Однако различные исследования показывают высокую эффективность разложения АСПО микробиологическим методом, что несомненно делает эту методику перспективной и многообещающей.

\*\*\*

1. Очистка нефти от асфальтено-смола и парафинов/ Б.Р. Сафиулин, В.О. Козелкова, Р.С. Кашаев, О.В. Козелков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, №5. – С. 166 – 178.
2. Морозова А.В. Влияние добавки высокомолекулярной нефти на свойства высокопарафинистой нефти / А.В. Морозова, Г.И. Волкова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – №1. – С.162 – 167.
3. Хасанов И.И. Влияние состава асфальтосмолопарафиновых отложений на процесс парафинизации магистральных нефтепроводов / И. И. Хасанов, Д. А. Каширина // Перевозка и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2022. – №3. – С.26 – 31.
4. Иванова И. А. Обзор микробиологических способов борьбы с отложениями высокомолекулярных компонентов нефти / Иванова И.А., Ибрагимов Р.К., Ибрагимова Д.А., Петров С.М. // Вестник Казанского технологического университета. – 2020. – Т.2, №20. – С.137 – 140.



Моисеев С.А.

**Безаварийная эксплуатация подводных переходов магистрального нефтепровода**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-596

**Аннотация**

В статье рассматриваются современные технологии и инженерные решения, направленные на минимизацию рисков и обеспечение устойчивости инфраструктуры при прокладке нефтепроводов под водными преградами. В статье подробно анализируются факторы, влияющие на безопасность подводных переходов, такие как геологические особенности дна водоемов, динамика водных потоков и воздействие природных явлений. Также представлены современные методы мониторинга и контроля, а также технические решения, направленные на обеспечение надежности и эффективности подводных сегментов нефтепроводов.

**Ключевые слова:** магистральные нефтепроводы, подводные переходы, эксплуатация трубопроводов.

**Abstract**

The article discusses modern technologies and engineering solutions aimed at minimizing risks and ensuring infrastructure stability when laying oil pipelines under water barriers. The article analyzes in detail the factors influencing the safety of underwater crossings, such as the geological features of the bottom of reservoirs, the dynamics of water flows and the impact of natural phenomena. Also presented are modern monitoring and control methods, as well as technical solutions aimed at ensuring the reliability and efficiency of underwater segments of oil pipelines.

**Keywords:** main oil pipelines, underwater crossings, pipeline operation.

В условиях постоянного роста потребления энергии и активного развития нефтегазовой промышленности становится неотъемлемой задачей обеспечение безаварийной и устойчивой эксплуатации нефтепроводов. Особое внимание уделяется подводным переходам, являющимся ключевыми сегментами инфраструктуры транспортировки нефти. В данной статье рассмотрим современные технологии и методы, направленные на обеспечение надежности и безопасности подводных переходов магистральных нефтепроводов.

*Анализ рисков и факторов воздействия.*

Безопасная и эффективная эксплуатация подводных переходов магистральных нефтепроводов начинается с комплексного анализа разнообразных рисков и факторов воздействия, которые могут повлиять на стабильность и надежность данного сегмента инфраструктуры. Данный этап имеет решающее значение, поскольку нефтепроводы, прокладываемые под водными объектами, сталкиваются с уникальными геологическими и гидродинамическими условиями.

*Геологические особенности:*

Глубокий анализ геологических особенностей дна водоемов, через которые проходят нефтепроводы, необходим для оценки структуры грунта, возможности образования подтопленных областей и наличия осадочных пород. Такой анализ позволяет предотвращать опасные ситуации, связанные с неоднородностью грунта и его изменениями во времени.

*Гидродинамические условия:*

Динамика водных потоков, течения и изменения уровня воды могут оказывать существенное воздействие на подводные переходы. Анализ этих параметров позволяет определить воздействие гидродинамических сил на конструкции нефтепровода и предпринимать меры по минимизации потенциальных рисков.

*Природные катастрофы:*

Учёт возможных природных явлений, таких как землетрясения, цунами, ураганы и другие стихийные бедствия, становится неотъемлемой частью анализа рисков. Планирование и строительство подводных переходов должны учитывать потенциальные воздействия природных катастроф и обеспечивать высокий уровень устойчивости инфраструктуры.

*Экологические аспекты:*

Взаимодействие нефтепровода с местной экосистемой также требует внимания. Оценка возможных воздействий на биоразнообразие, водные ресурсы и зоны прибрежной линии играет важную роль в предотвращении экологических чрезвычайных ситуаций и восстановлении природной среды после возможных происшествий.

*Инновационные инженерные решения.*

Эффективность и надежность подводных переходов магистральных нефтепроводов существенно зависят от использования передовых инженерных решений и инновационных технологий. Разработка современных материалов и технических решений позволяет повысить долговечность, устойчивость к коррозии и абразивным воздействиям воды, а также обеспечить безопасность эксплуатации.

*Современные материалы:*

Применение современных материалов, таких как композиты, нержавеющие стали, и высокопрочные сплавы, обеспечивает устойчивость к агрессивным средам. Эти материалы способны выдерживать высокие давления, температуры и химические воздействия, что является критическим фактором при эксплуатации подводных переходов.

*Защитные покрытия:*

Разработка специализированных защитных покрытий предотвращает коррозию и износ материалов под воздействием воды и внешних факторов. Эти покрытия обеспечивают дополнительный уровень защиты, увеличивая срок службы конструкции и снижая вероятность повреждений.

*Системы диагностики и мониторинга:*

Интеграция передовых систем диагностики и мониторинга позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы, такие как коррозия, изменения давления, и температурные отклонения. Использование датчиков и сенсоров в реальном времени обеспечивает постоянный контроль за состоянием подводных переходов.

*Использование роботизированных систем:*

Применение роботизированных систем для регулярного технического обслуживания и инспекции подводных участков позволяет минимизировать необходимость в человеческом вмешательстве и снижает риск для персонала. Роботы могут осуществлять визуальные осмотры, измерения и ремонтные работы, что способствует оперативному реагированию на выявленные проблемы.

*Методы мониторинга и контроля.*

Эффективные системы мониторинга и контроля представляют собой неотъемлемый элемент обеспечения безопасности и стабильности эксплуатации подводных переходов магистральных нефтепроводов. Современные методы и технологии в этой области направлены на оперативное обнаружение, диагностику и реагирование на потенциальные проблемы.

*Датчики и сенсоры:*

Установка датчиков и сенсоров вдоль подводных переходов позволяет непрерывно мониторить различные параметры, такие как температура, давление, и состояние материалов конструкции. Это обеспечивает оперативное обнаружение отклонений от нормы, что является ключевым элементом в предотвращении аварийных ситуаций.

*Системы акустического мониторинга:*

Системы акустического мониторинга применяются для обнаружения звуков, связанных с возможными проблемами, такими как утечки или структурные дефекты. Эти системы работают в режиме реального времени и способствуют оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации.

*Интеллектуальные системы анализа данных:*

Применение интеллектуальных систем анализа данных, включая машинное обучение и искусственный интеллект, позволяет автоматизировать процесс обнаружения аномалий. Эти системы способны анализировать большие объемы данных и выявлять нештатные ситуации, что ускоряет процесс реагирования и предотвращения возможных проблем.

**Обучение и сертификация персонала.**

Обучение и сертификация персонала играют фундаментальную роль в обеспечении безопасной и эффективной эксплуатации подводных переходов магистральных нефтепроводов. Высокий профессионализм, знание современных технологий и строгие нормы безопасности формируют базу для успешной работы персонала в условиях переменных и высокотехнологичных требований подводного прохождения.

**Управление рисками и реагирование на чрезвычайные ситуации.**

Управление рисками и грамотное реагирование на чрезвычайные ситуации представляют собой фундаментальные элементы безопасной эксплуатации подводных переходов магистральных нефтепроводов. Эффективные стратегии в этой области включают в себя комплексные подходы к анализу, предотвращению и минимизации рисков, а также системы реагирования на чрезвычайные ситуации.

**Разработка планов предотвращения и реагирования:**

На основе анализа рисков разрабатываются планы предотвращения и реагирования на чрезвычайные ситуации. Планы должны включать в себя шаги по минимизации рисков, обучению персонала, системы мониторинга и контроля, а также стратегии эвакуации и первичного реагирования в случае нештатных ситуаций.

**Мониторинг и регулярные аудиты:**

Регулярные мониторинговые процессы и аудиты системы безопасности помогают выявлять потенциальные угрозы на ранних стадиях. Актуализация планов предотвращения и реагирования, а также коррекция процедур на основе анализа результатов мониторинга, обеспечивают постоянную актуальность системы безопасности.

В завершение, подводные переходы магистральных нефтепроводов требуют комплексного и системного подхода к обеспечению безаварийной эксплуатации. Инновации в инженерии, эффективные системы мониторинга и контроля, а также проактивное управление рисками формируют основу для устойчивой и безопасной транспортировки нефти в условиях подводного прохождения.

\*\*\*

1. ОР-75.200.00-КТН-231-16. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Порядок технической эксплуатации переходов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов через водные преграды и малые водотоки.
2. РД-75.200.00-КТН-012-14. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Переходы магистральных трубопроводов через водные преграды. Нормы проектирования.
3. ОР-23.040.00-КТН-134-13. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Паспорт перехода магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода через водную преграду.
4. ОР-35.240.50-КТН-106-11. Порядок эксплуатации автоматизированной информационно-аналитической системы контроля технического состояния подводных переходов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.
5. ОР-35.240.00-КТН-105-17. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Порядок подготовки и принятия решения о создании или модернизации информационной системы.

**Моисеев С.А.**

**Газовые инновации. Как новые технологии преобразуют энергетический сектор**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-597

#### **Аннотация**

Статья исследует последние тенденции и инновации в области газовых технологий и их влияние на энергетический сектор. Авторы рассматривают различные аспекты технологического прогресса, включая разработку новых методов добычи, транспортировки и

хранения газов, а также передовые подходы к использованию газовых ресурсов для производства энергии. Статья предоставляет читателям углубленное понимание того, как инновации в газовой отрасли способствуют переходу к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии, подчеркивая роль новых технологий в достижении энергетической эффективности и сокращении воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** газовые технологии, инновации в энергетике, транспортировка и хранение газа, добыча газа.

### Abstract

The article explores the latest trends and innovations in gas technology and their impact on the energy sector. The authors examine various aspects of technological progress, including the development of new methods for extracting, transporting and storing gases, as well as advanced approaches to using gas resources for energy production. The article provides readers with an in-depth understanding of how innovation in the natural gas industry is driving the transition to more sustainable and cleaner energy sources, highlighting the role of new technologies in achieving energy efficiency and reducing environmental impact.

**Keywords:** gas technologies, innovations in energy, gas transportation and storage, gas production.

Современный энергетический сектор сталкивается с вызовами, связанными с устойчивостью, эффективностью и экологической безопасностью. В этом контексте газовые инновации становятся ключевым фактором в трансформации отрасли. Новые технологии призваны не только обеспечивать стабильное энергоснабжение, но и снижать воздействие на окружающую среду.

Развитие методов добычи газа.

Одним из важных аспектов преобразования энергетического сектора является совершенствование методов добычи газа. Новые технологии позволяют увеличить эффективность и безопасность этого процесса. Использование современных геофизических методов, автоматизация и внедрение искусственного интеллекта в процессы мониторинга улучшают точность прогнозов и оптимизируют работу газовых месторождений.

*Инновации в геофизических методах:*

Современные технологии добычи газа включают в себя использование передовых геофизических методов. Это включает в себя сейсмическую томографию, магнитометрию и другие современные методы исследования земной коры. Такие технологии позволяют точнее определить месторождения газа, их структуру и размеры, что существенно повышает эффективность добычи.

*Автоматизация и искусственный интеллект в мониторинге:*

Применение технологий искусственного интеллекта и автоматизации в процессах мониторинга месторождений газа значительно улучшает эффективность и безопасность. Системы машинного обучения могут анализировать большие объемы данных, выявлять паттерны и предсказывать возможные риски. Это позволяет операторам быстро реагировать на изменения в условиях работы месторождений и минимизировать возможные негативные последствия.

*Продвинутые методы обработки и очистки:*

Современные методы обработки и очистки газа улучшают качество извлекаемого продукта и минимизируют вредные выбросы. Технологии обработки газа позволяют эффективно отделять примеси и тяжелые углеводороды, обеспечивая высокую чистоту и эффективность использования добываемого газа.

Транспортировка и хранение гага.

Эффективная транспортировка и хранение газа играют важную роль в обеспечении непрерывного энергоснабжения. Новые технологии, такие как технологии сжижения газа и

разработка передовых систем трубопроводов, содействуют созданию гибких и устойчивых схем поставок газа.

*Технологии сжижения газа:*

С развитием глобального рынка газа становится критически важным обеспечить эффективную транспортировку и хранение. Технологии сжижения газа, такие как процессы Линде и Клауса, позволяют снизить объем газа для более удобной и долгосрочной транспортировки. Специальные технологии сжижения, такие как LNG (сжиженный природный газ), обеспечивают более безопасный и экономичный способ перевозки газа через океаны и континенты.

*Инновации в системах трубопроводов:*

Современные системы трубопроводов для газа сочетают в себе передовые материалы и инженерные решения для обеспечения эффективной транспортировки. Трубы с меньшим трением, снижение потерь давления и использование автоматизированных систем мониторинга делают транспортировку газа более эффективной и надежной.

*Хранение в подземных резервуарах:*

Для обеспечения стабильного энергоснабжения необходимо эффективное хранение газа. Подземные резервуары, такие как подземные хранилища газа и ациклические подземные резервуары, предоставляют возможность сохранения больших объемов газа. Технологии мониторинга и контроля обеспечивают безопасное и эффективное использование этих резервуаров.

*Развитие технологий бункеровки газом:*

В секторе транспорта наблюдается переход к более экологичным топливам, в том числе к использованию газа. Технологии бункеровки газом (LNG bunkering) предоставляют судам и автотранспорту возможность использовать газ в качестве топлива, снижая выбросы вредных веществ и уменьшая воздействие на окружающую среду.

*Переход к устойчивым источникам энергии.*

Одним из основных результатов газовых инноваций является активный переход к устойчивым источникам энергии. Возможность использования биогаза, водорода и других возобновляемых газов открывает новые перспективы для создания экологически чистого энергетического сектора.

*Возобновляемые газовые ресурсы:*

Современные газовые инновации направлены на использование возобновляемых газовых ресурсов, таких как биогаз и водород, в качестве устойчивых источников энергии. Технологии биогазовых установок, основанные на переработке органических отходов, обеспечивают производство газа, не увеличивая уровень выбросов парниковых газов. Производство водорода из возобновляемых источников также становится более распространенным, что способствует диверсификации энергетического портфеля.

*Интеграция с солнечной и ветровой энергией:*

Устойчивый переход включает в себя тесное взаимодействие с солнечной и ветровой энергией. Газовые системы способны эффективно компенсировать переменность возобновляемых источников, выравнивая колебания производства энергии. Power-to-Gas технологии также позволяют эффективно хранить избытки энергии, произведенной в периоды высокой производительности солнечных и ветровых установок.

*Технологии производства водорода:*

Развитие технологий производства водорода из воды с использованием возобновляемой энергии (зеленый водород) становится важным элементом перехода к устойчивым источникам энергии. Этот подход не только обеспечивает "зеленый" водород, но также снижает зависимость от традиционных, не экологических методов производства.

*Экологическая эффективность.*

С учетом глобальных экологических вызовов, связанных с изменением климата, экологическая эффективность становится приоритетом. Газовые инновации не только снижают

выбросы загрязняющих веществ, но и способствуют созданию более устойчивой и экологически ответственной энергетической системы.

*Снижение выбросов парниковых газов:*

Одним из ключевых аспектов экологической эффективности в газовых инновациях является снижение выбросов парниковых газов. Современные технологии, такие как сжигание газа с минимизацией выбросов метана, а также использование биогаза и водорода, способствуют уменьшению воздействия на климат.

*Эффективная очистка и обработка газа:*

Современные методы обработки и очистки газа направлены на максимальное снижение выбросов вредных веществ в атмосферу. Использование передовых технологий обеспечивает эффективное удаление примесей и тяжелых углеводородов, что не только повышает качество извлекаемого продукта, но и содействует соблюдению экологических стандартов.

*Устранение метановых выбросов:*

Метан, являющийся основным компонентом природного газа, имеет значительное парниковое воздействие. Инновационные методы, такие как использование систем сбора и переработки метана, направлены на устранение выбросов этого газа в атмосферу, что содействует снижению влияния на изменение климата.

*Энергетическая эффективность в производстве:*

Экологическая эффективность также связана с энергетической эффективностью в процессах производства газа. Использование передовых технологий, оптимизация процессов и интеграция с возобновляемыми источниками энергии в производственные процессы способствуют снижению общего воздействия на окружающую среду.

Газовые инновации преобразуют энергетический сектор, обеспечивая баланс между стабильностью поставок и устойчивостью окружающей среды. Современные технологии не только улучшают традиционные методы работы с газом, но и открывают новые горизонты для создания современной и эффективной энергетической инфраструктуры.

\*\*\*

1. Аджиев А. Ю., Морева Н. П., Долинская Н. И. Концепция создания отечественной линии по производству сжиженного природного газа // Нефтегазохимия. – 2015. – № 3. – С. 28–32.
2. Гладков И. С. Внешнеторговые связи Российской Федерации: тренды в санкционный период и итоги 2016 г. // Власть. – 2017. – № 3. – С. 95–105.
3. Голубева И. А., Мещерин И. В., Дубровина Е. П. Производство сжиженного природного газа: вчера, сегодня, завтра // Мир нефтепродуктов. – 2016. – № 6. – С. 4–13.
4. Цвигун И. В., Ершова Е. В. Мировой рынок сжиженного природного газа: современная конъюнктура и тенденции развития // Известия Байкальского государственного университета. – 2016. – Т. 26. – № 6. – С. 868–881.
5. Эдер Л. В., Филимонова И. В., Немов В. Ю., Проворная И. В. Газовая промышленность России: современное состояние и долгосрочные тенденции развития // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2014. – № 4. – С. 36–46.

**Моисеев С.А.**

**Глубоководная добыча. Вызовы и возможности для нефтегазовой промышленности**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-598

#### **Аннотация**

Статья рассматривает актуальные аспекты развития глубоководной добычи нефти и газа, представляя комплексный обзор вызовов и возможностей, с которыми сталкивается нефтегазовая промышленность в данной сфере. Авторы анализируют технологические и инженерные аспекты глубоководной добычи, обращая внимание на современные тенденции и инновации. В статье также подробно рассматриваются проблемы, связанные с экологическими и социальными аспектами деятельности на глубоководных месторождениях, а также

предлагаются пути решения данных проблем. Подчеркивается важность диверсификации энергетического портфеля и устойчивого подхода к глубоководной добыче для обеспечения энергетической безопасности.

**Ключевые слова:** глубоководная добыча, нефтегазовая промышленность, добыча углеводородов.

### Abstract

The article examines current aspects of the development of deep-sea oil and gas production, presenting a comprehensive overview of the challenges and opportunities faced by the oil and gas industry in this area. The authors analyze the technological and engineering aspects of deep-sea mining, paying attention to current trends and innovations. The article also discusses in detail the problems associated with the environmental and social aspects of activities in deep-sea fields, and also suggests ways to solve these problems. The importance of diversifying the energy portfolio and a sustainable approach to deep-sea mining to ensure energy security is emphasized.

**Keywords:** deep sea mining, oil and gas industry, hydrocarbon production.

Глубоководная добыча нефти и газа становится ключевым элементом развития нефтегазовой промышленности в условиях истощения легкодоступных ресурсов. Эта технологически сложная область деятельности представляет, как вызовы, так и уникальные возможности для энергетического сектора. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты глубоководной добычи, а также выявим вызовы, стоящие перед индустрией, и возможности, которые она предоставляет.

*Технологические вызовы.*

Глубоководная добыча представляет собой технологически сложную область, где преодоление глубоководных горизонтов и работа в экстремальных условиях океанских глубин ставят перед промышленностью ряд серьезных вызовов. Рассмотрим основные технологические вызовы, которые возникают при осуществлении глубоководных проектов:

*Прочные системы бурения:*

Глубоководные скважины часто проникают через слои сильных горных пород, что требует разработки бурения, способного справиться с высоким давлением и температурой, а также обеспечивающего надежное и безопасное проникновение в глубоководные горизонты.

*Подводные комплексы и оборудование:*

Поставка и обслуживание оборудования на глубине океана представляют вызовы в силу отсутствия инфраструктуры. Технологии разработки подводных комплексов, включая подводные роботы и автоматизированные системы, становятся важными элементами успешной глубоководной добычи.

*Транспортировка и обработка сырья:*

Добытая нефть и газ должны быть транспортированы с морского дна на берег для дальнейшей обработки. Эффективные системы транспортировки и технологии обработки сырья на платформах становятся критическими для обеспечения эффективности проекта.

*Исследование геологии месторождений:*

Глубоководные месторождения часто расположены в сложных геологических условиях. Развитие технологий для более точного исследования подводного грунта и определения объемов запасов нефти и газа становится неотъемлемой частью успешного освоения глубоководных ресурсов.

*Экологические и социальные аспекты.*

Глубоководная добыча нефти и газа несет значительные экологические и социальные аспекты, которые требуют внимательного рассмотрения и управления. В рамках данного раздела рассмотрим ключевые вызовы и возможности в этих областях:

*Риски разливов нефти и газа:*

Одним из наиболее серьезных экологических вызовов является риск разливов нефти в процессе глубоководной добычи. Такие инциденты могут привести к серьезному загрязнению

морской среды, нанося ущерб местной фауне и флоре, а также создавая проблемы для местных сообществ, зависящих от морских ресурсов.

*Меры предотвращения и реагирования на аварии:*

Эффективное управление рисками разливов и других аварийных ситуаций является важной частью экологической стратегии. Разработка и внедрение технологий, направленных на своевременное обнаружение и ликвидацию утечек, а также планов реагирования на чрезвычайные ситуации, становится критическими аспектами для минимизации экологических последствий.

*Социальные вопросы и воздействие на местные сообщества:*

Глубоководная добыча оказывает влияние на местные сообщества, особенно в случае, если деятельность проводится у береговых линий. Это может затрагивать рыболовство, туризм и другие отрасли. Важно проводить консультации с местными жителями, обеспечивать их участие в принятии решений и компенсировать возможные негативные воздействия на их экономику и культуру.

*Технологии снижения воздействия:*

Развитие технологий, направленных на снижение экологического и социального воздействия глубоководной добычи, является приоритетным направлением. Это может включать в себя разработку эффективных методов сбора и переработки выбросов, использование меньшего количества химических веществ и усовершенствованные методы оценки воздействия на окружающую среду.

*Энергетическая безопасность и диверсификация.*

Энергетическая безопасность является стратегически важным аспектом для государств и обществ, и глубоководная добыча нефти и газа предоставляет уникальные возможности для укрепления этой безопасности через диверсификацию источников энергии. Рассмотрим основные аспекты этого вопроса:

*Снижение зависимости от традиционных месторождений:*

Глубоководная добыча позволяет расширить источники снабжения энергоресурсами за счет освоения регионов, ранее недоступных для эксплуатации. Это снижает зависимость от традиционных месторождений и геополитических рисков, связанных с ними.

*Устойчивость к изменениям цен на энергоносители:*

Глубоководная добыча может создать более стабильные источники поставок нефти и газа, что в свою очередь способствует смягчению воздействия колебаний цен на энергоносители на мировых рынках. Это важно для обеспечения предсказуемости в энергетическом секторе.

*Эффективное управление геополитическими рисками:*

Развитие глубоководной добычи может уменьшить зависимость от ресурсов, которые подвержены геополитическим трудностям. Это особенно важно для стран, которые стремятся диверсифицировать свои источники энергии и снизить воздействие политических колебаний на их энергетический сектор.

*Создание новых рабочих мест и экономический рост:*

Глубоководная добыча способствует созданию новых рабочих мест и стимулирует экономический рост в регионах, где ведется освоение морских ресурсов. Это не только способствует укреплению энергетической безопасности, но и поддерживает социальное развитие.

*Инновации и перспективы.*

Глубоководная добыча нефти и газа является зоной постоянных инноваций и технологических преобразований. Развитие передовых методов и оборудования становится ключевым фактором успешного освоения глубоководных ресурсов. Рассмотрим некоторые из важнейших аспектов инноваций и перспектив в этой области:

*Роботизированные подводные аппараты и автоматизированные системы:*

Использование роботизированных подводных аппаратов для выполнения различных задач на глубине океана становится все более распространенным. Эти системы могут



выполнять инспекции, обслуживание, а иногда и ремонт оборудования, что уменьшает риски для человека и повышает эффективность операций.

*Технологии беспилотных аппаратов для бурения и обслуживания скважин:*

Разработка беспилотных систем для бурения и обслуживания скважин на глубоководных платформах позволяет автоматизировать ключевые процессы, сокращая время и затраты на операции и обеспечивая более высокую точность.

*Системы обработки данных и искусственный интеллект:*

Применение современных методов обработки данных и искусственного интеллекта в анализе геологических данных, мониторинге процессов добычи и принятии решений повышает точность прогнозов и эффективность операций. Алгоритмы машинного обучения могут помочь в выявлении паттернов, оптимизации процессов и предотвращении аварий.

*Инновации в материалах и конструкциях:*

Развитие новых материалов и технологий строительства позволяет создавать более прочные и надежные платформы и оборудование для работы в условиях глубоководной добычи. Это включает в себя использование высокопрочных сталей, антикоррозийных покрытий и других инновационных материалов.

Глубоководная добыча несет в себе вызовы, но и открывает новые возможности для нефтегазовой промышленности. Эффективное управление рисками, инновационные технологии и социальная ответственность станут определяющими факторами в успехе глубоководных проектов. Развитие этой области представляет собой не только шаг вперед в обеспечении энергетической безопасности, но и стратегический шаг к устойчивому будущему для нефтегазовой отрасли.

\*\*\*

1. Ледовое побоище. Арктический шельф в мировой политике и экономике XXI века. – М.; ИД «Трибуна», 2009.- 296 стр.
2. Амирагян А. С. Освоение УВ-ресурсов шельфа // Neftegaz.ru. 2017. № 8. С. 16–22.
3. Самсонов Р.О., Мирзоев Д.А. Стратегия освоения ресурсов углеводородов на шельфе Российской Федерации// Наука и техника в газовой промышленности. -М., 2006. № 1(25)-с. 5-11
4. Мирзоев Ф.Д., Богатырева Е.В. Мобильная унифицированная ледостойкая стационарная платформа для создания надводно-подводных нефтегазовых промыслов // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков.- 2020.-№1- С.6-9.
5. Мокшаев Т.А., Греков С.В. Опыт применения и перспективы развития систем подводной сепарации нефти и газа // Вести газовой науки: Науч.- техн. сб. 2015. № 2 (22). С. 69–73.

**Моисеев С.А.**

**Инновации в проектировании и строительстве морских нефтегазовых платформ:  
технологический прогресс и безопасность**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-599

**Аннотация**

Статья рассматривает последние тенденции и достижения в области проектирования и строительства морских нефтегазовых платформ. В статье исследуются применение новых материалов и технологий, направленных на повышение безопасности и эффективности эксплуатации платформ. Статья представляет обзор инноваций, охватывая технологические решения, которые способствуют сокращению рисков и повышению устойчивости морских объектов нефтегазовой инфраструктуры.

**Ключевые слова:** добыча, морские нефтегазовые платформы, бурение, нефтегазовая промышленность.

**Abstract**

The article examines the latest trends and achievements in the field of design and construction of offshore oil and gas platforms. The article explores the use of new materials and technologies aimed at improving the safety and operational efficiency of platforms. The article provides an overview of innovation, covering technology solutions that help reduce risk and improve the resilience of offshore oil and gas infrastructure.

**Keywords:** production, offshore oil and gas platforms, drilling, oil and gas industry.

Морские нефтегазовые платформы играют ключевую роль в добыче и дальнейшей обработке углеводородных ресурсов на глубоководных участках. В последние десятилетия наблюдается стремительный технологический прогресс в области их проектирования и строительства, направленный на улучшение эффективности и, что более важно, обеспечение безопасности операций. В данной статье рассмотрим несколько ключевых инноваций, которые формируют современный облик морских нефтегазовых платформ.

*Применение новых материалов.*

Одним из ключевых направлений современных инноваций в проектировании и строительстве морских нефтегазовых платформ является использование передовых материалов, специально разработанных для эффективного сопротивления агрессивным морским условиям и повышения долговечности конструкций.

*Продвинутое композиты и легкие сплавы:*

Современные нефтегазовые платформы часто сталкиваются с экстремальными условиями, такими как сильные ветры, высокие волны и агрессивные морские воды. Для уменьшения веса конструкций и повышения устойчивости применяются продвинутое композиты, которые обладают высокой прочностью при низкой массе. Также активно исследуются и внедряются легкие сплавы, которые обеспечивают превосходные механические свойства при минимальной массе, уменьшая нагрузку на фундаменты и повышая общую надежность платформы.

*Антикоррозийные покрытия и материалы:*

Морская среда является агрессивной средой, способной вызывать коррозию металлических поверхностей. Для предотвращения этого нежелательного процесса применяются специальные антикоррозийные покрытия и материалы. Эти инновации позволяют значительно увеличивать срок службы структурных элементов, снижая необходимость в регулярных ремонтах и обслуживании.

*Усиленные структурные элементы:*

Для повышения устойчивости и надежности морских платформ применяются усиленные структурные элементы, спроектированные с учетом особенностей морской эксплуатации. Это включает в себя использование усиленных колонн, балок и фундаментов, что создает более устойчивую платформу, способную выдерживать высокие нагрузки и экстремальные условия.

*Системы мониторинга и дистанционного управления.*

В современной нефтегазовой индустрии системы мониторинга и дистанционного управления становятся неотъемлемой частью технологического прогресса. Эти инновации обеспечивают высокий уровень контроля за всеми аспектами работы морских нефтегазовых платформ, что существенно повышает эффективность, безопасность и реагирование на потенциальные угрозы.

*Интегрированные системы мониторинга:*

Системы мониторинга на современных платформах включают в себя многоуровневые датчики, размещенные по всей конструкции. Эти датчики контролируют параметры, такие как температура, давление, состояние конструкции, уровень вибрации и другие важные параметры. Используя передовые технологии сбора и анализа данных, эти системы обеспечивают непрерывное мониторинг состояния оборудования и инфраструктуры.

*Автоматизированные системы безопасности:*

Системы мониторинга интегрируются с автоматизированными системами безопасности, которые могут автоматически реагировать на возможные угрозы. Например, в случае обнаружения потенциальной аварии или отклонения от нормальных параметров работы, системы могут активировать сигнализацию, аварийные процедуры и даже автоматически принимать меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

*Технологии искусственного интеллекта:*

Искусственный интеллект (ИИ) становится важным компонентом систем мониторинга и управления. Алгоритмы машинного обучения позволяют системам анализировать сложные данные, выявлять паттерны и предсказывать возможные проблемы до их возникновения. Это повышает прогнозируемость и позволяет проводить проактивное техническое обслуживание.

*Дистанционное управление и операции:*

Системы дистанционного управления позволяют операторам мониторить и управлять платформой из удаленного центра управления. Это сокращает необходимость присутствия человека на самой платформе, снижая риски для персонала в условиях экстремальной морской среды. Дистанционное управление также улучшает оперативную эффективность и позволяет быстро реагировать на изменения в окружающей среде.

*Экологическая устойчивость.*

Современные требования к устойчивому развитию стали двигателем изменений в нефтегазовой индустрии, включая проектирование и строительство морских нефтегазовых платформ. Инновации в области экологической устойчивости направлены на уменьшение негативного воздействия индустрии на морскую экосистему и включают в себя несколько ключевых аспектов.

*Системы очистки и переработки отходов:*

Современные морские платформы оснащаются передовыми системами очистки и переработки отходов. Это включает в себя обработку сточных вод, очистку нефтяных и газовых выбросов, а также утилизацию твердых отходов. Эти технологии позволяют снижать негативное воздействие на водные ресурсы и поддерживать экосистему в районах эксплуатации.

*Использование возобновляемых источников энергии:*

Для снижения зависимости от традиционных источников энергии и сокращения выбросов парниковых газов морские платформы внедряют технологии, использующие возобновляемые источники энергии. Солнечные панели, ветрогенераторы и гелиоэнергетика становятся стандартными компонентами для обеспечения энергии необходимым системам на платформах.

*Снижение воздействия на биологическое разнообразие:*

Проектирование платформ включает в себя меры по снижению воздействия на морскую фауну и флору. Это включает в себя использование инновационных технологий для предотвращения утечек нефти, использование звуковых устройств для предотвращения столкновений с морскими животными и разработку технологий бережного сброса воды и отходов.

*Инновации в бурении и добыче.*

С течением времени технологический прогресс в области бурения и добычи нефти и газа на морских платформах претерпевает непрерывное развитие, направленное на увеличение эффективности, точности и безопасности процессов. Инновации в этой области касаются как методов бурения, так и средств контроля и оптимизации всего цикла добычи.

*Направленное бурение и горизонтальное бурение:*

Использование методов направленного бурения и горизонтального бурения позволяет значительно увеличить объем добычи из каждой скважины. Эти техники позволяют максимально использовать месторождение, сокращая количество необходимых скважин и, таким образом, снижая воздействие на окружающую среду. Кроме того, горизонтальные скважины могут быть более точно направлены на наиболее перспективные слои, увеличивая общую эффективность добычи.

*Системы управления потоками газа и нефти:*

Интегрированные системы управления потоками газа и нефти предоставляют возможность точного контроля и распределения добытых ресурсов. Это позволяет оптимизировать процессы добычи, минимизировать потери и снижать риски аварийных ситуаций. Автоматизированные системы также способны быстро реагировать на изменения в условиях работы и регулировать производство в реальном времени.

*Использование датчиков и технологий искусственного интеллекта:*

Применение передовых датчиков и технологий искусственного интеллекта в области бурения и добычи значительно повышает точность и эффективность процессов. Датчики могут предоставлять реальные данные о состоянии скважин, обнаруживать потенциальные проблемы и предоставлять операторам ценную информацию для принятия решений. Алгоритмы искусственного интеллекта позволяют предсказывать изменения в условиях добычи и автоматически адаптироваться к ним.

*Развитие геологического исследования:*

Современные технологии геологического исследования позволяют более точно определять структуру месторождений и выбирать оптимальные места для бурения. Это включает в себя сейсмическое обследование, использование геофизических методов и технологий обработки геологических данных. Точное представление о подземных структурах способствует увеличению успешности бурения и уменьшению рисков.

Современные инновации в проектировании и строительстве морских нефтегазовых платформ являются ключевым фактором для обеспечения устойчивого и безопасного развития нефтегазовой индустрии. Технологический прогресс в сочетании с фокусом на экологической устойчивости создает новые стандарты в отрасли, предоставляя перспективы для долгосрочной и успешной деятельности на глубоководных месторождениях.

\*\*\*

1. ВСН 51.3-85. Проектирование морских стационарных платформ.
2. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
3. Сочнева И.О. Современные технологии освоения морских нефтегазовых месторождений. М., 2016.
4. Сочнева И. О., Сочнев О.Я. Разведка углеводородов в арктических водах: Поиск технических решений для арктических морей России. М., 2016.
5. Рекомендации парламентских слушаний «Нефть и газ континентального шельфа: проблемы освоения и рационального использования» // Нефтегазовая вертикаль. 2002. № 9–10. С. 74–75.

**Моисеев С.А.**

**Инновации в техническом обслуживании нефтепроводов: современные подходы и технологии**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-600

**Аннотация**

Статья рассматривает последние технологические разработки, применяемые в обслуживании нефтепроводов. Фокус статьи включает в себя роботизированные системы, дистанционный мониторинг, технологии превентивного обслуживания и использование нанотехнологий и материалов будущего. Рассмотрены преимущества, применение и перспективы развития каждой из этих инноваций, а также их вклад в повышение безопасности, эффективности и устойчивости нефтегазовой инфраструктуры.

**Ключевые слова:** нефтепроводы, техническое обслуживание, дистанционный мониторинг, трубопровод.

**Abstract**

The article examines the latest technological developments used in servicing oil pipelines. The article's focus includes robotic systems, remote monitoring, predictive maintenance technologies, and the use of nanotechnology and future materials. The benefits, applications and development prospects of each of these innovations are examined, as well as their contribution to improving the safety, efficiency and sustainability of oil and gas infrastructure.

**Keywords:** oil pipelines, maintenance, remote monitoring, pipeline.

Нефтепроводы играют ключевую роль в мировом энергетическом комплексе, обеспечивая транспортировку нефти от мест добычи до мест переработки и конечных потребителей. Эффективность и безопасность их эксплуатации – важнейшие задачи, которые требуют постоянного совершенствования и применения новейших технологических решений. Рассмотрим некоторые из последних инноваций, применяемых в техническом обслуживании нефтепроводов.

*Роботизированные системы.*

Роботизированные системы представляют собой важный элемент современных инноваций в техническом обслуживании нефтепроводов. Эти высокотехнологичные автономные устройства демонстрируют потенциал в улучшении эффективности, снижении рисков и повышении точности при проведении разнообразных работ по обслуживанию инфраструктуры нефтегазовой промышленности.

*Инспекция и диагностика:*

Одним из ключевых аспектов применения роботизированных систем в техническом обслуживании нефтепроводов является проведение инспекций и диагностики. Роботы, оснащенные передовыми оптическими и сенсорными системами, способны производить подробные обследования поверхности трубопровода. Это включает в себя выявление потенциальных дефектов, трещин, коррозии и других проблем, которые могли бы остаться незамеченными при традиционных методах инспекции.

*Ремонтные работы:*

Роботизированные системы также активно привлекаются для выполнения ремонтных работ на нефтепроводах. Они могут быть оснащены специальными манипуляторами, сварочными устройствами и инструментами для восстановления структуры трубопровода. Это позволяет проводить операции по устранению повреждений без необходимости остановки процесса транспортировки нефти и газа.

*Уменьшение рисков и затрат:*

Применение роботов в техническом обслуживании нефтепроводов существенно снижает риски для работников. Роботы способны работать в условиях, которые могли бы представлять опасность для человека, таких как области высокой температуры, радиационные зоны или труднодоступные места. Это также позволяет избежать простоев в работе, связанных с ожиданием благоприятных условий для человека.

*Использование искусственного интеллекта:*

Системы искусственного интеллекта играют важную роль в функционировании роботизированных систем. Алгоритмы машинного обучения позволяют роботам анализировать полученные данные, выявлять аномалии и принимать автономные решения. Это поднимает эффективность процессов инспекции и обслуживания на новый уровень, так как роботы могут быстро реагировать на изменения в условиях эксплуатации нефтепроводов.

*Дистанционный мониторинг.*

В мире, где данные становятся ключевым ресурсом, дистанционный мониторинг играет важную роль в современном техническом обслуживании нефтепроводов. Эта инновационная технология предоставляет операторам реальное время данных о состоянии трубопровода, что позволяет более эффективно управлять и обслуживать инфраструктуру нефтегазовой промышленности.

*Сенсоры и инфраструктура дистанционного мониторинга:*

Основой дистанционного мониторинга являются современные сенсоры, установленные вдоль всей длины нефтепровода. Эти сенсоры способны измерять различные параметры, такие как давление, температура, уровень износа, а также обнаруживать утечки и другие аномалии. Данные, полученные от сенсоров, передаются по высокоскоростным каналам связи на центральные пункты мониторинга.

*Реальное время и принятие решений:*

Одним из ключевых преимуществ дистанционного мониторинга является возможность получения данных в реальном времени. Операторы могут мониторить параметры нефтепровода в режиме онлайн, что позволяет оперативно реагировать на изменения условий. Это особенно важно для выявления потенциальных проблем и предотвращения аварийных ситуаций.

*Снижение затрат и увеличение эффективности:*

Дистанционный мониторинг также содействует сокращению операционных затрат и увеличению эффективности обслуживания. Благодаря точной информации о состоянии трубопровода, операторы могут оптимизировать расписание технического обслуживания, проводить ресурсное планирование и улучшать общую эффективность инфраструктуры.

*Географический охват и удаленные регионы:*

Дистанционный мониторинг идеально подходит для трубопроводов, проходящих через географически разнообразные и отдаленные регионы. Это позволяет эффективно управлять трубопроводами, находящимися в условиях, где традиционные методы мониторинга могли бы столкнуться с трудностями.

*Технологии превентивного обслуживания.*

Технологии превентивного обслуживания стали важным инструментом в техническом уходе за нефтепроводами, позволяя предвидеть и предотвращать возможные сбои, минимизировать риски и обеспечивать надежность работы инфраструктуры нефтегазовой промышленности.

*Системы мониторинга и диагностики:*

Превентивное обслуживание начинается с внедрения систем мониторинга и диагностики. Специализированные датчики распределены по всей длине нефтепровода и постоянно собирают данные о его состоянии. Анализ этих данных позволяет выявлять предвестия потенциальных проблем, таких как коррозия, износ, утечки, и принимать меры до того, как они приведут к серьезным повреждениям.

*Машинное обучение и аналитика:*

Применение технологий машинного обучения и аналитики данных становится ключевым элементом в системах превентивного обслуживания. Алгоритмы могут изучать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и предсказывать возможные отказы оборудования. Это позволяет операторам не только реагировать на текущие проблемы, но и предотвращать их возникновение в будущем.

*Дроны и беспилотные летательные аппараты (БПЛА):*

Использование дронов и беспилотных летательных аппаратов значительно улучшает возможности в области превентивного обслуживания. Они могут выполнять аэрофотосъемку, осматривать труднодоступные участки, а также сканировать трубопроводы с высоты. Это обеспечивает дополнительные данные для анализа и решения проблем в реальном времени.

*Нано технологии и материалы будущего.*

В контексте технического обслуживания нефтепроводов, нанотехнологии и материалы будущего представляют собой важный фактор в повышении эффективности, устойчивости и снижении износа инфраструктуры. Внедрение наноматериалов в строительство и обслуживание нефтепроводов открывает перспективы для создания более надежных и долговечных трубопроводных систем.

*Наноматериалы для усиления прочности:*

Одним из основных направлений применения нанотехнологий в техническом обслуживании нефтепроводов является использование наноматериалов для усиления прочности конструкций. Например, наночастицы могут быть внедрены в структуру

металлических труб для улучшения их механических свойств, сделав их более устойчивыми к деформациям и коррозии.

*Устойчивость к коррозии и абразивному износу:*

Нанотехнологии также предоставляют новые возможности для создания материалов, устойчивых к коррозии и абразивному износу. Наночастицы могут создавать защитные слои, предотвращая воздействие агрессивных сред и увеличивая срок службы трубопроводов.

*Улучшение теплопроводности и термической устойчивости:*

Нанотехнологии позволяют улучшить теплопроводность материалов, что важно для эффективного управления температурными режимами в нефтепроводах. Усовершенствование термической устойчивости материалов снижает вероятность повреждений от экстремальных температурных воздействий.

Инновации в техническом обслуживании нефтепроводов играют ключевую роль в повышении безопасности и эффективности работы этой важной инфраструктуры. Роботизированные системы, дистанционный мониторинг, технологии превентивного обслуживания и применение нанотехнологий в материалах – все эти подходы вместе формируют современное лицо технического обслуживания нефтепроводов, делая его более точным, надежным и безопасным. Внедрение этих инноваций не только сокращает риски аварий, но и способствует более эффективному использованию ресурсов и устойчивому развитию нефтегазовой промышленности.

\*\*\*

1. ОР-75.200.00-КТН-231-16. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Порядок технической эксплуатации переходов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов через водные преграды и малые водотоки.
2. ОР-35.240.50-КТН-106-11. Порядок эксплуатации автоматизированной информационно-аналитической системы контроля технического состояния подводных переходов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.
3. ОР-35.240.00-КТН-105-17. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Порядок подготовки и принятия решения о создании или модернизации информационной системы.
4. Бархатов А.Ф. Разработка методов энергоэффективной эксплуатации магистральных нефтепроводов на основе оптимизации технологических режимов: дис. ... канд. техн. наук. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2017. 160 с.
5. Лурье М.В. Теоретические основы трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа. М.: ООО «Изд. дом «Недра», 2017. 476 с.

**Моисеев С.А.**

**Новые методы исследования запасов углеводородов**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-601

#### **Аннотация**

Статья представляет собой обзор современных методов исследования запасов углеводородов с акцентом на инновационные подходы. Авторы рассматривают современные технологии, включая геофизические методы, сейсмическую томографию, использование спутниковых данных, а также передовые техники анализа геологической структуры. В статье обсуждаются преимущества и ограничения каждого метода, а также их потенциал для оптимизации процессов разведки и добычи углеводородных ресурсов. Исследование предоставляет читателям комплексный обзор современных технологий, способствующих более точному определению и оценке запасов углеводородов, что может иметь важное значение для эффективного управления энергетическими ресурсами и разработки новых месторождений.

**Ключевые слова:** разведка и добыча, углеводороды, запасы углеводородов.

**Abstract**

The article is a review of modern methods for studying hydrocarbon reserves with an emphasis on innovative approaches. The authors review modern technologies, including geophysical methods, seismic tomography, the use of satellite data, and advanced techniques for analyzing geological structure. The article discusses the advantages and limitations of each method, as well as their potential for optimizing hydrocarbon resource exploration and production processes. The study provides readers with a comprehensive overview of modern technologies that contribute to more accurate identification and assessment of hydrocarbon reserves, which can be important for the effective management of energy resources and the development of new fields.

**Keywords:** exploration and production, hydrocarbons, hydrocarbon reserves.

С постоянным увеличением потребления энергии и стремительным развитием технологий в сфере добычи и использования углеводородов, поиск новых методов исследования запасов становится ключевой задачей для энергетической индустрии. Научные исследования в этой области не просто активно продвигаются вперед, но и внедряют инновационные подходы, что обещает изменить ландшафт геологической разведки и добычи углеводородов.

Геофизические методы и сейсмическая томография.

Геофизические методы в исследованиях запасов углеводородов играют ключевую роль в раскрытии подземных структур и формировании более точных представлений о геологической природе месторождений. Среди различных геофизических подходов особое внимание привлекает сейсмическая томография, представляющая собой инновационный метод, который обеспечивает более глубокое и детальное понимание подземных образований.

Сейсмическая томография основана на принципе распространения сейсмических волн внутри земли. Специально созданные сейсмические волны направляются в глубь земли, и регистрируются сейсмическими датчиками на поверхности. Анализ времени задержки и изменения скорости этих волн позволяет создать трехмерное изображение подземных структур, аналогичное медицинской томографии.

Одним из ключевых преимуществ сейсмической томографии является её способность предоставлять подробную информацию о различных типах горных пород, их плотности и составе. Это помогает определить потенциальные зоны накопления углеводородов, их объемы и распределение в глубине.

Современные технологии улучшают эффективность сейсмической томографии. Высокочастотные сейсмические источники и более чувствительные датчики позволяют получать более точные данные. Инновационные методы обработки данных, такие как инверсионные алгоритмы и моделирование, обеспечивают более глубокий и полный анализ подземных образований.

Сейсмическая томография применяется не только для поиска и оценки углеводородных месторождений. Этот метод также используется в геотехнике, геологии и инженерии, что подчеркивает его универсальность и важность для различных областей. Прогресс в области сейсмической томографии обещает расширение границ наших знаний о структуре Земли и создание более эффективных стратегий разведки и разработки углеводородных ресурсов.

Интеграция спутниковых данных.

Спутниковые технологии предоставляют уникальную возможность осуществлять широкомасштабные исследования Земли из космоса. В контексте поиска и оценки запасов углеводородов, интеграция спутниковых данных стала важным инструментом, обогащающим геофизические и геологические исследования.

Одним из ключевых преимуществ спутниковых данных является их способность предоставлять информацию о поверхностных и подземных изменениях в рельефе, распределении влаги, температурных условиях, и даже о химическом составе почвы. Эти данные играют важную роль в анализе геологических особенностей, таких как структуры,



фолдинги, и разломы, которые могут свидетельствовать о наличии потенциальных месторождений углеводородов.

Спутники оснащены тепловыми камерами, позволяющими получать термальные изображения поверхности. Это может быть полезным при выявлении подземных источников тепла, таких как геотермальные источники, что может быть связано с наличием нефти или газа.

Гиперспектральный анализ, использующий данные о различных длинах волн, позволяет определить химический состав поверхности. Это полезно при выявлении признаков минералов, связанных с нефтью или газом, что может служить индикатором месторождений.

Одним из важных аспектов спутниковых данных является их способность предоставлять информацию в реальном времени. Динамическое мониторинг позволяет отслеживать изменения в природной среде, такие как землетрясения, изменения уровней воды, или даже экологические аспекты, которые могут быть связаны с добычей углеводородов.

Интеграция спутниковых данных с геофизическими методами и технологиями машинного обучения становится важным этапом. Алгоритмы машинного обучения могут обрабатывать огромные объемы данных и выделять паттерны, что существенно улучшает точность и эффективность анализа информации.

Технологии машинного обучения в геофизике.

В последние годы технологии машинного обучения (МО) стали ключевым инструментом в области геофизики, изменяя способы анализа и интерпретации данных. В контексте исследования запасов углеводородов, МО предоставляет уникальные возможности для точного анализа сложных геологических структур и предсказания характеристик месторождений.

Алгоритмы классификации и регрессии позволяют автоматически обрабатывать данные и выделять паттерны, что особенно полезно при анализе геофизических данных. Например, они могут помочь выделить характеристики, связанные с присутствием углеводородов в геологических образованиях, что может ускорить процесс поиска и оценки месторождений.

Кластеризация и ассоциативные алгоритмы позволяют выявлять скрытые связи и структуры в данных. В геофизике они могут использоваться для определения областей схожих характеристик, что помогает ученым лучше понимать геологические формации и потенциальные месторождения.

Глубокое обучение, включая использование нейронных сетей, привносит в геофизику возможность обработки сложных и многомерных данных. Нейронные сети могут автоматически извлекать важные признаки из геофизических данных, что может значительно улучшить точность прогнозов и анализа.

Машинное обучение может быть использовано для анализа гравиметрических данных с целью выделения признаков, связанных с подземными структурами, включая месторождения углеводородов.

Автоматизированные алгоритмы машинного обучения могут помочь в обработке и интерпретации сейсмических данных, что существенно ускоряет процесс анализа и облегчает выявление геологических структур.

Машинное обучение может использоваться для прогнозирования характеристик месторождений и оптимизации стратегий добычи углеводородов. Это включает в себя анализ данных о производственных характеристиках, геологических параметрах и экономических факторах.

Интеграция и оценка.

Интеграция данных представляет собой процесс объединения разнообразных источников информации с целью создания более полной и точной картины геологической структуры и, следовательно, углеводородных месторождений. В контексте исследований запасов углеводородов, интеграция становится ключевым этапом, обеспечивая комплексный и многоплановый анализ данных.

Интеграция различных геофизических методов позволяет лучше понять структуру земной коры. Например, совмещение данных сейсмической томографии, гравиметрии и

магнитометрии может предоставить геологам более полное представление о распределении горных пород, плотности и магнитных свойствах, что важно для точной оценки потенциальных месторождений углеводородов.

Спутниковые данные, также, играют важную роль в интеграции. Их возможность предоставлять информацию о поверхностных изменениях, климатических условиях, и составе почвы сопрягается с результатами геофизических исследований. Интеграция этих данных помогает создать более полную картину геологической среды и определить области, где вероятно наличие углеводородов.

Оценка запасов углеводородов является заключительным этапом, где все собранные и интегрированные данные используются для количественной оценки объемов ресурсов. Моделирование и анализ геологических характеристик позволяют более точно определить размеры и качество месторождений.

Новые методы исследования запасов углеводородов открывают перед энергетической индустрией увлекательные горизонты. С использованием передовых технологий геофизики, анализа спутниковых данных и машинного обучения, ученые и инженеры стремятся не только повысить точность оценки запасов, но и сделать добычу углеводородов более устойчивой и эффективной. Это направление исследований обещает революцию в сфере энергетики, обеспечивая устойчивое будущее для мировой энергетики.

\*\*\*

1. Дахнов В. Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород / В. Н. Дахнов. – М.: Недра, 1975. – 343 с.
2. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин / В. Н. Дахнов. – М.: Недра, 1982. – 448 с.
3. Дементьев Л. Ф. Системные исследования в нефтегазопромысловой геологии / Л. Ф. Дементьев. – М.: Недра, 1988. – 204 с.
4. Кузнецов Г. С. Геофизические методы контроля разработки нефтяных и газовых месторождений / Г. С. Кузнецов, Е. И. Леонтьев, Р. А. Резванов. – М.: Недра, 1991. – 223 с.
5. Решение геологических задач на персональном компьютере с помощью программного комплекса KVNGIS: учебно-метод. пособие по выполнению лаборат. работ / сост. В. Н. Косков; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2003. – 22 с.

**Моисеев С.А.**

### **Подводные хранилища природного газа**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-602

#### **Аннотация**

Статья рассматривает важный аспект современной энергетики, а именно, использование подводных месторождений как ключевого резервуара для хранения природного газа. В ней исследуют технологии, применяемые в создании и эксплуатации подводных газовых хранилищ, а также обсуждают их эффективность, экологические аспекты и перспективы развития. Статья включает в себя анализ современных тенденций в области подводных технологий и предоставляет читателям углубленное понимание важности подводных хранилищ природного газа в контексте обеспечения энергетической устойчивости и экологической устойчивости на глобальном уровне.

**Ключевые слова:** газ, газопровод, подземные хранилища газа, подводные хранилища природного газа.

#### **Abstract**

The article examines an important aspect of modern energy, namely, the use of underwater fields as a key reservoir for storing natural gas. It examines the technologies used in the creation and

operation of underwater gas storage facilities, and also discusses their efficiency, environmental aspects and development prospects. The article includes an analysis of current trends in subsea technology and provides readers with an in-depth understanding of the importance of subsea natural gas storage in the context of achieving energy and environmental sustainability at the global level.

**Keywords:** gas, gas pipeline, underground gas storage facilities, underwater natural gas storage facilities.

С ростом мирового населения и увеличением потребления энергии становится ясным, что поиск инновационных методов добычи и хранения энергоресурсов является неотъемлемой частью стратегии обеспечения энергетической устойчивости. В этом контексте подводные хранилища природного газа привлекают все большее внимание как перспективное решение, способное эффективно сочетать потребности общества в энергии с требованиями экологической безопасности.

Технологии и методы создания подводных хранилищ природного газа.

Создание подводных хранилищ требует интеграции разнообразных технологий. Инженеры используют передовые методы геофизических исследований, таких как сейсмические исследования, для точного определения подводных структур и определения оптимальных месторождений. Специализированные платформы разрабатываются для обеспечения стабильности и безопасности на глубине океана. Роботизированные системы применяются для строительства, обслуживания и мониторинга этих хранилищ. Это включает в себя подводные дроны и автономные устройства, обеспечивающие необходимую точность и безопасность в условиях высокого давления и низких температур.

Для обеспечения стабильности и безопасности в условиях океанской глубины инженеры разрабатывают специализированные платформы. Эти структуры должны выдерживать высокие давление и суровые климатические условия на глубине океана. Строительство таких платформ представляет собой инженерный вызов, требующий инновационных материалов и конструкций для обеспечения надежности, и устойчивости на протяжении всего срока службы.

Эффективность и устойчивость подводных хранилищ.

Эффективность подводных хранилищ природного газа возникает из их способности адаптироваться к уникальным условиям подводного окружения. Газ, который поступает в эти хранилища, подвергается высокому давлению и низкой температуре, что обусловлено глубиной расположения структур. Эта концентрация давления и низкие температуры позволяют газу претерпевать конденсацию в жидкую форму, создавая таким образом условия для увеличения его энергетической плотности.

Процесс конденсации приводит к увеличению плотности газа, что, в свою очередь, позволяет сохранять больший объем газа в относительно компактных структурах подводных хранилищ. Это не только снижает объем инфраструктуры, необходимой для хранения, но и облегчает транспортировку газа на большие расстояния. Подводные хранилища, таким образом, предоставляют эффективное решение для долгосрочного хранения природного газа, а также обеспечивают возможность поддержания стабильных поставок в периоды повышенного спроса.

Устойчивость подводных хранилищ обеспечивается их глубоким расположением в глубинах океана. Это обеспечивает стабильные термические и давлений условия, что минимизирует воздействие атмосферных факторов, включая изменения погоды и климата. Такая глубокая локализация также снижает риск воздействия на морскую экосистему и обеспечивает безопасное и долгосрочное хранение природного газа, делая подводные хранилища не только эффективными, но и устойчивыми компонентами современной энергетической инфраструктуры.

Экологические аспекты подводных хранилищ.

Одним из ключевых аспектов подводных хранилищ природного газа является их благотворное воздействие на окружающую среду, предоставляя энергетическое решение с

минимальным негативным воздействием. Размещение этих хранилищ на дне океана предоставляет выдающийся уровень экологической эффективности.

Снижение риска утечек газа в атмосферу становится важным аспектом экологической устойчивости. Глубокое расположение хранилищ позволяет минимизировать возможные утечки, которые могли бы возникнуть при расположении на берегу или на морской поверхности. Это не только уменьшает потенциальные вредные воздействия на атмосферу, но также сокращает риск для человеческого здоровья и морской экосистемы.

Интегрированные системы мониторинга играют ключевую роль в обеспечении экологической безопасности подводных хранилищ. Постоянное отслеживание состояния структур и окружающей среды позволяет оперативно реагировать на любые потенциальные проблемы. Эти системы обеспечивают высокий уровень контроля за состоянием хранилищ, что способствует предотвращению возможных угроз для морской среды.

Таким образом, подводные хранилища природного газа становятся экологически ответственным решением, которое сочетает в себе необходимость обеспечения энергетических потребностей с устойчивостью и уважением к морской среде.

Перспективы развития подводных хранилищ.

С углублением исследований и постоянным расширением технологических границ открываются многообещающие перспективы для развития подводных хранилищ природного газа, ставших неотъемлемой частью энергетического ландшафта будущего.

Первый стратегический аспект – поиск новых месторождений. Современные методы геофизических исследований и технологии разведки позволяют более точно определять потенциально пригодные области для создания подводных хранилищ. Это включает в себя использование передовых средств обнаружения, таких как сейсмические исследования и современные алгоритмы обработки данных, чтобы выявить новые резервуары природного газа на дне океана.

Второй аспект – оптимизация процессов строительства и обслуживания. Разработка более эффективных и надежных технологий строительства подводных структур, а также инновационных методов поддержания и обслуживания этих хранилищ, играет ключевую роль в обеспечении их долгосрочной эффективности. Это включает в себя использование автономных роботов и дронов для оперативного реагирования на любые технические проблемы или потребности в обслуживании, минимизируя человеческое воздействие и повышая общую эффективность эксплуатации.

Третий аспект – улучшение методов контроля и мониторинга. Развитие передовых систем мониторинга, включая датчики, удаленные системы слежения и искусственный интеллект для анализа данных, предоставляет непрерывный контроль за состоянием подводных хранилищ. Это не только обеспечивает безопасность эксплуатации, но и улучшает общую эффективность и экологическую стойкость этих структур.

Подводные хранилища природного газа представляют собой не только технологический прорыв, но и стратегическое решение для энергетического сектора. Их внедрение и развитие требует комплексного подхода, объединяя инженерные инновации, экологическую ответственность и стратегическое видение для обеспечения устойчивости, и сохранения окружающей среды.

\*\*\*

1. Ширковский А. И. Подземное хранение газа. – М., 1960. – 75 с.
2. Коротяев Ю. П., Ширковский А. И. Добыча, транспорт и подземное хранение газа. – М., 1984. – 288 с.
3. ПБ 08-621-03. Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в пористых пластах. Серия 08. Выпуск 11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294816/4294816718.pdf>.
4. Нагорный В. П., Глоба В. М., Подземные хранилища углеводородов. – Киев, 2014. – 287 с.
5. Сидоренко М. В. Подземное хранение газа. – М., 1965. – 140 с.
6. Смирнов В. И. Строительство подземных газонефтехранилищ. – М., 2000. – 249 с.
7. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа / О. М. Ермилов [и др.]. – М., 1996. – 541 с.

**Моисеев С.А.****Развитие технологий добычи сланцевого газа и сланцевой нефти***Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-603

**Аннотация**

Статья рассматривает актуальные тенденции и инновации в области добычи углеводородов из сланцевых отложений. Авторы анализируют современные методы и технологии, применяемые в процессе извлечения сланцевого газа и сланцевой нефти, выявляя их влияние на экономическую эффективность и экологическую устойчивость. В статье также рассматриваются проблемы и вызовы, связанные с этим видом добычи, а также предлагаются возможные пути и стратегии их решения. Подчеркивается важность поиска баланса между растущим спросом на энергию и необходимостью устойчивого управления природными ресурсами в контексте развития технологий добычи сланцевого газа и сланцевой нефти.

**Ключевые слова:** добыча, сланцевая нефть, сланцевый газ, экологические проблемы, экономические аспекты.

**Abstract**

The article examines current trends and innovations in the field of hydrocarbon production from shale deposits. The authors analyze modern methods and technologies used in the process of extracting shale gas and shale oil, identifying their impact on economic efficiency and environmental sustainability. The article also discusses the problems and challenges associated with this type of mining, and suggests possible ways and strategies to solve them. The importance of finding a balance between growing energy demand and the need for sustainable management of natural resources in the context of the development of shale gas and shale oil technologies is emphasized.

**Keywords:** production, shale oil, shale gas, environmental issues, economic aspects.

В последние десятилетия активно развивающиеся технологии добычи сланцевого газа и сланцевой нефти стали ключевым фактором в энергетическом секторе. Эти инновационные методы добычи предоставляют значительные резервы углеводородов, ранее считавшихся недоступными. В данной статье мы рассмотрим актуальные тенденции в развитии технологий добычи сланцевого газа и сланцевой нефти, а также выявим основные перспективы и вызовы, сопровождающие этот процесс.

Технологические инновации.

Технологические инновации в добыче сланцевого газа и сланцевой нефти сосредотачиваются на повышении эффективности и увеличении объемов добычи углеводородов из сланцевых отложений.

Горизонтальное бурение представляет собой метод, при котором скважина прокладывается вдоль сланцевого слоя на большие расстояния. Это позволяет максимально охватывать площадь сланцевого образования и увеличивает общий объем добываемых углеводородов. Такой подход существенно повышает производительность скважин.

Гидроразрыв является ключевым технологическим компонентом, позволяющим улучшить проницаемость сланцевых пород. В процессе гидроразрыва в специально подготовленные скважины вводят воду, песок и химические добавки под высоким давлением. Это создает трещины в сланцевых породах, обеспечивая путь для выхода газа и нефти.

Продвинутые технологии мониторинга позволяют операторам в реальном времени контролировать процессы добычи, что способствует оптимизации и предотвращению потенциальных проблем. Автоматизированные системы и датчики обеспечивают точную оценку параметров, таких как давление, температура и состав продукции.

Исследования направлены на разработку новых материалов и химических растворов, которые могут повысить эффективность гидроразрыва и уменьшить его окружающее воздействие. Это включает в себя разработку химических добавок, которые могут улучшить проницаемость пород и снизить необходимость в больших объемах воды.

Экономическая эффективность.

Экономическая эффективность добычи сланцевого газа и сланцевой нефти представляет собой сложный баланс между затратами на технологии и выгодой от увеличения объемов добычи углеводородов.

Применение технологии гидроразрыва требует значительных инвестиций в оборудование, химические реагенты и воду. Эти затраты могут существенно влиять на общую экономическую эффективность проекта, особенно при низких ценах на углеводороды.

Одним из ключевых аспектов, влияющих на экономику, является управление водными ресурсами. Процессы обработки и утилизации воды, используемой при гидроразрыве, могут повысить экологическую устойчивость, но также могут увеличить операционные расходы.

Экономическая эффективность сильно зависит от текущих рыночных условий и цен на энергоносители. Перепады в ценах на нефть и газ могут существенно влиять на прибыльность проектов добычи сланцевых углеводородов.

Экономическая эффективность может быть улучшена путем оптимизации производственных процессов. Это включает в себя улучшение технологий добычи, повышение эффективности бурения и гидроразрыва, а также снижение времени простоя скважин.

Экологические аспекты.

Экологические вопросы, связанные с добычей сланцевого газа и сланцевой нефти, становятся все более значимыми в контексте устойчивого развития энергетической отрасли. Ниже рассматриваются ключевые аспекты и проблемы, с которыми сталкиваются экология и добыча углеводородов из сланцевых отложений.

Процесс гидроразрыва может вызывать беспокойство из-за потенциального загрязнения подземных вод химическими реагентами, используемыми в процессе. Возможные перебросы и утечки могут привести к негативным последствиям для экосистем водных ресурсов.

Добыча сланцевых углеводородов может сопровождаться выбросами метана, который является парниковым газом с более высокой потенциальной климатической активностью по сравнению с углекислым газом. Контроль и снижение этих выбросов становятся ключевыми задачами для уменьшения экологического воздействия.

Развитие инфраструктуры для добычи может привести к разрушению природных экосистем и утрате биоразнообразия. Земельные ресурсы, включая леса и прибрежные зоны, подвергаются риску, что требует сбалансированного подхода к использованию земель.

Обработка отходов, включая твердые отходы и воду, использованную в процессе добычи, представляет сложную задачу. Несоблюдение норм экологической безопасности может привести к ухудшению качества почвы и водных систем.

Процессы, связанные с гидроразрывом, могут быть связаны с повышением сейсмической активности. Это может вызывать беспокойство среди сообществ, проживающих в близлежащих районах, и потребовать строгого контроля и мониторинга.

Экологические вопросы часто связаны с социальным принятием проектов. Соблюдение экологических стандартов и участие сообществ в принятии решений становятся ключевыми факторами в обеспечении легитимности деятельности в данной области.

Регулирование и социальное принятие.

Развитие отрасли также встает перед вопросами регулирования и социального принятия. Необходимость баланса между экономическими выгодами и учетом интересов общества подчеркивает важность участия сообщества, разработки прозрачных нормативов и строгого контроля со стороны властей.

Потенциал для инноваций.

Развитие технологий добычи сланцевого газа и сланцевой нефти открывает перспективы для дальнейших инноваций, направленных на улучшение эффективности, снижение экологического воздействия и повышение устойчивости этого процесса.

Исследования новых методов гидроразрыва направлены на повышение эффективности процесса и снижение его воздействия на окружающую среду. Это включает в себя разработку более эффективных химических реагентов, альтернативных жидкостей и оптимизацию параметров впрыска.

Инновации в области обработки и утилизации отходов могут снизить экологическое воздействие добычи сланцевых углеводородов. Развитие эффективных методов очистки промышленных стоков и утилизации твердых отходов способствует улучшению устойчивости производственных процессов.

Исследования в области альтернативных энергетических решений могут способствовать уменьшению зависимости от сланцевых углеводородов. Развитие и внедрение возобновляемых источников энергии, а также технологий энергосбережения, помогут сократить потребность в сланцевом газе и нефти.

Инновации в области методов мониторинга позволяют более точно следить за процессами добычи и контролировать возможные экологические риски. Внедрение датчиков, дистанционного зондирования и технологий мониторинга в реальном времени может повысить эффективность промышленных операций.

Инновации в области использования водных ресурсов могут снизить общее потребление воды в процессах гидроразрыва. Это может включать в себя разработку технологий для повторного использования и очистки воды, а также альтернативные методы, которые требуют меньше воды.

Инновационные системы отслеживания и прогнозирования могут помочь предотвращать аварии и улучшать безопасность добычи. Это включает в себя использование искусственного интеллекта, аналитики данных и автоматизированных систем управления.

Инновации в области стратегий восстановления природной среды могут включать в себя разработку методов восстановления ландшафта, обеспечивая восстановление биоразнообразия и улучшение экологической устойчивости.

Потенциал для инноваций в добыче сланцевого газа и сланцевой нефти предоставляет возможность создания более эффективных, экологически устойчивых и социально ответственных методов добычи углеводородов. Ключевым фактором является постоянное внимание к исследованиям и разработкам, направленным на улучшение отрасли в целом.

Развитие технологий добычи сланцевого газа и сланцевой нефти предоставляет энергетическому сектору новые возможности, но требует внимательного регулирования, инноваций и учета экологических аспектов. Переход к устойчивым методам добычи станет ключевым фактором для обеспечения энергетической безопасности в будущем.

\*\*\*

1. Жильцов, С.С. Сланцевый газ / С.С. Жильцов, В.Е. Григорьянц, А.В. Ишин. – Издательство «Таврия», 2012 – 136 с.
2. Калинин, М.К. Тайны образования нефти и горючих сланцев / М.К. Калинин. – М., 1981. – 191 с.
3. Макарова, А.А. Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 г. / А.А. Макарова, Л.М. Григорьева. – М. : ИНЭИ РАН, РЭА, 2012.
4. Стрижакова, Ю.А. Развитие и совершенствование переработки горючих сланцев с получением химических продуктов и компонентов моторных топлив : автореф. дис... д-ра техн. наук / Стрижакова Юлия Александровна. – Уфа, 2011. – 48 с.

**Моисеев С.А.**

### **Экологические проблемы нефтяной промышленности и пути их решения**

*Дальневосточный Федеральный университет  
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-604

#### **Аннотация**

Статья представляет собой обзор текущего состояния экологических аспектов, связанных с нефтяной промышленностью, а также предлагает практические пути решения этих проблем. В статье рассматриваются основные экологические вызовы, порождаемые нефтедобычей, транспортировкой и переработкой нефти, а также оцениваются их воздействие

на природную среду и человеческое здоровье. Авторы анализируют существующие технологии и инновационные подходы, направленные на снижение негативного воздействия нефтяной промышленности на окружающую среду. Результаты исследования могут быть полезными для формирования стратегий устойчивого развития нефтегазового сектора, а также для принятия эффективных мер по сокращению экологического следа этой отрасли.

**Ключевые слова:** экология, защита окружающей среды, нефть, нефтепродукты, нефтяная промышленность, экологические проблемы.

### Abstract

The article provides an overview of the current state of environmental aspects associated with the petroleum industry, and also suggests practical solutions to these problems. The article examines the main environmental challenges generated by oil production, transportation and oil refining, and also assesses their impact on the natural environment and human health. The authors analyze existing technologies and innovative approaches aimed at reducing the negative impact of the oil industry on the environment. The results of the study can be useful for formulating strategies for sustainable development of the oil and gas sector, as well as for taking effective measures to reduce the environmental footprint of this industry.

**Keywords:** ecology, environmental protection, oil, oil products, oil industry, environmental problems.

Нефтяная промышленность, несомненно, играет ключевую роль в мировой экономике, обеспечивая энергией и сырьем различные отрасли. Однако, несмотря на ее важность, существует темная сторона этого промысла — экологические проблемы, которые могут оказывать серьезное воздействие на природу и человечество в целом.

*Экологические проблемы:*

Нефтедобыча и разливы.

Нефтедобыча является ключевым этапом в цепочке нефтяной промышленности, но сопровождается ряд серьезных экологических проблем.

В процессе нефтедобычи часто происходят аварии и утечки, что приводит к загрязнению почвы и водных ресурсов. Нефтяные вещества могут проникнуть в почву, оказывая токсичное воздействие на растительный и животный мир. В случае разлива в водные бассейны, это может вызвать гибель рыбы и других водных организмов.

Нефтяные разливы могут привести к сокращению биоразнообразия, поскольку они могут вызвать гибель редких видов растений и животных. Экосистемы, подвергшиеся воздействию нефтяных загрязнений, могут восстанавливаться десятилетиями.

Выбросы парниковых газов.

Нефтяная промышленность является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, что оказывает существенное воздействие на климат и окружающую среду.

Выбросы углекислого газа и метана из нефтяных процессов усиливают парниковый эффект, что приводит к глобальному потеплению. Это, в свою очередь, вызывает изменения в климатических условиях, включая учащение экстремальных погодных явлений.

Помимо влияния на климат, парниковые газы могут оказывать прямое воздействие на здоровье людей. Например, метан является токсичным газом, который может представлять опасность для здоровья при высоких концентрациях в атмосфере.

Транспортировка и переработка.

Процессы транспортировки и переработки нефти также вносят свой вклад в экологические проблемы.

Транспортировка нефти сопряжена с риском аварий и разливов, особенно при использовании морских танкеров или трубопроводов. Это может привести к катастрофическим последствиям для прибрежных зон и морских экосистем.

Процессы переработки нефти, такие как крекинг и дистилляция, могут сопровождаться выбросами вредных веществ в атмосферу. Эти вещества включают в себя оксиды азота, серы и



тяжелые металлы, которые могут быть опасными для окружающей среды и человеческого здоровья.

Экологические проблемы, связанные с нефтяной промышленностью, требуют серьезного внимания и принятия эффективных мер для минимизации их воздействия. Современные технологии, строгие нормативы, переход к возобновляемым источникам энергии и активное вовлечение общества могут способствовать устойчивому развитию этой отрасли и сохранению окружающей среды.

*Пути решения:*

Инновации в технологиях добычи.

Развитие и внедрение современных технологий добычи нефти могут существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Применение технологий, таких как инновационные методы чистой добычи, включая экологически безопасные методы гидравлического разрыва (гидрофрэнч) и бурение с применением безопасных для окружающей среды флюидов, может снизить риск загрязнения водных и почвенных ресурсов.

Продвинутое методы реинъекции отходов обратно в землю могут уменьшить объем отходов и предотвратить утечки в окружающую среду.

Переход к возобновляемым источникам энергии.

Один из наиболее эффективных способов снижения экологического воздействия нефтяной промышленности — постепенный переход к возобновляемым источникам энергии.

Инвестиции в разработку и расширение возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, помогут снизить зависимость от нефти и уменьшить выбросы парниковых газов.

Развитие технологий хранения энергии поможет сделать возобновляемые источники более надежными и конкурентоспособными.

Строгие нормативы и контроль.

Введение и строгое соблюдение нормативов по охране окружающей среды в нефтяной промышленности является неотъемлемой частью устранения экологических проблем.

Разработка и внедрение строгих норм безопасности на всех этапах добычи, транспортировки и переработки нефти помогут предотвратить аварии и разливы.

Эффективный мониторинг и контроль за выбросами вредных веществ в атмосферу помогут предотвратить загрязнение воздуха.

Обучение и образование.

Осведомленность и образование играют ключевую роль в создании культуры ответственности в нефтяной промышленности.

Обучение работников по принципам устойчивого развития и соблюдению экологических стандартов способствует формированию экологически ответственной рабочей силы.

Введение образовательных программ, освещающих проблемы окружающей среды и пути их решения, может повысить экологическую грамотность общества.

В целом, сочетание технологических инноваций, перехода к возобновляемым источникам энергии, строгих нормативов и образования представляет собой комплексный подход к решению экологических проблем, связанных с нефтяной промышленностью. Он не только способен снизить воздействие этой отрасли на окружающую среду, но и способствовать устойчивому и ответственному развитию энергетического сектора.

Эффективное решение экологических проблем, связанных с нефтяной промышленностью, требует комплексного подхода и совместных усилий со стороны правительств, компаний и общества. Инновации, переход к возобновляемым источникам

энергии, строгие нормативы и образование — вот ключевые инструменты, способные сделать нефтяную промышленность более экологически устойчивой и ответственной.

\*\*\*

1. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды»
2. «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
3. О.В. Газизова, А.Р. Галеева. Вестник Казанского технологического университета: Т.15. № 21; М-во образ. и науки России, Казан.нац.исслед.технол.ун-т.- Казань: Изд-во КНИТУ, 2012.- с. 177.
4. А.А. Абросимов. Экология переработки углеводородных систем. – М.:Химия, 2002. – 608 с.
5. А.В.Аксютин. Научно-технический совет ЗАО «Глоботэк», г. Тольятти. Проблемы и перспективы использования нефтяного попутного газа в России.
6. С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. – М.:РУДН, 2004. – 163 с.
7. О.В. Газизова, А.Р. Галеева. Вестник Казанского технологического университета. № 12; М-во образ. и науки России, Казан.нац.исслед.технол.ун-т.- Казань: Изд-во КНИТУ, 2011. - с. 189-195.

**Мотигуллин Т.А., Борисова О.В.**

**Повышение эффективности и удобства системы управления котлами путем автоматизации**

*Казанский государственный энергетический университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-605

**Аннотация**

В статье рассмотрено повышение эффективности и удобства системы управления котлами путем автоматизации. Описаны контролируемые параметры системы, возможности автоматизации и влияние каждого параметра на систему. Актуальность работы заключается в повышении эффективности, удобства работы, снижении затрат на энергию и обслуживание, а также улучшении контроля и безопасности работы котлов.

**Ключевые слова:** управление, автоматизация, котёл, эффективность, безопасность, удобство, контроль, система.

**Abstract**

The article discusses increasing the efficiency and convenience of the boiler control system through automation. The controlled parameters of the system, automation capabilities and the influence of each parameter on the system are described. The relevance of the work is to increase efficiency, ease of operation, reduce energy and maintenance costs, as well as improve control and safety of boilers.

**Keywords:** management, automation, boiler, efficiency, safety, convenience, control, system.

Современные технологии и автоматизация играют все более важную роль в нашей жизни, проникая в различные сферы деятельности. Одной из таких сфер является система управления котлами.

Котлы широко используются для обогрева помещений и обеспечения горячей воды в жилых домах, офисах, промышленных объектах и других сооружениях [1]. Однако, в процессе их эксплуатации возникают определенные сложности, связанные с контролем и регулированием параметров работы котлов.

Традиционно, управление котлами осуществлялось вручную, что требовало постоянного присутствия человека и могло приводить к ошибкам или неоптимальному использованию ресурсов. Однако, с развитием автоматических систем управления, возможности повышения эффективности и удобства работы с котлами значительно расширились.

Автоматизация системы управления котлами позволяет осуществлять контроль и регулировку основных параметров работы котлов, таких как температура, давление и расход горючего, с использованием специализированного программного обеспечения и датчиков [2].

Это позволяет достичь оптимальной работы котлов, увеличить их эффективность и снизить затраты на энергию [3].

Автоматизируя процесс управления котлом, необходимо осуществлять контроль и управление таких параметров как:

- подача приточного воздуха в топку котла для поддержания горения;
- подача топлива в топку котла;
- горение в топке котла;
- разрежение в топке котла;
- подача питательной воды в барабан котла;
- уровень в барабане котла;
- давление в барабане котла;
- температура пара на выходе из котла;
- удаление дымовых газов.

Все перечисленные выше параметры необходимы для качественной и стабильной работы системы управления котлом, ведь от каждого параметра будет зависеть эффективность работы котла, его надежность и безопасность.

Подача приточного воздуха в топку котла для поддержания горения является одним из ключевых параметров. Недостаточное количество воздуха может привести к неполному сгоранию топлива, что повлечет за собой низкую эффективность и повышенное содержание вредных выбросов. С другой стороны, избыточное количество воздуха может привести к потере энергии и повышенным выбросам оксидов азота.

Для подачи приточного воздуха в топку котла необходимо осуществлять управление приточным вентилятором, с помощью магнитного пускателя, который приводит в рабочее состояние сигнал, поступающий с программируемого логического контроллера (ПЛК). Помимо магнитного пускателя можно использовать частотный преобразователь, задача которого состоит в том, чтобы изменять частоту вращения электропривода вентилятора для регулирования подачи воздуха в топку котла.

Контроль подачи приточного воздуха можно осуществить с помощью датчика давления в вентиляционной шахте.

Подача топлива в топку котла также играет важную роль. Неконтролируемое количество топлива может привести к перегреву или пониженной эффективности [4]. При автоматизации управления котлом необходимо регулировать подачу топлива в соответствии с требуемой нагрузкой и условиями эксплуатации.

Регулирование подачи топлива в большинстве случаев осуществляется с помощью регулирующего клапана. Контроллер подает сигнал на открытие или закрытие клапана, тем самым регулируется подача топлива в топку котла.

С помощью датчика давления или расходомера имеется возможность вести контроль за данным процессом и производить определенные действия.

Горение в топке котла должно быть стабильным и полным. Недостаточное горение может привести к образованию угарного газа, а избыточное горение может вызвать повышенное образование оксидов азота и других вредных выбросов.

Горение поддерживается с помощью горелок, процесс горения контролируется с помощью датчика пламени.

Разрежение в топке котла контролируется для поддержания оптимальной тяги и улавливания продуктов сгорания. Это также обеспечивает безопасность работы котла, предотвращая обратный поток газов. Для контроля разрежения внутри топки котла устанавливается датчик давления-разрежения.

Подача питательной воды в барабан котла необходима для поддержания требуемого уровня воды и предотвращения перегрева. Автоматизация этого процесса позволяет точно регулировать подачу воды в зависимости от нагрузки и потребностей системы.

Регулирование подачи питательной воды происходит с помощью питательных насосов. Питательный насос может подключен как к магнитному пускателю, так и к частотному преобразователю, в зависимости от требуемых параметров. Управление питательным насосом осуществляется с ПЛК, который подает определенный сигнал в зависимости от параметров системы.

Уровень в барабане котла также критичен для безопасности и эффективности работы. Недостаточный уровень воды может привести к перегреву, а избыточный уровень может привести к неправильной работе системы. Уровень контролируется с помощью датчика уровня, посылающий сигнал на ПЛК, который в свою очередь может запустить тот же самый питательный насос для поддержания уровня воды в барабане котла.

Давление в барабане котла контролируется для обеспечения безопасности и предотвращения возможных аварийных ситуаций с помощью датчика давления.

Температура пара на выходе из котла также является важным параметром. Она должна поддерживаться на оптимальном уровне для обеспечения требуемой мощности и эффективности работы системы. С помощью датчика температуры имеется возможность контролировать данный параметр.

Удаление дымовых газов из котла осуществляется с помощью дымососа, который управляется с ПЛК путем подачи определенного сигнала в зависимости от параметров системы.

Таким образом, автоматизация управления котлом и контроль всех перечисленных параметров позволяет обеспечить стабильную работу, повысить эффективность и безопасность, а также снизить вредные выбросы и расход топлива [5].

Кроме того, автоматизация системы управления котлами позволяет осуществлять мониторинг и диагностику состояния котлов, предупреждая о возможных поломках и неисправностях. Таким образом, можно своевременно проводить профилактические работы и устранять проблемы до их серьезного повреждения или поломки котла. Наконец, автоматизация системы управления котлами значительно упрощает процесс работы и обслуживания.

Таким образом, автоматизация системы управления котлами позволяет повысить эффективность и удобство работы, снизить затраты на энергию и обслуживание, а также улучшить контроль и безопасность работы котлов. Это делает автоматизацию системы управления котлами необходимой и перспективной технологией для современных зданий и сооружений.

\*\*\*

1. Сидельский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий // Энергоатомиздат. М., 1988. С. 528.
2. Резников М.И., Липов Ю.М. Котельные установки электростанций. // Энергоатомиздат. М., 1987. С. 283.
3. Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. // НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Ижевск, 2003. С. 592.
4. Брюханов О.Н. Газифицированные котельные агрегаты. // ИНФРА-М. М., 2005. С. 392.
5. Баязитов З.И., Повышение теплообмена котельного оборудования при реконструкции водогрейной котельной // Актуальные вопросы общества, науки и образования. Пенза, 2023. С. 9-11.

**Нескордеев В.А.**

**Модифицированный битум с кубовыми остатками при производстве анилина (асд)**

*ЧГУ им. Ульянова  
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-606

#### **Аннотация**

Проведено исследование по приготовлению и разработке модифицированного вяжущего на основе использования кубовых остатков (АсД) при производстве анилина, разработана технология изготовления модифицированного битума, а также, рассмотрена возможность

использования модифицированного битума для изготовления горячего щебеночного асфальтобетона типа Б с отходами дробления известняков (ОДИ) из местных месторождений Чувашской Республики путем замены минерального порошка, дробленого песка на ОДИ. Проведены предварительные испытания. Рассмотрены количественные и качественные показатели в лабораторных и производственных условиях к асфальтобетонам типа Б, которые полностью соответствуют требованиям действующего ГОСТ 9128-13 "Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов". Применение конструкционного материала для покрытия дорожной одежды лесовозных автомобильных дорог и дорог общего назначения, обеспечивает снижение расхода, вяжущего и себестоимости асфальтобетонной смеси путем замены минерального порошка, дробленого песка ОДИ из местных месторождений и применение местной добавки с химического завода.

**Ключевые слова:** битум, кубовые остатки анилина АсД гидрофобность, гидрофильность, гидратация, коагуляция, тонко дисперсность

### Abstract

The research has been done to prepare and develop a modified binder based on still bottoms (AsD) remaining from aniline production; a technology has been developed to manufacture modified bitumen, and a possibility has been considered to use modified bitumen to make type B hot macadam bituminous concrete with lime crushing waste (LCW) from local deposits of the Chuvashia Republic, by replacing mineral powder and crushed sand with LCW. Preliminary tests have been completed. Quantitative and qualitative indicators have been studied in laboratory and production conditions for type B bituminous concrete, which fully comply with the latest version of GOST 9128-13 Asphaltic Concrete and polimer Asphaltic Concrete Mixtures, Asphaltic Concrete and Polimer Asphaltic Concrete for Roads and Aerodromes. Using structural materials for road surface dressing of timber roads and common roads provides for reduced binder consumption and low prime cost of the bitumen-concrete mixture by replacing the mineral powder, crushed LCW sand from local deposits and using a local additive from a chemical plant.

**Keywords:** bitumen, still bottoms of aniline AsD, hydrophobicity, hydrophilicity, hydration, coagulation, fine dispersion

Асфальтобетоны, применяемые для строительства покрытий автомобильных дорог, в том числе расположенных в зонах интенсивного перемещения лесоматериалов лесовозными автопоездами имеют сравнительно высокую себестоимость, которая имеет тенденцию постоянно расти. С целью уменьшения дороговизны, рядом ученых разработаны асфальтобетоны, в которых взамен минерального порошка и некоторой части мелкого заполнителя используются отходы дробления известняков (ОДИ). При этом наблюдается возрастание требуемого расхода битума для их приготовления. Известно, что для уменьшения расхода битума и улучшения физико-механических свойств асфальтобетонов (АБ) одним из эффективных путей является способ введения в них небольшого количества различных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В ходе предварительных испытаний выявлено, что небольшие добавки АсД (в количестве 0,5-1,0 % по массе) оказывают положительное влияние на физико-механические свойства битумов: увеличиваются значения сцепления к поверхности минеральных материалов, пенетрации, растяжимости, сопротивляемости старению при высоких температурах температура размягчения увеличивается, и температура хрупкости также увеличивается при отрицательной температуре. Поэтому в настоящее время поиск недорогих веществ из числа местных источников, в частности среди отходов и побочных продуктов местной промышленности, пригодных для применения в качестве активирующих, является актуальной задачей. В ходе патентного поиска и предварительного изучения известных характеристик выявлено, что на Новочебоксарском химическом заводе Чувашской Республики вырабатываются кубовые остатки при производстве анилина (АсД), которые могут быть

исследованы в качестве модифицирующей добавки в асфальтобетоны. Разработан способ и технология получения модифицированного горячего щебеночного асфальтобетона с отходами дробления известняков со сниженным расходом битума и себестоимостью для покрытий лесовозных автомобильных дорог, отличающаяся тем, что впервые экспериментально и теоретически обоснована возможность использования отходов дробления известняков (ОДИ) из местных месторождений и химической промышленности Чувашской Республики – кубовых остатков производства анилина (АсД), для модифицирования горячей щебеночной асфальтобетонной смеси и доказана возможность снижения требуемого расхода битума для её приготовления и себестоимости асфальтобетона, впервые установлены основные физико-механические свойства модифицированного АсД горячего щебеночного асфальтобетона с отходами дробления известняков разработанного нового состава, с оценкой его количественных и качественных показателей в лабораторных и производственных условиях – они полностью соответствуют требованиям действующего ГОСТ 9128-13 "Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов" к асфальтобетонам типа Б, впервые исследованы процессы старения модифицированного асфальтобетона с ОДИ во времени при высоких температурах по новой методике, отличающейся простотой, использованием для оценки безразмерных показателей и возможностью использования имеющихся в действующих строительных лабораториях типового оборудования и приборов, впервые разработана, и проверена в эксплуатационных условиях конструкция покрытия дорожной одежды автомобильной дороги из нового материала и установлены особенности технологий производства и укладки модифицированной горячей щебеночной асфальтобетонной смеси с ОДИ типа Б, которые приготавливаются в серийно выпускаемых асфальтобетонных установках и укладываются имеющимся в дорожных организациях комплектом машин.

Целью исследований является изучение влияния добавок АсД на физико-механические свойства битума марки БНД 90/130 физико-механические свойства. Взятые к изучению составы образцов приведены в таблицы 1. Испытание образцов битума проводятся по стандартным методикам: ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы. Методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 9 с. ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные/ Метод определения растяжимости. Методы испытаний/Госстандарт СССР. М.: Изд-во стандартов, 1993. – 5 с., ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 8 с., ГОСТ 11507-78. Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу. Методы испытаний / Госстандарт СССР. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 9 с., ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия / Госстандарт СССР. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 9 с.].

Таблица 1

Составы битума с добавками АсД, взятые (намеченные) к испытаниям

№№ n/n	Варианты составов вяжущего	Расход битума, % от массы минеральной части АБ	Расход добавки АсД, % от массы битума	Примечание
	Вариант 1. Битум БНД 90/130	100	0	1. Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 90/130. из ОАО "ЛУКОЙЛ" "Нижегороднефтеорг з - синтез" 2. АсД
	Вариант 2. Битум БНД 90/130 + кубовые остатки анилина	100	0,5	
	Вариант 3. Битум БНД 90/130 + кубовые остатки анилина	100	1,0	
	Вариант 4. Битум БНД 90/130 + кубовые остатки анилина	100	1,5	

Вариант 5. Битум БНД 90/130 + кубовые остатки анилина	100	2,0
Вариант 6. Битум БНД 90/130 + кубовые остатки анилина	100	2,5
Вариант 7. Битум БНД 90/130 + кубовые остатки анилина	100	3,0

Таблица 2

## Результаты испытания образцов битума при добавлении АсД

Наименование показателей битума	Величины показателей битума вязкого БНД 90/130 при добавлении АсД, % масс.							
	ГОСТ 22245	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при температуре °С: +25 ±0	91-130 не менее 28	102 31	106 30	111 31	116 31	117 30	123 28	129 28
2. Растяжимость при температуре, °С: +25 ±0	65 4,0	74 4,2	72 4,3	70 4,3	70 4,3	69 4,2	67 4,1	66 4,0
3. Температура размягчения, °С	Не ниже 43	46,0	46,0	47,2	47,0	46,0	45,0	43,0
4. Температура хрупкости, °С	Не выше -17	-17	-18	-19	-19	-18	-17	-16
5. Температуры вспышки, °	Не ниже +230	275	270	275	275	265	265	268
6. Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	Не более 5	4,5	4,5	4,3	4,3	4,5	4,7	4,8
7. Индекс пенетрации	От -1,0 до +1,0	-0,5	-0,3	+0,2	+0,2	0,0	-0,1	-0,6

Как видно из таблицы 2, небольшое количество добавки АсД влияет на физико-механические характеристики битума БНД 90/130. Анализ результатов испытаний показывает, что при введении добавки АсД вязкость битума уменьшается. Однако, в то же время при содержании добавки в количестве 1,0 % происходит увеличение температуры размягчения на 1 градус и понижение температуры хрупкости на 2 градуса. В абсолютных значениях это соответствует температуре размягчения  $T_r = +47,2$  о С и температуре хрупкости  $t = -19$  °С.

Одним из перспективных направлений применения модифицированного битума на основе использования кубовых остатков (АсД) при производстве анилина, является использование в качестве вяжущего при изготовлении асфальтобетонных смесей, который применяется в верхних слоях дорожных покрытий.

Кроме того, вышеприведенные исследования можно использовать в области капитального строительства. Применительно, например, при фундировании слабых оснований строящихся зданий и сооружений [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Использование буроинъекционных свай ЭРТ в качестве армирующих элементов усиленного разработанными составами может привести к существенному экономическому эффекту.

В состав работ по приготовлению модифицированного вяжущего на основе кубовых остатков входят следующие операции: предварительный подогрев вязкого битума; введение добавки анилина и битума в установку по приготовлению модифицированного вяжущего; приготовление модифицированного вяжущего [1-7].

Таблица 3

Технологическая схема приготовления модифицированного вяжущего на основе кубовых остатков анилина (АсД)

№ п/п	Рабочие операции	Ед. изм	Источник обосно- вания	Объём работ	Произ води тельн ость	Необходимое кол-во маш.смен			Время работ, ч
						расч.	при н.	к исп.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Подготовка установки к пуску								
2	Разогрев вязкого битума марки БНД 90/130 в котлах битумных стационарных емкостью 15000 л	т	ГЭСН 27 – 10- 003- 1	15	14,88	1,0	2,0	0,5	4
3	Приготовление модифицированного вяжущего на основе анилина (ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия / Госстандарт СССР. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 9 с.)	т	ГЭСН 27 – 10- 003- 1	15	32,19	0,37	1	0,37	2,96

Расчеты к технологической карте по приготовлению модифицированного вяжущего на основе АсД. Подготовка установки к пуску.

1. Определение производительности битумных котлов емкостью 15000 л

Производительность котла (ГЭСН 27-10-003-1)

$$P_{б.у.} = \frac{T_{см} \times I}{H_{вр}} = \frac{8 \cdot 100}{53,76} = 14,88 \text{ м / см}$$

Объем работ - 15т;

Количество машиносмен равно

$$M_{см} = \frac{Q}{P} = \frac{15,0}{14,88} = 1,0 \text{ м / см.}$$

$M_{пр} = 1$ ;  $K_i = M_{см} / M_{пр} = 1,0$

Время работы на захватке  $T_{зах} = T_{приг} \cdot K_i = 8 \cdot 1 = 8 \text{ ч.}$



2. Приготовление модифицированного вяжущего в установке  
Производительность установки (ГЭСН 27-10-003-1)

$$P_{\text{установки}} = \frac{T_{\text{см}} \times И}{H_{\text{вр}}} = \frac{8 \cdot 100}{24,85} = 32,19 \text{ т/см.}$$

$$M_{\text{см}} = \frac{Q}{P} = \frac{15,0}{32,19} = 0,37 \text{ м/см.}$$

Количество машиносмен равно

$$M_{\text{пр}} = 1; K_{\text{и}} = M_{\text{см}} / M_{\text{пр}} = 0,37.,$$

$$T_{\text{зах}} = T_{\text{приг}} \cdot K_{\text{и}} = 8 \cdot 0,37 = 2,96 \text{ ч.}$$

Время работы на захватке

Выводы: Результаты исследований показали, что с введением кубовых остатков с производства анилина и заменой дорогостоящего минерального порошка и песка на отходы дробления известняков из местных карьеров, добились снижения расхода дорогостоящего вяжущего. и в то же время увеличения прочностных характеристик в сравнении с ГОСТ 9128-2013 "Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов", а также удешевление нового состава асфальтобетона [1-7].

Внедрение в производство при строительстве экспериментального участка на автомобильной дороге Канаш - Шакулово в Чувашской Республике показали, что работоспособность модифицированного вяжущего кубовыми остатками с производства анилина АсД в составе дорожного покрытия зависит от качества исходных материалов, соблюдения рецептуры, квалификации обслуживающего персонала, соблюдения технологических режимов приготовления и хранения [1-8].

\*\*\*

1. Патент РФ 2503633. Способ получения горячей щебеночной асфальтобетонной смеси с отсевами дробления известняков марки 400 / Салихов М.Г., Малянова Л.И., Иливанов В.Ю. Заявл. 18.11.2011, Оpubл. 10.01.2014. Бюл. № 1.
2. Малянова Л.И. Изучение возможности использования модифицирования дорожных битумов отходами местной химической промышленности Чувашии. Материалы международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспорте комплексе» Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ) и Российской академии транспорта (РАТ) 2013 г. Пермь: ПНИПУ, 2013. с. 267–272.
3. Малянова Л.И., Салихов М.Г. Модифицированные битумы и экспериментальные исследования их физико-механических свойств. В кн.: Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития. Чебоксары: ВФ МАДИ, 2016. с. 155–161.
4. Малянова Л.И. Модифицированный асфальтобетон с отходами дробления известняков в дорожных одеждах // Строительные материалы. 2018. № 6. С. 00-00.
5. Салихов М.Г. Малянова Л.И. Изучение влияния модифицированной добавки на некоторые свойства асфальтобетона с отсевами дробления известняков для покрытий лесовозных дорог. В кн.: Научный журнал «Вестник ПГТУ». Серия «Лес. Экология. Природопользование». - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013.- № 1 (17). С. 64-71.
6. Салихов М.Г., Малянова Л.И. Изучение долговечности модифицированных мелкощебенистых асфальтобетонов в условиях воздействия агрессивных сред. В кн. Материалы 7-й Всероссийской научно-практической конференции: Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования. г. Омск. Омск: СибАДИ, 2012. С. 438-442.
7. Салихов М.Г., Иливанов В.Ю., Малянова Л.И. Экспериментальное изучение влияния температурного старения на упругость модифицированных асфальтобетонов с отходами дробления известняков. В кн. Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. С 216-222
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Мелкозернистый бетон как конст-рукционный строительный материал буроинъекционных свай-ЭРТ // Строительные материалы. № 5. 2017. С. 16–19.
9. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроинъекционная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция // Строительные материалы. 2017. № 9. С. 47–49.

10. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буринъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. с.66–70.
11. Соколов Н.С. Технология обеспечения устойчивости ограждения котлована // Строительные материалы. 2018. №1–2. С. 81–91.
12. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буринъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–25.
13. Соколов Н.С., Алексеева Г.Н., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Исследование и разработка установки для электрогидравлической обработки бетона буровых свай // Вестник Чувашского университета. 2018. № 1. С. 69–79.
14. Соколов Н.С., Никонорова И.В. Строительство и территориальное освоение оползневых склонов Чебоксарского водохранилища // Жилищное строительство. 2017. №9. С. 13–20.
15. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буринъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании и строительных конструкции и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (13 Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Д. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотноков, Л.А.Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И.Тарасов. 2014. С. 415-420.
16. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Устрой-ойство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте
17. Патент на полезную модель RU 161650 U1,27.04.2016. Заявка 2015126316 /03от01.07.2015.
18. Соколов Н.С., Один из случаев усиления основания деформированной противоположной подпорной стены. Жилищное строительство. 2021. №12. С.23-27.
19. Пичугин Ю.П., Соколов Н.С. Генератор импульсных токов. Патент на изобретение RU2282936 C1, 27.08.2006. Заявка №2005102864/09 от 04.02.2005.
20. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Способ возведения набивной конструкции в грунте. Патент на изобретение RU2605213 C1, 20.12.2016. Заявка №2015126349/03 от 01.07.2015.
21. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища В сборнике: Управління водними ресурсами в умовах змін клімату. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017.С.71-72.
22. Соколов Н.С., Рябинов В.М.,Таврин В.Ю., Абрамушкин В.А. Способ возведения набивной сваи. Патент на изобретение RU2318960 C2, 10.03.2008. Заявка № 2005140716/03 от 26.12.2005.
23. Соколов Н.С. Определение несущей способности буринъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками". В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции, материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. 2012. С 289-292.

**Павлов Э.Н., Вохмин В.С., Нугуманов Р.Р.**

**Математическое моделирование элемента Пельтье в качестве охлаждающего элемента  
охлаждителя воздуха**

*Башкирский государственный аграрный университет  
(Россия, Уфа)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-607*

#### **Аннотация**

В данной статье рассматривается имитационное математическое моделирование в среде Matlab Simulink. Приводится анализ и выбор термоэлектрических модулей (ТЭМ). На основании теплофизических данных разрабатывается визуализационная модель работы термоэлектрического элемента Пельтье в режиме максимальной производительности для применения в качестве охладителя воздуха.

**Ключевые слова:** элемент Пельтье, холодопроизводительность, математическое моделирование, охладитель, температура, разность температур, система охлаждения.

#### **Abstract**

This article considers simulation mathematical modeling in Matlab Simulink environment. The analysis and selection of thermoelectric modules (TEM) is given. On the basis of thermophysical data, a visualization model of the Peltier thermoelectric element operation in the maximum performance mode is developed for use as an air cooler.

**Keywords:** peltier element, refrigerating capacity, mathematical modeling, cooler, temperature, temperature difference, cooling system.

В технологических процессах сельскохозяйственных помещений применяются различные способы регулирования качества воздуха, к которым можно отнести: биологические, комбинированные, химические, механические и физические способы. К наиболее эффективным способам улучшения качества воздушной среды относится озонирование с охлаждением воздуха. Оборудование для озонирования достаточно, а вот для охлаждения воздуха требуется подбирать и разрабатывать различные системы охлаждения, например с применением элементов Пельтье [2, 3, 5, 6].

Для выбора марки и количества элементов Пельтье в охладителе, в первом приближении, необходимо знать какое количество мощности необходимо затратить для охлаждения воздуха, подводимого от компрессора. В нашем случае имеется компрессор с производительностью 125 л/мин (7,5 м<sup>3</sup>/ч). Температура воздуха на выходе из компрессора в зависимости от температуры окружающей среды может составлять 25...45 °С (принимаем 40 °С), а температура на входе в электроозонатор согласно [3, 4] должна иметь температуру 10...20 °С (принимаем 20 °С). Тогда, требуемую холодопроизводительность РС можно определить по выражению:

$$PC = QV \cdot \rho V \cdot cV (T_1 - T_2) = 7,5(\text{м}^3/\text{ч}) \cdot 1,2 (\text{кг}/\text{м}^3) \cdot 1([\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})) \cdot (40(^{\circ}\text{C}) - 20(^{\circ}\text{C})) = 180 \text{ кДж}/\text{ч} = 50 \text{ Вт}.$$

Таблица 1

*Характеристики рассматриваемых элементов Пельтье*

Наименование	$I_{\max}, \text{ A}$	$U_{\max}, \text{ В}$	$P_{C\max}, \text{ Вт}$	$\Delta T_{\max}, ^\circ\text{C}$	Габаритные размеры, мм
TEC1-127060-40	6	15,4	54,9	60	40x40x4
TEC1-127040-40	4	15,4	35,6	60	40x40x4,8
TEC1-127030-30	3	14,2	25,1	60	30x30x4
TEC1-017040-15	4	2	4,7	60	15x15x4,8
TEC1-065040-4H	4	7,6	17,8	60	40x20x4,8
TEC1-035030-3H	3	4,2	7,4	60	30x15x4,8

Естественно, что наибольшей холодопроизводительностью будут обладать ТЭМ с большей площадью сторон. Номинальное напряжение стандартных ТЭМ составляет, как правило, либо 5 В, либо 12 В.

Определив размеры ТЭМ, а также требуемую холодопроизводительность РС<sub>max</sub>, согласно таблице 1 выбираем ТЭМ типа TEC1-127060-40 (РС<sub>max</sub> = 54,9 Вт). Но для получения необходимого значения РС требуется очень эффективная система охлаждения, сильно увеличивающая массогабаритные показатели охладителя, к тому же работа при максимальных значениях тока приводит к быстрой деградации ТЭМ. При этом, как было указано выше, при малой площади выбранного ТЭМ время контакта воздуха с его холодной поверхностью незначительно. Чтобы его сделать больше, а также уменьшить нагрузку на элемент Пельтье согласно характеристикам выбранного элемента TEC1-127060-40, представленным в таблице 1, необходимо взять восемь ТЭМ такого типа, работающих при силе тока 1,4...2,1 А. В данном случае показатели РС каждого элемента при принятой ранее разности температур  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$  составит около 4...7 Вт, что в сумме составляет требуемую холодопроизводительность от 46...56 Вт [1, 2, 3].

Следующим этапом исследования является проведение теоретических исследований в среде имитационного моделирования Matlab Simulink, для моделирования работы элемента в режиме максимальной производительности.

На первом этапе в окно программы математического моделирования Matlab Simulink вводились необходимые теплофизические данные, визуализационная модель которых представлена на рисунке 1.

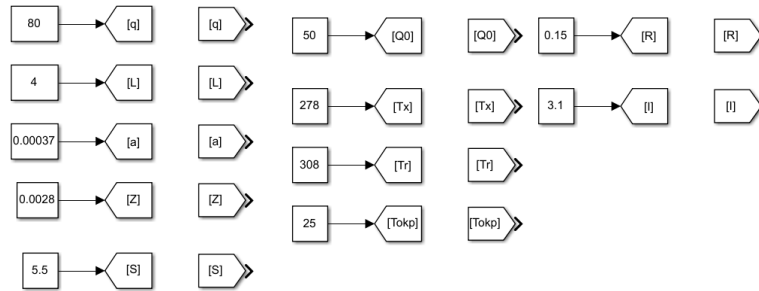


Рисунок 1. Реализация исходных данных в Matlab Simulink.

После введения первоначальных данных, были введены различные необходимые математические зависимости описывающие работу ТЭМ в режиме холодопроизводительности [1, 2].

Изменяя значение тока, можно получить различные значения холодопроизводительности, которую способен выдавать термоэлектрический элемент путем моделирования режима работы в среде программы Matlab Simulink.

На рисунке 2 представлена модель расчета холодопроизводительности от одного модуля Пельтье.

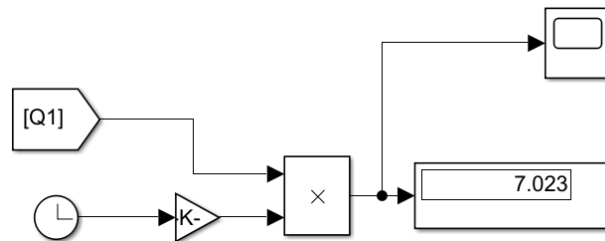


Рисунок 2. Реализация получения теоретическим путем холодопроизводительность от одного модуля Пельтье.

Полученная графическая характеристика напряжения от температуры  $Q = f(t)$  в программе Matlab Simulink приведена на рисунке 3

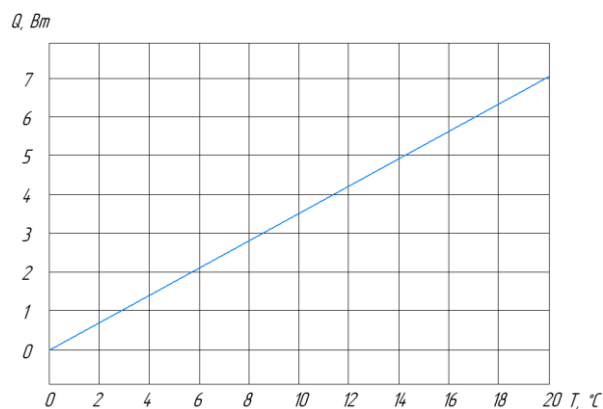


Рисунок 3. График  $Q = f(t)$  в программе Matlab Simulink/

Из выше представленного графика на рисунке 3, видно, что при разнице температур 20 °С при использовании одного модуля Пельтье получаем холодопроизводительность в 7,02 Вт, при значении силы тока равной 2 А, и напряжения 3,5 В.

Результаты визуализационного математического моделирования показали, что применения термоэлектрического элемента Пельтье для охлаждения воздуха в охладителе эффективно и применимо в его конструкции.

\*\*\*

1. Банных, О.П. Основные конструкции и тепловой расчет теплообменников: учебное пособие / О.П. Банных. - Санкт – Петербург: НИУ ИТМО, 2012. - 42 с.
2. Булат, Л. П. Термоэлектрические охлаждающие устройства // Методические указания для студентов / Л.П. Булат, Б.В. Викторovich. Санкт – Петербург, 2001. С. 43.
3. Оськин, С. В. Использование электротехнологий для улучшения микроклимата в ульях / С. В. Оськин, Д. А. Овсянников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С. 135-150.
4. Овсянников Д.А. Моделирование нагрева разрядного устройства и обоснование параметров озонатора для обработки пчел / Д. А. Овсянников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012.
5. Исследование основных характеристик термоэлектрического охладителя и генератора: лаб. практикум / В.Н. Белозерцев [и др.]. - Самара: Издательство СГАУ, 2015. - 76 с.
6. Шагмарданова А.Р. Энергосберегающая приточно-вытяжная установка с термоэлектрическим модулем/ А.Р. Шагмарданова В.С. Вохмин // «Актуальные проблемы энергообеспечения предприятий»: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 20-летию образования энергетического факультета Башкирского ГАУ / ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2018. - С. 116-119.

**Полякова А.Ю., Артамонова Е.В.**

### **Влияние агрессивных сред на стальные трубопроводы**

*Казанский Государственный Энергетический Университет  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-608

#### **Аннотация**

В данной статье рассматривается влияние серной и соляной кислоты на стальные трубопроводы, а также влияние коррозии на сталь, дополнительных модифицирующих компонентов кислотных растворов. Отмечены некоторые дефекты и вещества, которые способствуют ускоренному износу трубопроводов. Рассматривается новый материал, имеющий химическую стойкость к различным агрессивным условиям окружающей среды.

**Ключевые слова:** коррозия, трубопровод, кислотность, среда, растворитель, стойкость, дефект, кислоты.

#### **Abstract**

This article examines the effect of sulfuric and hydrochloric acid on steel pipelines, as well as the effect of corrosion on steel, additional modifying components of acid solutions. There are some defects and substances that contribute to accelerated wear of pipelines. A new material with chemical resistance to various aggressive environmental conditions is being considered.

**Keywords:** corrosion, pipeline, acidity, medium, solvent, resistance, defect, acids.

На данный момент в Российской Федерации наблюдается значительный износ магистральных трубопроводов, именно поэтому необходимо предусмотреть меры по снижению нагрузки на трубы. Новые трубопроводы чаще всего нуждаются в технических решениях, позволяющих увеличить срок службы и снизить воздействие агрессивных химических сред.

Раскроем термин коррозия. Коррозия (разъедание, разрушение) – это самопроизвольный процесс разрушения металлического изделия в результате его взаимодействия с веществами окружающей среды на границе раздела фаз, приводящий к потере функциональных свойств изделия. При этом металлы окисляются и образуются продукты, состав которых зависит от условий коррозии [1].

В рамках данной работы рассмотрена электрохимическая коррозия металла трубопровода. Электрохимическая коррозия – это разрушение металла под воздействием возникающих в коррозионной среде гальванических элементов. Если происходит восстановление ионов  $\text{H}_3\text{O}^+$  или молекул воды  $\text{H}_2\text{O}$ , говорят о водородной коррозии или коррозии с водородной деполяризацией.

Внедрение новых продуктов, достижения в технологии промежуточных продуктов и проблемы в преобразовании энергии создали новые сложности в развитии коррозии, связанные с разрушением металлических материалов под воздействием агрессивных органических растворителей. Дефекты электрохимической коррозии (щелевые поражения, питтинги, межкристаллические повреждения) приводят не только к ухудшению механических свойств конструкционного материала, но также к обесцвечиванию и нежелательным изменениям структуры материала.

Чтобы обеспечить эффективную защиту от электрохимической коррозии можно использовать методику горячего цинкования. Органические растворители в большинстве случаев ядовиты, легко воспламеняются, а наличие воздуха взрывоопасно для них, поэтому требования к коррозионной стойкости используемых металлов довольно высоки. Под органическими растворителями понимаются все жидкие органические соединения, независимо от возможности их практического использования в качестве растворителя. Органическими растворителями можно назвать: углеводороды – бензол, толуол; спирты – диэтиловый эфир; ацетилацетат; бутилацетат; кетоны – метилизобутилкетон.

При коррозии металлов с органическими растворителями возникают проблемы, не имеющие аналогов в области коррозии в водных средах. Коррозионные процессы, вызванные газообразными или твердыми продуктами, не относятся к химической коррозии; то же касается и смесей органических растворителей с преобладающей долей воды. Коррозия с органическими растворителями, как и в случае водной коррозии, представляет собой гетерогенную химическую реакцию, посредством которой металл переносится в окисленное состояние, происходят процессы и механизмы, которые не встречаются в водных растворах. Типичным является большое разнообразие систем металлоорганической среды, которые вытекают из огромного количества органических соединений.

Также существуют ещё причины коррозии, выделим их:

- Химическая коррозия – контакт труб с кислотами, щелочами, солями и другими веществами, которые разрушают структуру материала трубы;
- Механическая коррозия – трение, вибрации, удары или абразивное воздействие. Данный вид коррозии чаще всего возникает в водопроводах или газопроводах, т.к. в транспортируемой среде могут появляться абразивные частицы, песок и др.;
- Воздействие влажности – если трубопровод выполнен из металла и никак не защищён от воздействия влажности, то это способствует появлению ржавчины и гниению металла;
- Биологическая коррозия – воздействие организмов, бактерий, грибов и других микроорганизмов на поверхность трубопроводов. Эти организмы могут способствовать формированию агрессивных химических сред [2].

Анализируя исследования по созданию изоляционных материалов можно отметить следующий композитный материал – каучуковый бетон (каутон), который создан на основе синтетического каучука и не имеет аналогов с таким сочетанием физико-механических характеристик. Каутон может использоваться в строительстве и эксплуатироваться в диапазоне температур от  $-80^\circ\text{C}$  до  $+80^\circ\text{C}$ , также отмечается непроницаемость воды и воздуха и способность выдерживать до пятисот циклов замораживания-оттаивания, что позволяет отнести его к морозостойким материалам. По результатам исследований ВГТУ можно сделать следующие выводы о коэффициенте химической стойкости каутона по отношению к агрессивным средам, он составляет 0,95. При проведении испытаний в растворах минеральных

кислот значение коэффициента химической стойкости варьировался от 0,69 до 0,95; в растворах органических кислот от 0,82 до 0,95; в щелочной среде – от 0,82 до 0,96; в растворах солей – от 0,81 до 0,96, а в растворителях и нефтепродуктах – 0,88. Данный вид защитного покрытия химически стоек к агрессивным средам, морозостоек и водонепроницаем, что позволяет применять его в экстремальных климатических условиях. Для наплавления каучукового бетона на металл наиболее целесообразно использование индукционные нагреватели с автоматическим контролем температурного режима и времени нагрева [3].

Анализируя современные подходы, меры, технологии защиты от воздействия коррозии можно снижать негативные последствия на материал трубопровода, что может обеспечить больший срок эксплуатации.

Подводя итоги можно сказать, что производителям необходимо разрабатывать руководства по эксплуатации и установке труб с соблюдением технических мер, которые будут способствовать увеличению надёжности и срока эксплуатации трубопроводов. В некоторых условиях эксплуатации обслуживающему персоналу нужно производить периодическую диагностику трубопроводов.

\*\*\*

1. Чжао, Ш. О механохимической коррозии трубы с отклонением по толщине под действием внешнего и внутреннего давления / Ш. Чжао // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2020. – № 1(51). – С. 86-91. – DOI 10.18323/2073-5073-2020-1-86-91. – EDN SMOVVX.
2. Суровцев, И. С. Совершенствование технологии нанесения высокопрочных коррозионностойких защитных покрытий на основе низкомолекулярного олигодиена / И. С. Суровцев, Ю. М. Борисов, С. И. Матренинский, Р. И. Сапелкин // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. — 2010. — Вып. № 4 (20). — С. 77—87.
3. Сапелкин, Р. И. Способ устройства высокопрочного коррозионностойкого покрытия для эффективной защиты стальных трубопроводов, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера / Ю. М. Борисов, С. И. Матренинский, Р. И. Сапелкин // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. — 2011. — Вып. № 1 (21). — С. 56—61.

**Соколов Н.С.**

**Выравнивание кренов объектов**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-609*

#### **Аннотация**

Основной схемой расчета оснований большеразмерных фундаментов в настоящее время является схема линейно-деформированного слоя конечной толщины. Расчеты осадок, проведенные по формуле, основанной на этой схеме, до сих пор вполне удовлетворяли практику строительства. Большой опыт эксплуатации и результаты длительных наблюдений за их осадками показывают, что фактические осадки оказались значительно больше расчетных величин, определенных по формуле расчета осадки основанной на теории этой модели. Материал фактических осадок построенных объектов на большеразмерных фундаментах при повышенных нагрузках показывает, что кривые осадок состоят из линейного и нелинейного участков. Линейный участок имеет место для среднесжимаемых грунтов для первой половины расчетного среднего давления  $P_{\text{Пмт}}$ , т.е. при  $P_{\text{Пмт}} \leq 250\div 300$  кПа. При  $P_{\text{Пмт}}$  больше этих величин начинается возрастание скорости осадки в процессе роста нагрузки до полной ее расчетной величины. Затем скорость осадки убывает и наступает стадия стабилизации. Линейный участок графика осадки характеризует процесс уплотнения грунтов. Возрастание скоростей осадок на нелинейном участке следует объяснить возрастанием роли горизонтальных перемещений в общей деформации основания. То, что горизонтальные перемещения играют значительную роль в общей осадке сооружения, подтверждается многочисленными исследованиями оснований под резервуарами и насыпями, так и в мелкомасштабных

экспериментах. Учет горизонтальных перемещений позволяет максимально приблизить фактические осадки к расчетным.

**Ключевые слова:** среднее давление, крен, фундаментная плита, осадка, линейно-деформируемый слой конечной толщины.

### Abstract

The main pattern of calculation for oversize foundation bases is currently the linearly deformed layer of finite thickness scheme. Settlement calculations carried out using a formula based on this scheme have so far been quite satisfactory in construction practice. The extensive operational experience and the results of long-term observations of their settlement show that the actual settlement values were much higher than the calculated values determined by the settlement calculation formula based on the theory of this model. The material of actual settlement for objects constructed on oversize foundations under increased loads shows that the settlement curves consist of linear and non-linear parts. A linear part holds for medium compressible soils in the first half of the calculated mean pressure  $P_{lmt}$ , i.e. at  $P_{lmt} \leq 250 \div 300$  kPa. At  $P_{lmt}$  greater than these values, the rate of settlement starts to increase during the load growth up to its full calculated value. Then the rate of settlement decreases and the stabilization stage occurs. The linear part of the settlement plot characterizes the process of soil compaction. The increase in settlement rates in the non-linear part should be explained by the increasing role of horizontal displacements in the overall foundation deformation. The fact that horizontal displacements play a significant role in the overall settlement of a structure is confirmed by numerous studies of reservoirs and embankment bases, as well as by small-scale trials. Accounting for horizontal displacements allows to make actual settlement as close as possible to the calculated values.

**Keywords:** mean pressure, lurch, foundation plate, settlement, linearly deformed layer of finite thickness.

Средняя осадка объектов №№1÷5 на коробчатых фундамента, составляющая 20 - 60 см не влияет на нормальную эксплуатацию сооружения. Однако при больших осадках неизбежно возникает ее неравномерность. Неравномерность осадок вызвана еще взаимным влиянием друг на друга фундаментов объектов и их пристроев. Для своевременного принятия мер в процессе строительства и эксплуатации с целью сохранения технологического оборудования в вертикальном положении (или же поддержания отклонения вертикальной оси в допускаемых пределах), необходимо иметь в наличии результаты высокоточных геодезических наблюдений за осадками фундаментной плиты позволяющих прогнозировать осадки не только в период окончания строительства сооружения, но и на время эксплуатации. В этом отношении логарифмическая формула вида  $S=S_0+A \ln(1+Bt)$  [1,2] является удачной зависимостью для прогноза осадок во времени до стабилизации деформации основания, где  $S_0$  - осадка за строительный период;  $A$  и  $B$  определяются по кривым фактических осадок по двум точкам при  $S_1 > S_0$ . Для этого логарифмическое уравнение легко решается, если брать  $S_2 = 2S_1$  с начала отсчета при  $S > S_0$ . В зависимости от времени начала высокоточных геодезических наблюдений отсчет по инварной рейке производится в годах или месяцах.

Пользуясь логарифмической формулой, возможно прогнозирование осадок в течение ограниченного участка времени. При неограниченном увеличении времени значение натурального логарифма стремится к бесконечности. По истечении 3-5 лет следует повторить наблюдения за осадками и откорректировать параметры  $A$  и  $B$ . В статьях [1,2] приведены результаты мониторинга за осадками коробчатых фундаментов объектов №№1÷4. Данные наблюдения, проведенные за период с 1977 г. по настоящее время, за осадками фундаментных плит объектов с момента прогнозирования показывают на достаточно хорошую сходимость с результатами фактических осадок, при этом расхождение между фактическими и прогнозируемыми осадками составляет около 2%. Ниже в таблице 1 приведены прогнозируемые логарифмические зависимости для этих 4 объектов.

Во многих случаях следует ожидать, что фактическая или прогнозируемая неравномерная осадки окажутся больше допускаемой из условия нормальной эксплуатации



технологического оборудования. В этом случае крен выправляется или стабилизируется его дальнейший рост при помощи контргрузов, монтируемых со стороны противоположной крену. Так, например, был задан противокрен корпусу оборудования в 2,8 мм на диаметре главного разъема объекта №1 в конце января 1983 г. (рис. 1). При этом направление вектора противокрена  $\alpha=160^\circ$ . Так же для объекта №2 был задан противокрен строго по оси 2 ( $\alpha=180^\circ$ ), при этом величина противокрена составила 4 мм (рис. 2). Время жесткого закрепления технологического оборудования обоих объектов совпадает со временем придания противокрена. Результаты высокоточных геодезических наблюдений свидетельствуют о правильности установки положений технологического оборудования, которые в настоящее время находятся в пределах допускаемой величины отклонения оси объекта от вертикали.

Контргрузы для правильной установки оборудования были смонтированы и на объекте №3 со стороны пристроя (рис. 3). Опять же результаты высокоточных геодезических наблюдений свидетельствуют о стабилизации крена и о правильности положения вертикальных осей обоих объектов.

В настоящее время исследованы в течение длительного времени осадки, крены коробчатых фундаментов объектов №№1÷4 (рис. 1, 2, 3). Прогибы фундаментной плиты объекта №5 (рис. 4) контактные давления под подошвой фундамента, напряжения в бетоне и арматуре фундамента объекта №6 (рис. 5, 6).

Таблица 1

Прогноз фундаментов объектов по логарифмической зависимости  $S=S_0+A\ln(1+Bt)$

№ n/n	Наименование объекта наблюдений	Прогнозируемая осадка, $S_t$			Примечания
		максимальная	минимальная	средняя	
1	Объект №1	$220+103,6\ln(1+0.11t)$	-	$160+79,4\ln(1+t/7)$	1. Коэффициенты A и B определяются по фактическим кривым осадкам; 2. Время t – в месяцах.
2	Объект №2	-	-	$190+27,4\ln(1+0.61t)$	
3	Объект №3	$350+37\ln(1+0.25t)$	$300+15,2\ln(1+0.71t)$	$325+20\ln(1+0.66t)$	
4	Объект №4	$410+25,7\ln(1+0.53t)$	$370+17,4\ln(1+0.86t)$	$404+23,4\ln(1+0.5t)$	

Анализ осадок и кренов показывает, что на графиках отчетливо выделяются два участка - линейный и нелинейный. Линейный участок переходит в нелинейный при среднем давлении на основание  $P\Pi mt=250\div 300$  кПа. Крен фундаментов появляется еще при небольших нагрузках и его величина очень незначительна. С момента, соответствующего переходу графика осадок в нелинейный участок кривая крена тоже меняет линейность, т.е. скорости крена возрастают. С этого же момента меняется направление крена от пристроя в противоположную сторону.

Анализ результатов исследования контактных давлений грунта в основании, напряжений в арматуре, деформаций в арматуре, напряжений в бетоне нижней монолитной плиты фундамента объекта №6 (рис. 5, 6, 7) позволяет заключить следующее. Нижняя фундаментная плита из-за воздействия описанных выше эпюр контактных давлений выгнута центральной частью вверх. Это подтверждается тем, что при дальнейших этапах строительства напряжения в арматуре практически не увеличиваются. Например, на этапе строительства, когда среднее давление на центральную часть подошвы нижней плиты достигло  $P\Pi mt=664$  кПа, напряжения в стержнях арматуры, установленных в пролете плиты стали существенно меньше  $\sigma=38600$  кПа напряжений, которые возникли ранее при этом же давлении. Аналогичное явление наблюдается при рассмотрении показаний динамометров, установленных в геометрическом центре плиты и на расстоянии 6 м от центра под стеной, то есть заметно снизились и в других арматурных стержнях. Причиной этого явилось интенсивное строительство технологического оборудования. Вследствие пригрузки средней части фундамента выгиб нижней плиты уменьшился. Соответственно стали меньше и напряжения в арматуре плиты.

Измерители деформаций бетона дают картину, согласующуюся с деформацией плиты от действия фактических эпюр контактных давлений грунта и от загрузки гермообъема. При возрастании нагрузки, как деформации, так и напряжения в бетоне не увеличиваются по сравнению с теми параметрами при давлении грунта на центральную часть подошвы плиты, равном  $P_{\text{пнт}}=430$  кПа, а наоборот, уменьшаются.

Натурные исследования по изучению прогибов нижней плиты коробчатого фундамента объекта №5 (рис. 4) удачно согласовываются с результатами измерений контактных давлений, напряжений в арматуре, деформаций и напряжений в бетоне на объекте №6. Тем самым можно заключить, что из-за больших размеров фундаментной плиты горизонтальные перемещения грунта в центральной части массива грунта под подошвой плиты невозможны. Поэтому эта часть основания работает в условиях одноосной компрессии. Здесь образуется уплотненная зона. Вокруг этой зоны происходят подвижки грунта в горизонтальном направлении за пределы подошвы фундамента, чем и объясняется форма эпюры контактных давлений при значительном давлении.

О том, что горизонтальные перемещения играют существенную роль в общей осадке оснований подтверждают исследования в стендовых условиях с моделями фундаментов, проведенных М.Н. Окуловой и М.Н. Балюрой [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], а также в полигонных и натуральных условиях, проведенных Л.А. Шелест [10, 11]. Наиболее ценные исследования в натуральных условиях проведены в основаниях для случаев резервуаров и насыпей резервуаров и насыпей.

Анализируя результаты исследований Р. Дар [12] пришел к выводу, о том что при увеличении нагрузки на основание резервуара наблюдается значительный рост горизонтальных перемещений грунтов.

Исследованиями П.А. Коновалова и Р.А. Усманова [14] также выявлено значительное влияние горизонтальных перемещений грунтов оснований на величину общей осадки моделей и натуральных резервуаров. Величины пределов пропорциональности определенных по графикам "осадки - нагрузка" указывают, что криволинейность графика  $S=f(P)$  обуславливается возрастающими величинами горизонтальных перемещений грунтов оснований.

На тесную связь горизонтальных перемещений грунтов с вертикальными осадками указывают графики их взаимной зависимости. Линейная зависимость между ними наблюдается лишь на первых ступенях нагрузки, после чего горизонтальные перемещения начинают резко возрастать. На последних ступенях нагрузки приращение осадки определяется в значительной степени приращениями горизонтальных перемещений. Об этом убедительно свидетельствуют результаты наблюдений за осадками насыпей Cubzak - les - Ponts [15], Каликса [16], Кинг Лина и Тиктона [17].

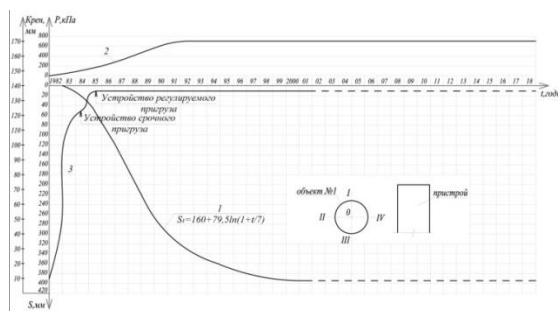


Рисунок 1. Объект №1 Графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления; 3 – результирующего крена.

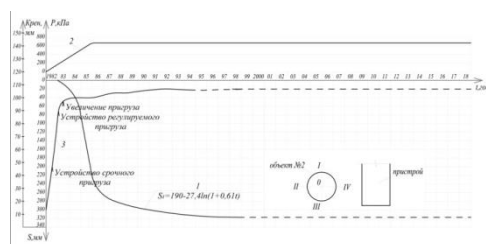


Рисунок 2. Объект №2 Графики 1 – средней осадки; 2 – роста среднего давления; 3 – результирующего крена.

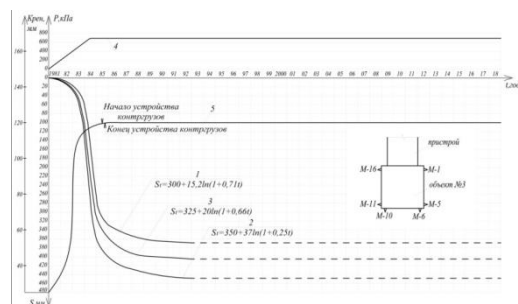


Рисунок 3. Объект №3 Графики 1 – минимальной осадки; 2 – максимальной осадки; 3 – средней осадки; 4 – роста среднего давления; 5 – результирующего крена.

Нами также получены результаты аналогичные с результатами исследований Р. Дара [12], Белони [13], П.А. Коновалова и Р.А. Усманова [15] и др. Наблюдения за горизонтальными перемещениями в основании одного из объектов показали, что ордината максимального горизонтального перемещения  $Y_{max} \approx 4$  см находится примерно на глубине  $z \approx 0,2b$ . При этом средняя осадка составляет около  $S=8$  см. Среднее давление на момент исследований составило  $P_{Pmt}=300$  кПа.

Весь процесс деформации основания происходит за счет преимущественного сжатия верхних слоев основания. Об этом наглядно свидетельствуют результаты наблюдений за послойными деформациями оснований рассмотренных объектов [1, 2], так и большеразмерных фундаментов и других сооружений. Следовательно, основания фундаментов [1, 2] работают по схеме линейно - деформируемого слоя конечной толщины.

Если имеется пригрузка, препятствующая горизонтальным перемещениям грунта основания, то, ординаты контактных давлений по краю плиты увеличиваются (для всех объектов, кроме объектов №№1 и 2).

Высота уплотненной зоны равна толщине линейно-деформируемого слоя конечной толщины. В связи с вышеизложенным, был рекомендован метод выравнивания кренов фундаментов объектов №№1÷5 с помощью контргрузов (рис. 1, 2, 3).

Для стабилизации роста неравномерной осадки фундамента объекта №1 в ноябре-декабре 1983 г. был уложен срочный пригруз весом 5780 кН на кансоль фундамента с противоположной стороны от направления крена. Для ускорения процесса стабилизации роста крена дополнительно уложены регулируемые пригрузки в секторах А и Б по обе стороны от оси 2 весом около 30000 кН (рис. 1). После этих мероприятий рост крена был приостановлен.

Для уменьшения скорости нарастания крена объекта №2 (рис. 2) были устроены срочный весом 5800 кН а регулируемый весом 51000 кН пригрузки секторами А и Б, благодаря чему рост крена был приостановлен.

В настоящее время осадки фундаментов объектов №№1 и 2 стабилизированы.

Увеличение крена объекта №3 (рис. 3) было также приостановлено устройством пригрузов со стороны машинного отделения: 17600 кН в ноябре 1984 г., 3750 кН в марте 1985 г., 18700 кН в сентябре-октябре 1985 г. На 1999 г. крен составляет 120 мм или  $i=0,0018$ . Такой же эффект был достигнут на объектах №4 и 5.

Результаты длительных геодезических наблюдений за осадками фундаментов при повышенных нагрузках подтверждают правильность выбора метода исправления крена.

Следует отметить на тот факт, что при принятии типа фундаментов с использованием свай ЭРТ осадки объектов были бы существенно ниже [19, 20, 21, 22].

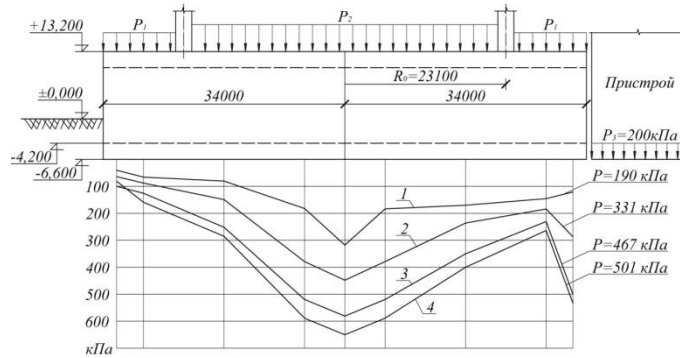


Рисунок 4. Объект №5 Этюры реактивных давлений при различных средних давлениях.

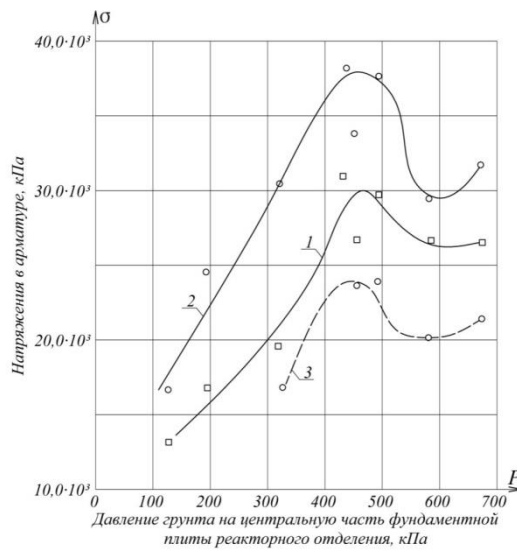


Рисунок 5. Объект №6 Зависимость растягивающих напряжений в рабочей арматуре верхнего пояса нижней плиты коробчатого фундамента от реактивного давления грунта на центральную часть. 1 - Напряжения по динамометрам, устраиваемым в геометрическом центре плиты; 2 – то же на расстоянии 6,0 м от центра плиты; 3 – то же 6,0 м от центра под стенами.

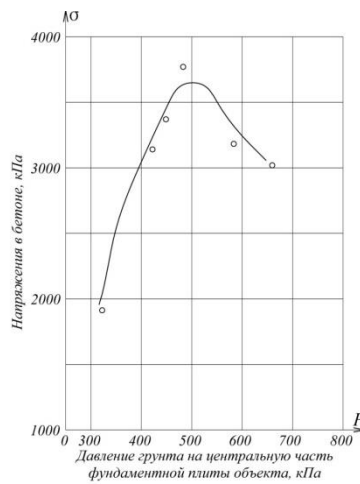


Рисунок 6. Объект №6. Зависимость сжимающих напряжений в бетоне верхней зоны нижней плиты коробчатого фундамента от величины реактивного давления на центральную область подошвы

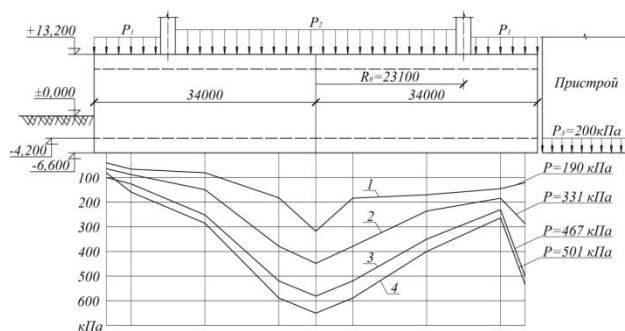


Рисунок 7. Объект №6. Прогибы нижней плиты коробчатого фундамента при различных средних давлениях  $P_{Плт}$ : 1 - Нижняя плита; 2 – верхняя плита; 3 – нагрузка от обстройки  $P_1$ ; 4-нагрузка от технологического оборудования  $P_2$ ; 5 – зона технологического оборудования

\*\*\*

1. Соколов Н.С. Длительные исследования процессов деформирования оснований фундаментов при повышенных нагрузках // Жилищное строительство. 2017.
2. Соколов Н.С. Прогноз осадок большеразмерных фундаментов при повышенных давлениях на основания // Жилищное строительство. 2017 №.
3. Балюра М.В. Горизонтальные перемещения в глинистых основаниях. В кн.: Исследования по строительной механике и строительным конструкциям. Изд-во Томского университета. Томск, 1983. стр. 45-51.
4. Балюра М.В. Экспериментальное исследование горизонтальных перемещений в основании жесткого квадратного штампа. - Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новочеркасск, 1975. 23 с.
5. Балюра М.В., Окулова М.Н. О влиянии некоторых факторов на деформируемость грунтов в горизонтальном направлении. В кн.: Основания и фундаменты зданий и сооружений в условиях строительства Томска. Изд-во Томского университета. Томск, 1977. С. 36-41.
6. Окулова М.Н. Исследование НДС грунтов вблизи загруженного штампа. - Основания, фундаменты и механика грунтов, № 4, 1966. С. 5-8.
7. Окулова М.Н. Экспериментальное исследование боковых деформаций в нагруженных песчаных основаниях и их роль в общей осадке. - Сборник трудов Томского университета, т. II. Томск, 1967.
8. Окулова М.Н. Экспериментальное исследование работы нагруженного песчаного основания в горизонтальном направлении. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, Свердловск, 1967. 30 с.
9. Окулова М.Н., Балюра М.В. Боковой распор и его роль в осадке фундамента. В кн.: Исследование НДС оснований и фундаментов. Межвузовский сборник, Новочеркасск, 1971. С. 88-92.
10. Шелест Л.А. Вертикальные и горизонтальные деформации грунта при штамповых испытаниях. - Труды НИИОСП, вып. 63, 1972.
11. Шелест Л.А. Исследование НДС основания конечной толщины при действии круглого жесткого штампа. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1975. 20 с.
12. Darragh R.D. Controlled Water Tests to Pre-load Tank Foundations. Pros. A.S.C.E., vol. 90, 1964, pp. 303-329.
13. Belloni L.A. Garassini L.A., Jamiolkowaki M. Differential Settlements of Petiu-leum Steel Tanks. Proc. Conference on Settlements of Structures, Cambridge, pp. 323 - 328.
14. Коновалов П.А., Усманов Р.А. Исследование деформаций сильносжимаемых оснований гибких штампов и резервуаров. - Доклады к Дунайско-Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Кишинев, 1983. Т.3. С. 107-112.
15. Magnan J.-P., Mieussens C, Queyroi D. Comportements du remblai expérimental B a Cubzak - les - Ponts. Revue Francaise de Geotechnique, 5, pp. 23-26. 1978.
16. Holtz R.D., Holm G. Belastningaforsok pa svartmoka. Swedish Geotechnical Institute, Internal Report to the National Swedish Road Board. 1973, 64 p.
17. Wilkes P.F. An induced failure at a trial embankment at King's Lynn Norfolk. England. Proc. ASCE Specialty Conference on Performance of Earth and Earth Supported Structures, Purdue University, Lafayette. IN, Vol. 1(1), pp. 29-63, 1972.
18. Бугров А.К., Голубев А.И. Напряженно-деформированное состояние анизотропных оснований с областями предельного равновесия грунта // Труды Дунайско - Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Кишинев, 1983. с. 203-207.
19. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроньекционных свай с местными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
20. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.

22. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
23. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.

**Соколов Н.С.**

**Геотехническая технология усиления основания**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»*

*(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-610*

**Аннотация**

Электроразрядная технология (ЭРТ) имеет широкие возможности в геотехническом строительстве. Она обладает рядом технологических преимуществ. Буроинъекционные сваи ЭРТ имеют повышенные значения несущей способности, как по грунту, так и по материалу благодаря максимальному включению окружающего сваю грунта в совместную работу. В отличие от других типов свай поперечное сечение сваи ЭРТ имеет дополнительно зоны цементации и уплотнения. Благодаря этим зонам удельная несущая способность по грунту данных свай превосходит в два и более раз несущую способность других типов свай. Это свойство особенно актуально при реконструкции объектов в случае надстройки этажей. При использовании свай ЭРТ количество надстраиваемых этажей превосходит несколько раз по сравнению с другими типами буроинъекционных свай с теми же параметрами (диаметр, глубина). В рассматриваемой работе приведен пример использования буроинъекционных свай ЭРТ при надстройке четырех дополнительных этажей двухэтажного общественного здания. Статья является обзорной.

**Ключевые слова:** буроинъекционная свая ЭРТ, электроразрядная технология, реконструкция, несущая способность, инженерно-геологический элемент.

**Abstract**

The electrical discharge technology (EDT) is widely applied in geotechnical construction. It provides a number of technological advantages. EDT continuous flight augers has high load-bearing capacity in soil and materials because the soil surrounding the auger is used to the maximum extent possible. Unlike other auger types, the cross-section of EDT augers has additional zones of cementation and compaction. Due to these zones, the load-bearing capacity in soil exceeds that of other auger types two times and more. This property is especially relevant in reconstruction when new floors are added. When using EDT augers, the number of added floors several times exceeds that in other auger types having the same parameters (diameter, depth). This paper gives an example of continuous flight augers when adding four new floors to a two-storey public building. The article represents an overview.

**Keywords:** EDT continuous flight augers, electrical discharge technology.

Реконструкция зданий и сооружений в стесненных условиях является особо актуальной проблемой. Этот вид строительства в большинстве случаев предполагает усиление основания фундаментов, цементацию тела фундаментов, а также восстановление несущей способности строительных конструкций выше нулевой отметки с возможностью увеличения их несущей способности. При надстройке дополнительных этажей остро проявляется актуальность усиления основания фундаментов, как правило, с помощью буроинъекционных свай как наиболее востребованных для этих целей заглубленных железобетонных конструкций. Наиболее приспособленными строительными конструкциями в настоящее время в качестве свай усиления являются буроинъекционные сваи ЭРТ изготавливаемые по электроразрядным

технологиям. Несущая способность по грунту  $F_d$  у свай ЭРТ превосходит  $F_d$  других типов свай в 2,0 и более раз [1÷4, 17, 18, 19, 20].

С учетом этого использование других типов буронагнеточных свай в связи с их низкой несущей способностью чаще всего неоправданно. В настоящей статье приводится пример усиления основания фундаментов 2-х этажного кирпичного здания с размерами в плане 45,2×10,3 м для случая надстройки четырех дополнительных этажей. В качестве заглубленных конструкций усиления основания фундаментов использованы буронагнеточные сваи ЭРТ диаметром  $\varnothing = 150$  мм и 200 мм длиной от 11,0 м до 18,0 м.

Технологическая последовательность изготовления свай ЭРТ приведена на рис. 1. Здесь поз 1÷18 и  $t_1, t_2, t_3, t_4$  расшифрованы в табл. 1.

Более подробно разработана технология производства буронагнеточных свай-ЭРТ и приведена ниже в табл.2.

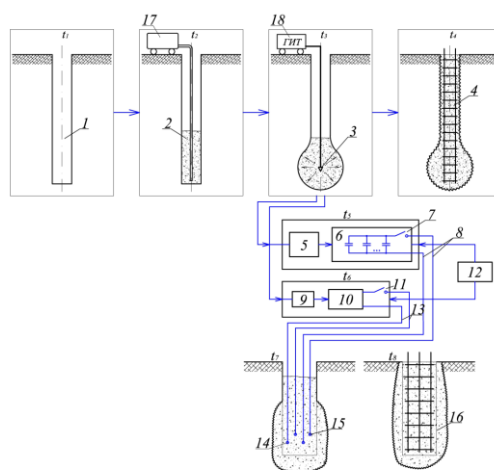


Рисунок 1. План-схема устройства буронагнеточных свай-ЭРТ.

Таблица 1

Технологическая схема устройства свай ЭРТ.

№ поз.	Наименование позиции
1.	Буровая скважина
2.	Мелкозернистый бетон
3.	Излучатель (разрядник) энергии
4.	Пространственный армокаркас
5.	Зарядно-выпрямительное устройство
6.	Емкостной высокоэнергетический накопитель электроэнергии
7.	Коммутатор накопления электроэнергии
8.	Питающий низковольтный кабель
9.	Зарядно-выпрямительное устройство
10.	Маломощный высоковольтный источник
11.	Коммутатор маломощного высоковольтного источника
12.	Блок синхронизации
13.	Кабель
14.	Источник с дополнительным иницирующим электродом, размещенным в разряднике
15.	Область формирования электрического разряда
16.	Выполненная свая ЭРТ
17.	Пневморастворонагнетатель
18.	Генератор импульсных токов
$t_1, t_2, t_3, t_4$	Стадии изготовления буронагнеточной сваи ЭРТ

В геоморфологическом отношении участок строительства расположен в пределах древнеаллювиальной террасы Клязьмо - Яузского протока. Поверхность участка характеризуется абсолютными отметками +139.117-140.16м.

На основании исходных данных геологический разрез площадки до исследованной глубины (22.0м) выделено 15 инженерно-геологических элементов - ИГЭ: ИГЭ №1 - Техногенные грунты (tQIV); ИГЭ №2 - Песок пылеватый. ср. плотности, водонасыщенный (a-QIII); ИГЭ №3 - Песок мелкий. ср. плотности. водонасыщенный (a-QIII); ИГЭ №4 - Песок ср.крупности. ср. плотности, водонасыщенный (a-QIII); ИГЭ №5 - Песок гравелистый. ср. плотности. влажный (a-QIII); ИГЭ №6 - Суглинок песчанистый с прослоями песка. гравием. мягкопластичный (g-QII); ИГЭ №7 - Суглинок песчанистый, с прослоями песка, гравием. тугопластичный (g-QII); ИГЭ №8 - Суглинок с прослоями песка, мягкопластичный (f-QII); ИГЭ №9 - Суглинок с прослоями песка, тугопластичный (f-QII); ИГЭ №10 - Супесь с прослоями песка, пластичная (f-QII); ИГЭ №11 - Песок пылеватый. ср.плотности, водонасыщенный (f-QII); ИГЭ №12 - Песок мелкий. ср.плотности. влажный (f-QII); ИГЭ №13 - Песок ср.крупности. ср.плотности. водонасыщенный (f-QII); ИГЭ №14 - Глина. тугопластичная (J3); ИГЭ №14 - Глина. полутвердая (J3).

Гидрогеологические условия территории до глубины 22.0м характеризуются распространением подземных вод надморенного и надбюрского водоносных горизонтов.

По данным результаты химических анализов проб воды, отобранных непосредственно на исследуемом участке. В соответствии по СНиП 2.03.11-85 [5] подземные воды надморенного водоносного горизонта по коррозионным свойствам характеризуются: - по отношению к бетону нормальной плотности марки W4 - неагрессивная по всем показателям; - по отношению к ж/б конструкциям - слабо- и среднеагрессивная при периодическом смачивании.

Анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства позволил определить несущую способность свай ЭРТ. В связи со сложностью залегания инженерно-геологических элементов длина свай ЭРТ принята различной в зависимости от отметок залегания кровли несущего слоя (ИГЭ №5).

Пример армирования сваи ЭРТ приведен на рис. 2.

Кроме того характер напластований ИГЭ, отметок уровня подземных вод, а также их физико-механические характеристики позволили выбрать тип проходки буровых скважин для устройства свай ЭРТ.

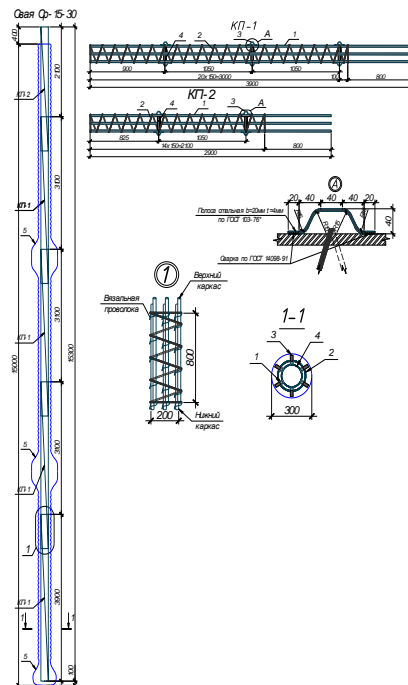


Рисунок 2 Пример схемы армирования буронагрекционной сваи-ЭРТ Sp-15-30 (15 – длина сваи в м., 30 – диаметр в см.). 1-продольная арматура класса А500с; 2 – поперечная арматура класса А240; 3 – фиксатор каркаса сваи (из стальной пластины b=20мм, t=4мм; 4 - труба d159мм обеспечивает жесткость каркаса при транспортировке и складировании; 5 – уширения вдоль ствола и пята сваи.



Таблица 2

## Алгоритм устройства буринъекционных свай ЭРТ усиления.

№	Наименование алгоритма	Этапы устройства буринъекционных свай ЭРТ усиления
1.	Конструирование буринъекционных свай ЭРТ	<p><b>1.1. Относительной отметке 0.000</b> соответствует абсолютная отметка 142.00; <b>1.2. Максимально допустимая вертикальная</b> расчетная нагрузка на сваи Ср-11-20, Ср-12-20 N=250 кН; Ср-16-15, Ср-17-15, Ср-18-15 N=300 кН; <b>1.3. Сваи вертикальные</b> сплошного сечения диаметром бурения 150 и 200мм, армированы на всю высоту арматурными каркасами; <b>1.4. Принятая маркировка свай:</b> Ср-11-20 (длина 11м, буровой диаметр 200мм), Ср-12-20 (длина 12м, буровой диаметр 200мм), Ср-16-15 (длина 16м, буровой диаметр 150мм), Ср-17-15 (длина 17м, буровой диаметр 150мм), Ср-18-15 (длина 18м, буровой диаметр 150мм); <b>1.5. Заделка оголовка</b> сваи в железобетонный ростверк 50мм.</p>
2.	Материалы буринъекционных свай ЭРТ	<p><b>2.1. Для свай использовать</b> самоуплотняющиеся мелкозернистые бетонные смеси класса по прочности В25, марка по водонепроницаемости не ниже W6 в соответствии с ГОСТ 26633-2012 [6], приготовленным на строительной площадке или на специализированных бетонных заводах. <b>2.2. Бетонная смесь должна соответствовать</b> требованиям ГОСТ 7473-2010 [7] <b>2.3. Удобоукладываемость</b> бетонной смеси П4...П5, проверяется по конусу АЗНИИ. <b>2.4. Водоотделение</b> бетонной смеси не более 2%. <b>2.5. Бетонная смесь не должна иметь включений</b> щебня и гравия размером более 10мм. <b>2.6. Для бетонных смесей использовать</b> портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500. <b>2.7. Заполнителем для бетона</b> служит кварцевый песок. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1.7. <b>2.8. При изготовлении свай ЭРТ</b> допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, ингибиторы коррозии и противоморозные добавки. <b>2.9. Вода для бетонной смеси</b> водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) от 4 до 12,5. <b>2.10. Запрещается</b> добавлять в бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности. <b>2.11. Подбор состава</b> бетонной смеси с определением состава и количества добавок выполняется строительной лабораторией. <b>2.12. Армирование свай</b> предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных каркасов. Соединение каркасов между собой выполнять внахлестку с помощью вязальной проволоки. <b>2.13. В качестве продольных стержней</b> пространственного каркаса принята арматура диаметром 14мм класса А500Е. Поперечное армирование из арматуры диаметром 8мм класса А240. Защитный слой бетона не менее 30мм. <b>2.14. Жесткость пространственного</b> каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб диаметрами по 108мм с толщиной стенки не менее 4мм. <b>2.15. Для обеспечения</b> защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20мм толщиной 4мм в количестве не менее 3-х в одном поперечном сечении арматурного каркаса с шагом по длине каркаса не более 2м. <b>2.16. Ручная дуговая сварка</b> элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, 350А. <b>2.17. Для изготовления</b> сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.</p>
3.	Изготовление свай ЭРТ	<p><b>3.1. Технологическая последовательность</b> изготовления свай включает следующие операции: Формирование скважины требуемой глубины и диаметра инековым бурением; Заполнение скважины бетонной смесью; Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью; Установка пространственных каркасов с одновременной их стыковкой между собой; Уход за бетоном оголовка. <b>3.2. Допускается выполнять</b></p>

		<p>электроразрядную обработку скважины после установки арматурных каркасов. <b>3.3. При устройстве свай</b> последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 1,5м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными сваями допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних. <b>3.4. До начала работ должны</b> быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранный зоны, устанавливаемой в соответствии с п.3.22 СНиП 3.02.01-87 [8]. <b>3.5. В случае обнаружения не</b> указанных в проекте подземных сооружений, коммуникаций или обозначающих их знаков работы должны быть приостановлены, на место работы вызваны представители заказчика и организаций, эксплуатирующих обнаруженные коммуникации, и приняты меры по предохранению обнаруженных подземных устройств от повреждения. Допускается вынос заказчиком существующих коммуникаций из зоны производства работ при наличии письменного разрешения эксплуатирующих организаций.</p>
4.	Формирование скважины бурением	<p><b>4.1 Бурение шнековое</b> следует выполнять в соответствии с проектом производства работ. <b>4.2 Установка для бурения</b> - УБГ-СГ "БЕРКУТ" или "Аллигатор". <b>4.3 В процессе бурения</b> следует контролировать параметры грунта по глубине - установить характеристики грунта основания по остатком грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины и учтенного в проекте в основании свай. При несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот грунт, а также при наличии по длине скважины неустойчивых грунтов, приостановить работы и пригласить представителей проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количество свай и т.д.). Работы можно продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, которое должно быть оформлено в Журнале авторского надзора. <b>4.4 Подъем бурового инструмента</b> следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового дробления грунта. <b>4.5. Бетонирование скважин</b> должно производиться не позднее 8 часов после окончания бурения. При невозможности бетонирования в указанный срок бурение скважин начинать не следует, а уже начатых прекратить.</p>
5.	Бетонирование свай ЭРТ	<p><b>5.1. Бетонирование производится</b> через бетонолитную колонну диаметром не менее 40мм, опускаемую до забоя скважины. После достижения забоя, скважина должна быть промыта бетонной смесью. Промывка бетонной смесью продолжается до прекращения всплытия частиц грунта. <b>5.2. Приготовление мелкозернистого</b> бетона производить на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи бетона применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). <b>5.3. Следует контролировать</b> объем закачиваемой в скважину бетонной смеси, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанной в скважину бетонной смеси должен превышать объем выбуренного грунта. <b>5.4 Перерывы в подаче отдельных</b> порций бетонной смеси не должны превышать срока схватывания, установленного лабораторией. <b>5.5 Не допускается</b> понижение уровня бетонной смеси более 0.5м ниже устья скважины.</p>

6.	<p>Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью</p>	<p><b>6.1. Мощность накапливаемой энергии</b> должна быть не менее 40кДж. <b>6.2. Обработка забоя:</b> электродная система устанавливается на забой скважины; производится серия из 15 электровзрывов и до падения уровня бетонной смеси в скважине не менее 20см; проверяется степень уплотнения разрушенного буровым инструментом грунта на "отскок", для чего электродная система устанавливается на грунт в забое скважины, после разряда определяется величина погружения ее в грунт. При погружении электродной системы в грунт основания за 3 электровзрыва менее 3 см - грунт принимается соответствующим требованию средней плотности. При осадке электродной системы более 3 см продолжить электроразрядную обработку скважины и через 10 разрядов повторить проверку "на отскок". После достижения осадки менее 3 см, приступить к обработке ствола сваи. При снижении уровня бетонной смеси ниже устья скважины следует долить бетонную смесь. После окончания электроразрядной обработки забоя скважины следует замерить (просуммировать) общий уровень снижения бетона в устье скважины. <b>6.3. Формирование тела сваи</b> по длине ствола выполнять ярусами с шагом ярусов электроразрядной обработки 1.0м и количестве электровзрывов на каждом горизонте не менее 5. Верхняя часть ствола сваи на глубину 2,0м электроразрядной обработке не подвергается. <b>6.4. В процессе формирования тела</b> сваи необходимо периодически доливать бетонную смесь до устья скважины. Долив смеси производить после перемещения излучателя вверх на новый горизонт и снижения уровня бетонной смеси. <b>6.5. По результатам контроля</b> падения уровня бетонной смеси в опытной скважине или объема добавляемой бетонной смеси и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента, при необходимости, следует откорректировать программу обработки свай электрическими разрядами.</p>
7.	<p>Монтаж пространственных каркасов</p>	<p><b>7.1. Нижнюю секцию</b> арматурного каркаса погружают в скважину и вывешивают для соединения со второй секцией. Верхнюю секцию устанавливают соосно нижней, и секции стыкуют между собой. <b>7.2. Необходимо контролировать</b> положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане. <b>7.3. При погружении арматурного</b> каркаса в скважину допускается: вращение каркаса вокруг продольной оси, использование вибраторов, вибропогружателей общей мощностью до 5кВт; поднятие на высоту до 4м и опускание каркаса погружение "в расходку". <b>7.4. Если при погружении арматурного</b> каркаса в скважину, встретится препятствие и каркас не будет погружаться, следует: арматурный каркас извлечь из скважины; установить зал-ивочную колонну на забой скважины; промыть скважину бетонной смесью, до выхода на поверхность комков разуплотненного грунта; убрать заливочную колонну; опустить арматурный каркас в скважину. <b>7.5. Секции каркасов перед</b> установкой следует очистить от случайно налипшего на него грунта.</p>

8.	Уход за бетоном	<p><b>8.1. В течение первых двух</b> суток после изготовления сваи следует контролировать уровень бетонной смеси в скважине и периодически через трубу-инъектор доливать бетонную смесь до устья скважины. <b>8.2. При формировании оголовков</b> сваи каждый слой бетонной смеси следует укладывать до начала схватывания бетона предыдущего слоя. <b>8.3. Сразу после окончания бетонирования</b>, выступающие над поверхностью земли оголовки сваи, включая выпуски арматуры, следует укрывать паро-теплоизоляционными материалами. В процессе работ выпуски арматурного каркаса необходимо защищать от загрязнения. <b>8.4. В начальный период ухода</b> свежесуложенная бетонная смесь в оголовках сваи должна быть защищена от обезвоживания укрытием влагонепроницаемым материалом. <b>8.5. Бетон выше уровня проектной отметки</b> оголовка сваи отбивается после набора не менее 70% прочности непосредственно перед устройством ростверка.</p>
9.	Производство бетонных работ при отрицательной температуре воздуха	<p><b>9.1. За три дня до производства</b> бетонных работ, в случае ожидания среднесуточной температуры воздуха ниже +5 °С или минимальная суточная температура ниже 0 °С предусматривать в бетонные смеси противоморозные добавки. <b>9.2. Бетонная смесь с противоморозными добавками</b> при укладке должна иметь температуру не ниже +10 °С. <b>9.3. При температуре грунта</b> ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок должна вводиться из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения бетоном необходимой прочности. <b>9.4. Для снижения теплопотерь в процессе</b> твердения бетона после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса должна быть утеплена. <b>9.5. Не допускается перегрев</b> бетона сваи (нагрев более 70 °С). <b>9.6. В течение 4 часов</b> после установки арматурного каркаса в скважину следует доливать бетонную смесь. <b>9.7. Для исключения промораживания</b> грунтов при перерывах в работе открытые скважины должны быть изолированы от атмосферного воздуха. <b>9.8 После окончания работ</b> и перерывах в работе более 50 мин. шланги для подачи бетона промыть горячей водой, продуть сжатым воздухом и убрать в теплое помещение. До начала производства работ шланги развернуть, продуть сжатым воздухом и промыть горячей водой. <b>9.9. При температуре ниже -20 °С</b> работы по изготовлению сваи ЭРТ должны быть остановлены.</p>
10.	Производство бетонных работ при температуре +25 °С	<p><b>10.1. Температура бетонной смеси</b> не должна превышать +35 °С. <b>10.2. Доливка бетонной смеси</b> после установки арматурного каркаса должна осуществляться через каждый час. <b>10.3. После стабилизации усадки бетонной смеси</b> оголовки сваи должен быть покрыт влажным песком слоем 50мм, и периодически по мере высыхания поливаться водой. <b>10.4. При температуре выше +35°С</b> работы по изготовлению сваи ЭРТ должны быть остановлены.</p>
11.	Обеспечение качества изготовления сваи ЭРТ	<p><b>11.1. Изготовление сваи ЭРТ</b> должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет, в которых организовано система обеспечения качества (ИСО 9001-2001), что должно быть подтверждено сертификатом соответствия. <b>11.2. При изготовлении сваи ЭРТ</b> следует освидетельствовать: плано-высотную привязку сваи; диаметр и глубину скважин на соответствие проекту; вид грунта в основании сваи и его соответствие учтенному проектом (по остатком на элементах бурового инструмента в основании сваи); уплотнение грунта в основании сваи, разрушенного буровым инструментом; соответствие арматурного каркаса проекту (число секций, длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узел соединения секций) и глубину погружения каркаса в скважину; качество приготовляемой бетонной смеси (расход материалов, подвижность); глубину погружения заливочной колонны в скважину и качество заполнения скважин бетоном; затруднения при погружении арматурного каркаса под</p>

		<p>собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки - свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола сваи); погружение электродной системы; расход бетонной смеси, используемой при производстве свай ЭРТ; при заполнении скважины; при промывке; при обработке нижнего конца и на каждом горизонте; суммарный расход бетона на скважину. <b>11.3 Контроль прочности бетона</b> осуществлять по ГОСТ 18105-2012 [9] и ГОСТ 10180-2012 [10] путем отбора проб бетонной смеси на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.2.3.2 ГОСТ 10180-2012 [10]. <b>11.4 Акты освидетельствования</b> скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНиП 12-01-2004 [11], должны составляться на завершённый процесс (сваю) выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены. <b>11.5 Не допускается</b> выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на завершённые технологические процессы по изготовлению свай ЭРТ не освидетельствованные техническим надзором заказчика. <b>11.6 Работы производить</b> в соответствии со СНиП 3.02.01-87 [8], СНиП 3.04.03-85 [12], СНиП 3.03.01-87 [13], СНиП 12-01-2004 [11], СНиП 12-03-2001 [14], СНиП 12-04-2002 [15], ТР 50-180-06 [16], проекта производства работ (ППР). <b>11.7 Качество основных</b> материалов определяется требованиями Градостроительного кодекса и Закона о техническом регулировании, что должна быть подтверждено сертификатами соответствия, государственным стандартом РФ. На расходные и вспомогательные материалы (Вязальная проволока, долото, инеки, пакля, электроды, катанка, монтажные детали, фиксаторы) сертификаты или паспорта качества не представляются.</p>
12.	<p>Мероприятия по обеспечению нормальной эксплуатации конструкций, функционирования окружающей среды и безопасностью на период производства работ</p>	<p><b>12.1 Работы должны</b> производиться с выполнением требований техники безопасности при производстве работ, пожарной безопасности и охраны окружающей среды. <b>12.2 На период</b> производства работ не должно быть доступа посторонних лиц к строительным машинам, механизмам, оборудованию и конструкциям. <b>12.3 После окончания</b> работ категорически запрещается вскрытие свай, как по длине участка, так и по глубине.</p>

#### Выводы:

Разработанный алгоритм устройства буроинъекционных свай ЭРТ усиления основания фундаментов является результатом длительных исследований и корректировок отдельных этапов, позиций за период более 20 лет производства геотехнических работ.

\*\*\*

1. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай-ЭРТ с множественными уширениями // Жилищное строительство. №9. 2017. Стр. 25-29.
2. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной сваи // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование №12. 2017, стр. 38-43.
3. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science 15 (2017) 4, 482. p. 518-523.
4. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буроинъекционных свай // Жилищное строительство. 2018 №.1÷2 с. 62-66.
5. СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», М.: Минрегион России, 2012.
6. ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», М.: Стандартинформ, 2014.
7. ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», М.: Стандартинформ, 2011.
8. СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты», М.: Минрегион России, 2012.
9. ГОСТ 18105-2012 «Бетоны правила контроля и оценки прочности», М.: Стандартинформ, 2012.
10. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», М.: Стандартинформ, 2013.
11. СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», М.: ФГУП ЦПП, 2004.

12. СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии», Госстрой СССР - М: ГИ ЦПП, 1993.
13. СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», Госстрой СССР, 1987.
14. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», Госстрой России, 2001.
15. СНиП 12-04-2002 "Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство", Госстрой России, 2002.
16. ТР 50-180-06 Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ), ГУП "НИИМосстрой" № 2006.
17. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с
18. многоступенчатыми уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
19. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.
20. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
21. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.

**Соколов Н.С.**

**Геотехническая установка для изготовления свай**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-611*

#### **Аннотация**

Электроразрядно-импульсная технология устройства буринъекционных свай (свай ЭРТ) в геотехническом строительстве имеет широкие перспективы. Благодаря тому, что она обладает уникальностью и универсальностью для достижения задач геотехнического строительства настоятельно необходима электротехническая конструкция способная к накоплению энергии с последующей разгрузкой в виде электрогидравлического удара в теле мелкозернистого бетона на стенки скважин через излучатель. Накапливая электротехническую энергию от 1 до 100 кДж генератор импульсных токов (ГИТ) периодически с интервалом 5-15 сек производит разгрузку через коаксиальный кабель КВИМ (кабель высоковольтный импульсный малоиндуктивный) через излучатель в мелкозернистый бетон. С помощью возникающего электрогидравлического удара создается результирующий эффект возведения буринъекционной сваи с регулируемым значением ее несущей способности по грунту  $F_d$ . В настоящей статье приводится принципиальная электрическая схема генератора импульсных токов как результат длительных исследований по созданию установки для изготовления свай ЭРТ с требуемыми параметрами несущей способности и осадок.

**Ключевые слова:** генератор импульсных токов (ГИТ), емкость накопительной батареи, максимальная потребляемая электрическая мощность, электроразрядно-импульсная технология (ЭРТ), электрогидравлический удар (ЭГУ буринъекционная свая ЭРТ).

#### **Abstract**

Discharge-pulse technology of bored-injection piles (DPT piles) arrangement offers great opportunities in geotechnical construction. Due to uniqueness and versatility of that technology, in order to fulfill the tasks of geotechnical construction there should be provided an electrical installation performing as energy storage with subsequent discharge in the form of electrohydraulic shock in the body of fine-grained concrete to the walls of bored wells through the emitter. Accumulating electrical energy from 1 to 100 kJ the surge-current generator (SCG) discharges at intervals of 5-15 sec through the coaxial cable (high voltage pulse low-inductance cable) through the emitter into the fine-grained concrete. The resulting electrohydraulic shock creates the effect of constructing a bored-injection pile

with an adjustable soil dynamic capacity  $F_d$ . This paper presents the surge-current generator wiring diagram as a result of long-term research on the creation of a plant for the production of DPT piles with the required specifications of bearing capacity and settlement.

**Keywords:** surge-current generator (SCG), storage accumulator capacity, maximum power consumption, discharge-pulse technology (DPT), electrohydraulic shock (EHS), DPT bored injection pile.

Современное геотехническое строительство обладает рядом современных технологий возведения заглубленных сооружений. Наиболее часто используемые из них – это буровые сваи. Наиболее оптимальной из них является электроразрядная технология устройства буронабивных свай (свай ЭРТ).

Электроразрядная технология устройства буронабивных свай ЭРТ дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности при устройстве буронабивных свай, грунтовых анкеров, цементаций оснований и т. д.

Сваи с многоместными уширениями (СМУ) применяются давно. Опыт использования таких свай есть в Индии, ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, Росси. Конструкция такой сваи представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Выше этого уширения в зависимости от типа геолого-технических условий и требуемой несущей способности сваи выполняются дополнительные уширения.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность [1÷9, 15, 16, 17, 18]. Несущая способность свай ЭРТ с одним уширением в 2 – 2,5 раза, а с двумя – в 3 – 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

Генератор импульсных токов (ГИТ) предназначен для обработки буронабивных свай электрогидравлическим ударом, возникающем при электрическом разряде в среде мелкозернистого бетона в пробуренных скважинах [1, 2, 3, 10÷14].

Известно, что при создании высоковольтных электрических разрядов возникает электрогидравлический эффект, который выражается, в создании сверхвысокого давления, способного совершать механическую работу в виде уплотнения грунта стенок скважин.

Генератор импульсных токов представляет собой электрическую конструкцию из нижеприведенных блоков (см.рис.1, 2): 1. Блок питания и заряда ёмкостного накопителя энергии - БЗЁНЭ; 2. Ёмкостной накопитель энергии – ЁНЭ; 3. Блок управления зарядом - БУЗ; 4. Пульт дистанционного управления – ПДУ; 5. Силовой кабель питания; 6. Высоковольтная энергомагистраль - ВЭМ; 7. Кабель заземления; 8. Излучатель электрической энергии. Колонна труб излучателя; 10. Спуско-подъёмное устройство колонны труб излучателя.

Ниже приведено описание принципиальной схемы электрической ГИТ. Однофазное переменное напряжение сети ~220 Вольт преобразуется на высоковольтном трансформаторе TV1 в высокое напряжение ~ 10 кВ, которое через токоограничительный конденсатор C1 поступает на выпрямитель VD1 собранный по однофазной мостовой схеме.

Постоянное высокое напряжение через зарядное сопротивление R1 осуществляет заряд ёмкостного накопителя энергии (ЁНЭ), конденсаторы C2 и C3. Накопленная энергия от ЁНЭ через высоковольтный управляемый разрядник F2 передается по высоковольтной энергомагистрали ВЭМ на излучатель электрической энергии.

Пробой F2 осуществляется в момент достижения уровня напряжения на ЁНЭ величины, установленной в блоке управления зарядом - БУЗ. Пробой F2 осуществляется путем ионизации (поджига) одного из воздушных промежутков F2 высоковольтными импульсами, вырабатываемыми схемой ГИТ. БУЗ предназначен для управления: автоматическим зарядом конденсаторов ЁНЭ до заданного значения напряжения, поджигом F2, разрядом ЁНЭ на балластные резисторы, защитой ЕНЭ от перенапряжения. В БУЗ также формируется синхронный импульс для запуска внешних устройств (например, осциллографа компьютера и т.д.). В БУЗ, кроме того, формируется сигнал на электрический счетчик импульсов для автоматизированного подсчета количества произведенных разрядов.

Принципиальная схема ГИТ представлена ниже на рис. 1.

После включения сетевого автомата QF1, ~ напряжение 220 Вольт подается на первичную обмотку трансформатора TV2, со вторичных обмоток которого соответствующие напряжения поступают в схему БУЗ.

Для начала высоковольтного заряда ЁНЭ необходимо нажать кнопку SB3 «ПУСК» (на передней панели БЗЁНЭ) или две кнопки SB2.1 и SB2.2 «ПУСК» (на ПДУ). При этом включается промежуточное реле К4 при замкнутых контактах SQ БЛОКИРОВКА в соответствующих местах корпуса установки.

Контакты К4.2 реле К4, замыкаясь, подают питание на катушку короткозамыкателя К1. При этом К1, включившись, разблокирует ЁНЭ от корпуса. Контакты К4.1 реле К4, замыкаясь, подготовят магнитный пускатель К2 к срабатыванию. Контакты К1.1 короткозамыкателя К1 через нормально замкнутые контакты К3.1 подключают К2 к сети ~220 В. При срабатывании К2 замыкаются его контакты К2.1 и К2.2, подключая высоковольтный трансформатор TV1 к сети ~220 В. Начинается заряд ЁНЭ. При этом контакты К2.1 заблокируют кнопки «ПУСК» SB3 на панели БЗЁНЭ и SB2.1, SB2.2 на панели ПДУ. Далее ГИТ начинает работать в автоматическом режиме набора заряда ЁНЭ и сброса энергии заряда на излучатель, при повышении высокого напряжения на батарее конденсаторов ЁНЭ до уровня, установленного в БУЗ. Для прерывания автоматического режима следует нажать одну из кнопок «СТОП» на панели БЗЁНЭ или ПДУ, сразу после прохождения заряда с ЁНЭ на излучатель (для предотвращения перегрева балластных резисторов R7, R8, R9 в схеме ГИТ). Таким образом, осуществляется необходимая последовательность работы элементов схемы: подача питания в БУЗ - снятие заземления - подача напряжения заряда на ЁНЭ. Загорание сигнальной лампочки HL1 свидетельствует о процессе заряда батареи ЁНЭ и появлении высокого напряжения на ней.

Высокое напряжение со вторичной обмотки трансформатора TV1 через конденсатор С1, который ограничивает ток заряда (и во многом определяет время заряда, т.е. чем больше емкость, тем меньше время заряда, но в то же время больше ток заряда, а это уменьшает надежность работы выпрямителя) поступает на высоковольтный выпрямитель VD1. Через зарядное сопротивление R1 происходит заряд ЁНЭ, выполненного на конденсаторах С2, С3 (в конкретном случае в зависимости от типа конденсаторов в батарее количество и схема включения конденсаторов различна).

Параллельно ЁНЭ включен высоковольтный делитель R2, R3, сигнал с которого поступает в БУЗ для управления процессом заряда-разряда.

В ту же цепь включен высоковольтный делитель R4, R5 для измерения величины зарядного напряжения с помощью микроамперметров РА1.

Защитный разрядник F1 предназначен для защиты от перенапряжения ЁНЭ. Он представляет собой воздушный разрядник, настроенный на разряд при напряжении на батарее конденсаторов ЁНЭ, относительно корпуса, равном 10 кВ. Он включается в работу (при разомкнутых контактах К1.2 короткозамыкателя К1) при превышении напряжения на ЁНЭ выше 10 кВ, замыкая цепь воздушного промежутка, и обеспечивает включение реле К3, контакты К3.1 которого размыкают цепь питания катушки магнитного пускателя К2. Магнитный пускатель (МП) К2 разрывает свои нормально разомкнутые контакты К2.2 и К2.3, при этом снижается напряжение с силового высоковольтного трансформатора TV1. МП К2 своими контактами К2.1.

Кроме того он разблокирует кнопки «ПУСК» в БЗЁНЭ и ПДУ и снижает питание с катушки промежуточного реле К4. Реле К4 своими нормально разомкнутыми контактами: К4.1 дополнительно разрывает цепь питания катушки магнитного пускателя К2; К4.2 разрывает цепь питания катушки К1 короткозамыкателя. Возврат промежуточного реле К4 в отключенное состояние происходит почти одновременно с включением реле К3 (при пробое разрядника F1). Короткозамыкатель К1 через контакты К1.2 разряжает ЁНЭ на корпус ГИТ (через балластные резисторы: R7; R8; R9, ограничивающие ток разряда ЁНЭ).



Если же схема работает в рабочем режиме, то вся энергия заряда (в момент поступления импульсов поджига с БУЗ через импульсный трансформатор TV3) при поджиге управляемого воздушного разрядника F2 мгновенно поступает по высоковольтной энергомагистральной на излучатель.

Прекращение следующего цикла заряда батареи и отключение схемы заряда ЁНЭ от сети производится нажатием кнопки SB2 «СТОП» на передней панели БЗ ЁНЭ или кнопки SB1 «СТОП» на ПДУ. Работа пульта дистанционного управления (ПДУ) приведена ниже. ПДУ предназначен для дистанционного включения схемы заряда и разряда ЁНЭ. Для этого имеются кнопки SB1 «СТОП» и две кнопки SB2.1 и SB2.2 «ПУСК». Светодиод HL1 дублирует светодиод HL2 «ПОДЖИГ» (в блоке БУЗ) и является индикатором включения поджига.

Светодиод HL2 загорается в момент подачи сетевого напряжения на силовой трансформатор TV1 и является индикатором заряда высоковольтным напряжением ЁНЭ. Светодиод HL3 дублирует светодиод HL1 «ГОТОВ», расположенный в блоке БУЗ, и является индикатором готовности блока БУЗ к работе. Микроамперметр РА1 используется в качестве киловольтметра и откалиброван для измерения напряжения ЁНЭ в киловольтметрах.

ПДУ представляет собой автономный блок, связанный через разъем ХТ2 многожильным кабелем с остальными элементами схемы ГИТ.

Разработанная установка имеет широкое практическое применение в геотехническом строительстве. Она внедрена в ряде геотехнических фирм, как ООО «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» (г.Чебоксары) и Научно-производственное объединение «РИТА» (г.Москва). Используя ГИТ, выполнено несколько тысяч объектов подземного строительства, таких как 1) сваи-ЭРТ в свайных полях; 2) грунтовые анкера ЭРТ; 3) сваи-ЭРТ в ограждениях котлованов; 4) цементация оснований и т.д.

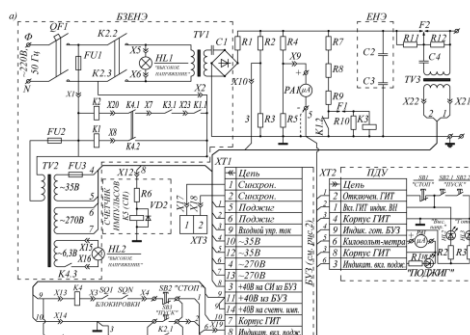


Рисунок 1 Принципиальная электрическая схема генератора импульсных токов (ГИТ)

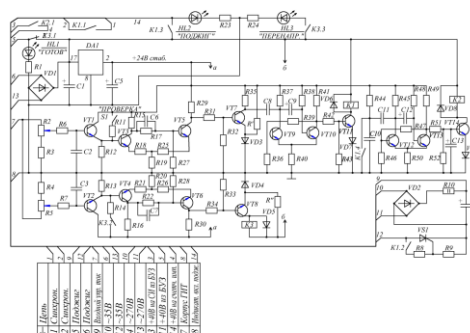


Рисунок 2 Принципиальная электрическая схема блока управления зарядом (БУЗ)

Выводы. Разработанная принципиальная электрическая схема генератора импульсных токов (ГИТ) имеет широкое практическое значение в геотехническом строительстве при возведении заглубленных железобетонных конструкций. ГИТ, являясь накопителем высокой, до 100 кДж, электрической энергии, посредством разрядного устройства разгружаясь в

заполненную мелкозернистым бетоном скважину, за счет возникшего электрогидравлического удара (ЭГУ), создает предпосылки для создания свай ЭРТ повышенной несущей способности. При этом многократное использование ЭГУ вдоль ствола сваи создает условия к существенному, до 3,5 раз, увеличению  $F_d$ .

\*\*\*

1. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроналивных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». 2015. №1. С. 10-13.
2. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроналивных свай при закреплении склонов // "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" Материалы V Всерос. конф. НАСКР-2005. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2005. С. 292-293.
3. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроналивных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всерос. (II-й Международной) конф. НАСКР - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С. 407-411.
4. Тетиор А.Н. Прогрессивные конструкции фундаментов для условий Урала и Тюменской области. // Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1971. 177 с.
5. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. М.: АСВ. 1997. 327 с.
6. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике. Путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. 2-е изд., доп., СПб.: Геореконструкция, 2012. 284 с.
7. Пат. №2250957 РФ, МПК E02D 5/34. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» № 2003121751/03; заяв. 14.07.2003. Бюл. №12, 7 с.
8. Пат. 2318961 РФ, МПК E02D 5/34 (2006.01). Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Соколов Н.С., Таврин В.Ю., Абрамушкин В.А.; патентообладатель Соколов Н.С. №2005141698/03; заявл. 29.12.2005; опубл. 10.03.2008. Бюл. №7. 5 с.
9. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989. с. 136-137.
10. Куженин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980. с. 135
11. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. –Л.: Энергия, 1965. 488 с.
12. Лагугин А.С., Ожогин В.И. Сильные импульсные магнитные поля в физическом эксперименте. М.: Энергоатомиздат, 1988. 192 с.
13. Сильные и сверхсильные магнитные поля и их применения: пер. с англ. / под ред. Ф. Херлаха. М.: Мир, 1998. 456 с.
14. Разевича Д.В. Техника безопасности, 2-е изд.: М.: Энергия, 1976. 488 с.
15. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю.
16. Использование буроналивных свай ЭРТ в качестве оснований
17. фундаментов повышенной несущей способности //Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9.С. 66-70.
18. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары
19. Геотехника. 2016. 1. С. 60-65.
20. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания
21. Строительные материалы. 2019. №6. С.67-71.
22. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроналивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии
23. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании и строительных конструкции и
24. реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (13 Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Д. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И.Тарасов. 2014. С.415-420.

**Соколов Н.С.**

**Исследование установки для устройства свай**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-612

#### **Аннотация**

Разрядно-импульсная технология устройства буроналивных свай открывает новое направление в геотехническом строительстве. Благодаря ее специфическим качествам она

является оригинальной. В отличие от других технологий она позволяет изготовить буроинъекционные сваи повышенной несущей способности. Оригинальность этой технологии заключается в использовании генераторов импульсных токов для создания электрогидравлического эффекта в пробуренной и заполненной мелкозернистым бетоном скважине. Технология устройства буровых свай с помощью генератора импульсных токов способствует повышению надежности и электробезопасности путем уменьшения рабочего напряжения. При формировании высокоэнергетического импульса создаются условия, при которых образуется и развивается ударная волна в виде электрогидравлического эффекта в среде мелкозернистого бетона на грунт стенок буровой скважины.

**Ключевые слова:** батарея конденсаторов, рабочее напряжение, коаксиальный кабель КВИМ, шаговое напряжение, ГИТ, буровая свая, разрядно-импульсная технология (РИТ), многоместные уширения.

### Abstract

Discharge-pulse technology of bored-injection piles arrangement unfolds a new direction in geotechnical construction. Its specific qualities make it original. In comparison with other technologies, it enables production of bored-injection piles with increased load-bearing capacity. The originality of this technology lies in the use of surge-current generators to create an electrohydraulic effect in a drilled well filled with fine-grained concrete. The technology of bored piles arrangement using a surge-current generator contributes to reliability and electrical safety by reducing the operating voltage. When forming a high-energy pulse, conditions are created under which a shock wave is formed and expanded in the form of an electrohydraulic effect in the medium of fine-grained concrete on the ground of the bored well walls.

**Keywords:** capacitor bank, operating voltage, high voltage pulse low-inductance coaxial cable, step voltage, SCG, bored pile, discharge-pulse technology (DPT), multiple extensions.

Проблема повышения несущей способности буроинъекционных и буронабивных свай  $F_d$  является в настоящее время весьма актуальной проблемой в области геотехнического строительства. Особенно она злободневна при строительстве в стесненных и особо стесненных условиях, а также для случаев оснований сложенных проблематичными грунтами. Одним из направлений увеличения несущей способности свай по грунту  $F_d$  является создание уширений (подпятников) вдоль ствола сваи с конкретным шагом или в зависимости от напластования инженерно-геологических элементов (ИГЭ) основания, а также на уровне пяты буроинъекционной или буронабивной сваи. Для достижения этой цели наиболее приемлемой оказывается разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (свай-ЭРТ) [5].

Для осуществления вышеприведенного алгоритма устройства свай-ЭРТ необходимы технологические устройства для создания уширений в теле бетона заполняющего буровую скважину. Этой конструкцией является генератор импульсных токов. Энергия, образованная в нем перемещается через коаксиальный кабель в заполненную бетоном скважину в виде электрогидравлического удара.

Следует отметить, что при использовании генератора импульсных токов часты случаи поражения шаговым напряжением обслуживающего персонала. Это зависит от внешних условий протекания для электрического тока в грунте (например, сопротивления грунта), уровня рабочего электрического напряжения и др. При случайном (аварийном) замыкании высоковольтного кабеля возможно физическое (световое, дуговое, электрическое и электродинамическое) воздействие.

Вышеперечисленное ведет к снижению эксплуатационной надежности работы генератора импульсных токов. При аварийном замыкании возможен выход из строя всей установки в целом.

В технологии ЭРТ выполнение обслуживающим персоналом разрядно-импульсной установки (РИУ) условий техники безопасности является обязательным. При этом

дополнительные защитные мероприятия и средства по технике безопасности усложняют и удорожают технологию изготовления свай-ЭРТ. При этом они не достаточно эффективны и не могут обеспечить на все 100 % безопасность обслуживающего персонала при работе. Это особенно актуально при эксплуатации установки в полевых условиях, как например, во время работы под дождем, снегом, а также при мокром грунте.

Особенно важно, что при изготовлении буроинъекционных свай-ЭРТ должно быть уделено повышенное внимание на надежность технологии и электробезопасности посредством уменьшения рабочего электрического напряжения. При формировании высокоэнергетического электрического импульса необходимо создать такие условия, при которых возникнет электрогидравлический удар.

Изготовление буроинъекционной свай-ЭРТ является многоэтапным процессом (см. рис. 1). Это: 1) бурение скважины; 2) подача в нее мелкозернистого бетона; 3) формирование высоковольтных электрических импульсов для возбуждения в твердеющем материале электрических разрядов с помощью перемещаемого в нем разрядника; 4) возникновение высокоэнергетических импульсов низкого напряжения; 5) с формированием каждого высокоэнергетического импульса низкого напряжения создаются дополнительные маломощные импульсы высокого напряжения для инициирования электрического разряда в перемещаемом разряднике. С целью обеспечения оптимальных условий изготовления буроинъекционной свай с высокими значениями несущей способности создаются электрические импульсы свыше 20 кДж напряжением 500-1000 В, а дополнительные маломощные импульсы - с напряжением 5-15 кВ, и энергией 200-2000 Дж длительностью (5-20)10<sup>-6</sup> сек.

Технология устройства буроинъекционных свай-ЭРТ поясняется алгоритмом, приведенным на рис. 2, здесь t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>... t<sub>8</sub> - стадии изготовления заглубленной конструкции; 1 - скважина; 2 - мелкозернистый бетон; 3 - излучатель (разрядник); 4 – пространственный армокаркас; 5 -зарядно-выпрямительное устройство, 6 - емкостной высокоэнергетический накопитель электроэнергии; 7 - коммутатор накопителя электроэнергии; 8 - питающий низковольтный кабель; 9 - зарядно-выпрямительное устройство; 10 - маломощный высоковольтный источник; 11 - коммутатор маломощного высоковольтного источника; 12 - блок синхронизации; 13 – кабель; 14 - источник с дополнительным иницирующим электродом, размещенным в разряднике; 15 - область формирования разряда; 16 - часть выполненной свай-ЭРТ. Блок синхронизации 12 выполнен для одновременного среагирования последовательно соединенных через него позиций 7 и 11.

Далее с помощью буровых станков производится проходка скважины 1 рассматриваемого диаметра (стадия t<sub>1</sub>). При достижении устья скважины забурник извлекается из скважины 1, часть ее заполняется мелкозернистым бетоном 2 (стадия t<sub>2</sub>). Погружается в скважину 1 пространственный армокаркас 4. Разрядное устройство 3 с питающим низковольтным кабелем 8 подсоединено к емкостному низковольтному накопителю энергии 6 (стадия t<sub>3</sub>).

Зарядно-выпрямительное устройства 5 заряжает накопитель электрической энергии 6, например, энергоемкостью (20-50) кДж до низкого напряжения порядка до 1000 В (стадия t<sub>4</sub>). Параллельно производится зарядка поджигающего устройства 10 энергоемкостью порядка 200-2000 Дж до напряжения 5-15 кВ с его же помощью 9 (стадия t<sub>5</sub>).

Далее подается серия синхронизированных при помощи блока синхронизации 12 высокоэнергетических низковольтных импульсов от накопителя 6, а также маломощных высоковольтных импульсов от источника 10 через кабели 8 и 13 коммутаторы 7 и 11 на разрядник 3 и дополнительный иницирующий электрод 14. Возникает серия низковольтных разрядов основного емкостного накопителя энергии 6 в результате пробоя при помощи образованного иницирующего разряда в области формирования разряда 15.

Такая технологическая последовательность провоцирует возникновение электрогидравлических ударов. Сформировавшиеся ударная волна воздействуют на

мелкозернистый бетон 2 и грунт стенок скважины 1, увеличивая тем самым ее поперечное сечение, а также уплотняя мелкозернистый бетон и формируя часть сваи 16.

При подаче импульса низкого напряжения на разрядное устройство 14 не возникает электрического пробоя, вследствие того что величины напряжений не обеспечивают электрического зазора для пробоя даже при наличии квазипроводящей среды между электродами разрядника. Поэтому в зону электрического разряда для обеспечения этого эффекта подают иницирующий импульс высокого напряжения (5-15) кВ от дополнительного поджигающего устройства энергией равной (200-2000)Дж длительностью (5-20)10<sup>-6</sup> сек синхронно с высокоэнергетическим, выше 20 кДж, импульсом низкого напряжения. Выбор оптимальных параметров напряжения электрического поджига, величины энергии и длительности поджигающего импульса осуществляется опытным путем из условий необходимости изготовления сваи с высокими значениями несущей способности и прочности мелкозернистого бетона ствола, а также безопасности процесса изготовления сваи для обслуживающего технического персонала и оптимального использования существующего электрического оборудования.

С точки зрения выделения энергии при электрогидравлическом эффекте зазор между электродами должен быть порядка 10-20 мм по поверхности диэлектрика [1÷4]. Следует обратить внимание на то, что при низком электрическом напряжении величиной до 1000 В в этом промежутке разряда не образуется [5].

Электрическое напряжение до 1000 В (1 кВ) обусловлено граничным значением с точки зрения техники безопасности, т.к. считается, что высокое напряжение - это величина напряжения свыше 1000 В (1 кВ) [6]. Наиболее оптимальным нижним порогом низкого напряжения является его величина равная 500 В (выбирается исходя из малогабаритных характеристик накопителя). Следует отметить, что при дальнейшем снижении величины напряжения резко возрастают габариты и вес накопителя [9].

В табл. 1 приведены параметры объема и массы накопителя в зависимости от величины зарядного (рабочего) напряжения для импульсного конденсатора К41И 7 (напряжение 5 кВ; емкость 100 мкФ; габариты Ах Вх Н=170х 122х 410 мм; объем V=0,0014 м<sup>3</sup>; масса m=15 кг) при условии накопления электрической энергии накопителем 20 кДж.

Таким образом, наиболее оптимальным является напряжение в интервале 500-1000 В.

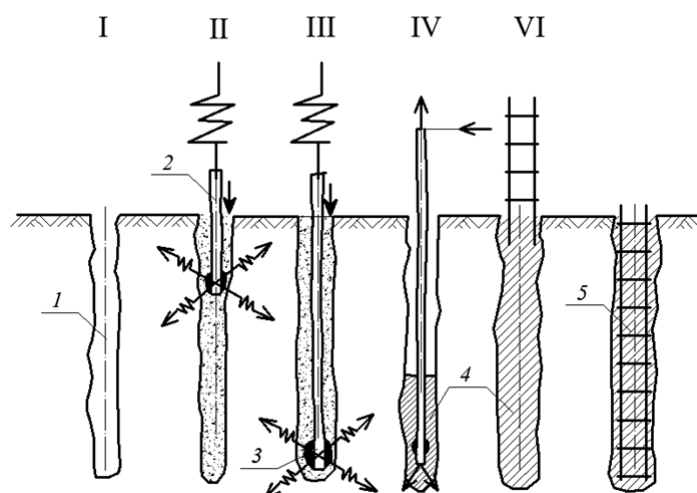


Рисунок 1 Технологическая схема устройства сваи ЭРТ (разрядно-импульсная технология): I – Устройство лидерной скважины; II, III – расширение скважины ЭРТ обработкой; IV – замещение рабочей жидкости бетонной смесью и активация ее по ЭРТ; V, VI – погружение арматурного каркаса в бетонную смесь; 1 – скважина, заполненная рабочей жидкостью; 2 – заливочная штанга; 3 – электрический излучатель; 4 – бетонная смесь; 5 – арматурный каркас.

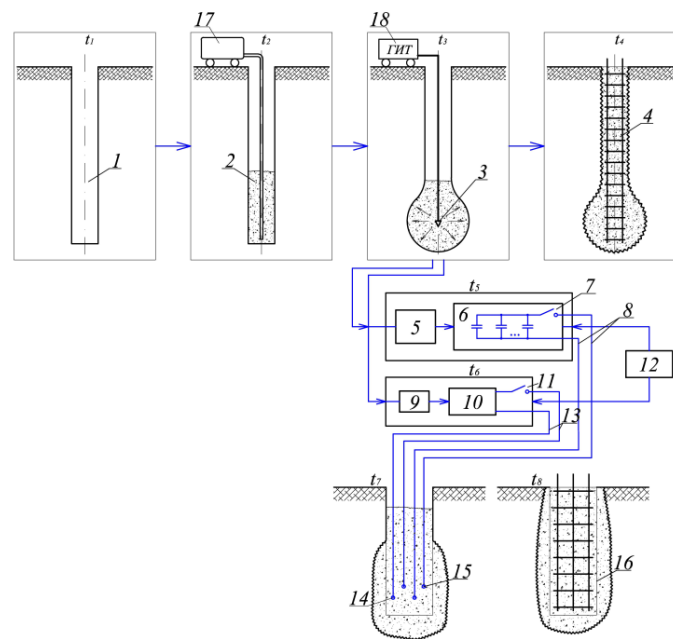


Рисунок 2. План-схема устройства буринъекционных свай-ЭРТ.

Таблица 1

Параметры объема и массы накопителя в зависимости от величины зарядного (рабочего) напряжения для импульсного конденсатора

Рабочее напряжение накопителя, кВ	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0
Количество конденсаторов К41И7 в накопителе, шт	4444	2500	1600	675	400
Объем накопителя при использовании конденсаторов К41И7 м <sup>3</sup>	37,8	21,3	13,6	5,1	3,4
Вес накопителя при использовании конденсаторов К41И7, кг	66,7	37,5	24,0	9,4	6,0
Объем накопителя при использовании конденсаторов К75-40S, м <sup>3</sup>	6,2	3,5	2,2	0,9	0,6
Вес накопителя при использовании конденсаторов К75-40S, кг×10 <sup>3</sup>	10,4	5,9	3,8	1,5	1,0

В то же время высокое напряжение поджигающего импульса также безопасно, так как энергия его, равная 200-2000 Дж, мала, импульс кратковременный и, следовательно, мало и количество электричества [9].

Влияние выбранных параметров выполнения способа на такую характеристику свай, как ее несущая способность  $F_d$  по грунту, приведено в табл. 2. Производились статические испытания свай длиной 12 м, изготовленные из мелкозернистого бетона. Вмещающими грунтами в пределах длины свай служат четвертичные аллювиальные отложения, представленные песками мелкими и пылеватыми с прослоями суглинков и глин. Грунтами активной сжимаемой толщи под острием свай являются пески мелкие и средней крупности. При этом несущая способность полученных свай определялась по существующим методикам в соответствии с [2]. Из табл. 2 следует, что свай, полученные заявленным способом, обладают высокой несущей способностью, вместе с тем условия техники безопасности существенно улучшены.

Таблица 2

Влияние выбранных параметров выполнения способа устройства буроньекционных свай-ЭРТ на несущую способность  $F_d$  по грунту

№	Параметры способа	№ примера			
		1	2	3	4
1	Низкое напряжение накопителя электроимпульсной установки, В	500	700	850	1000
2	Энергия накопителя электроимпульсной установки, кДж	20	25	30	35
3	Высокое напряжение поджигающего импульса, кВ	15	20	10	7
4	Энергия поджигающего устройства, Дж	1100	2000	500	245
5	Длительность поджигающего импульса, с	$20 \cdot 10^{-6}$	$14 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-6}$
6	Несущая способность сваи, кН	820	860	900	920

Электроразрядная технология устройства буроньекционных свай-ЭРТ дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности при устройстве буроньекционных буронабивных свай, грунтовых анкеров, цементаций оснований и т.д.

Ниже приводится один из примеров использования ГИТ для расчета несущей способности буроньекционной сваи-ЭРТ по грунту.

Сваи с многоместными уширениями (СМУ) применяются давно. Опыт использования таких свай есть в Индии, ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, России. Конструкция такой сваи представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Выше этого уширения в зависимости от типа геолого-технических условий и требуемой несущей способности сваи выполняются дополнительные уширения.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность [8, 9, 10, 11, 12]. Несущая способность свай-ЭРТ с одним уширением в 2,0 – 2,5 раза, а с двумя – в 3,0 – 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

Сваи-ЭРТ с многоместными уширениями при нагружении работают следующим образом. На начальном этапе нагружения в работу вступает верхнее уширение. По мере увеличения внешней нагрузки постепенно включаются нижележащие уширения, при этом каждое уширение выполняет функцию дополнительной опоры. Несущие свойства грунтов при опирании на них значительно выше свойств этих же грунтов при трении о них боковой поверхности сваи. Это подтверждается анализом формул расчета несущей способности указанных свай.

Расчет несущей способности сваи без уширения производится по формуле 7.11 [7]:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} R A + u \sum_{i=1}^n (\gamma_{cf} f_i h_i)),$$

В формуле (1) первое слагаемое  $\gamma_{cR} R A$  представляет собой несущую способность буроньекционной сваи под ее нижним концом, а второе -  $u$  несущую способность по боковой поверхности.

Несущую способность свай с многоместными уширениями следует определять по формуле 2 [8]:

$$F_d = \gamma_c \left[ \gamma_{cR} R A + (\gamma_{cR} \sum R_{i,бок} A_{i,бок} + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \right].$$

Автор настоящей статьи (директор ООО НПФ «ФОРСТ») в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Им было показано, что сваи

ЭРТ с местными уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений.

Опрессовка грунта стенок скважины по технологии ЭРТ производится с помощью камуфлетных уширений [7, 8]. Это буринъекционные сваи, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ). У этих свай повышенные значения  $\alpha$  и  $\beta$ , а именно  $\alpha=1,3$ , а  $\beta=1,1 \div 1,3$  благодаря восстановительной способности структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай-ЭРТ составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности – в  $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2 \div 2,6$  раза.

При определении несущей способности  $F_d$  по формуле (7.11) [7] значения расчетных сопротивлений  $R$  и  $f$  определяются по таблицам 7.3 и 7.8. [7]. В табл. 7.3 [7] приведены значения  $f$  для различных значений  $I_L$ , а в табл. 7.8 [7] – то же для  $R$ . Для наглядности величины  $R/f=f(h)$  для различных значений  $I_L$  приведены ниже в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость отношения расчетных сопротивлений  $R$  к расчетному сопротивлению  $f$  по боковой поверхности для различных значений показателей текучести  $I_L$ .

1	$I_L=0,2$			$I_L=0,3$			$I_L=0,4$			$I_L=0,5$			$I_L=0,6$		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$h, м$	$R, КПа$	$f, КПа$	$R/f$	$R, КПа$	$f, КПа$	$R/f$	$R, КПа$	$f, КПа$	$R/f$	$R, КПа$	$f, КПа$	$R/f$	$R, КПа$	$f, КПа$	$R/f$
3	650	48	13,5	500	35	14,2	400	25	16,0	300	20	15,0	250	14	17,9
5	750	56	13,7	650	40	16,3	500	29	17,2	400	24	16,7	350	17	20,6
7	850	60	14,2	750	43	17,4	600	32	18,8	500	25	20,0	450	19	23,7
10	1050	65	16,2	950	46	20,7	800	34	23,5	700	27	25,9	600	19	31,6
12	1250	68	18,4	1100	48	22,9	950	36	26,4	800	28	28,6	700	19	36,5
15	1500	72	20,8	1300	51	25,5	1100	38	28,9	1000	28	35,7	800	20	40
18	1700	76	22,4	1500	53	28,3	1300	40	32,5	1150	29	39,7	950	20	47,5
20	1900	79	24,1	1650	56	29,5	1450	41	25,4	1250	30	41,7	1050	20	52,5
30	2600	81	32,0	2300	61	37,7	2000	44	44,0	-	-	-	-	-	-
$\geq 40$	3500	93	37,6	3000	66	45,4	2500	47	53,2	-	-	-	-	-	-

Примечание:  $h$  - глубина расположения рассматриваемого слоя;  $I_L$  - показатель текучести;  $R$  - расчетное сопротивление грунта под уширением;  $f$  - расчетное сопротивление по боковой поверхности.

Выводы: Разработанный генератор импульсных токов (ГИТ) имеет широкое практическое значение. ГИТ, являясь накопителем высокой до 100 кДж электрической энергии посредством разрядного устройства разгружаясь в заполненную мелкозернистым бетоном скважину, за счет возникшего электрогидравлического удара (ЭГУ), создает предпосылки для создания свай-ЭРТ повышенной несущей способности. При этом многократное использование ЭГУ вдоль ствола сваи создает условия к существенному до 3,5 раз увеличению  $F_d$ .

\*\*\*

1. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989. с. 136-137.
2. ГОСТ 5686-2012. Методы полевых испытаний сваями. М.: Стандартинформ, 2014. 25 с.
3. Куженин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980. с. 135 [с. 52-56].



4. Приказ Минэнерго РФ №6 от 13.01.2003. Правила техники безопасности и технической эксплуатации электрооборудования. Минюст РФ № 4145. - 15 с.
5. Патент №2250957 РФ, МПК E02D 5/34. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» № 2003121751/03; заяв. 14.07.2003. Бюл. №12, 7 с.
6. Разевича Д.В. Техника безопасности, 2-е изд.: М.: Энергия, 1976. 7. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М. Стройиздат. 1985.
7. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Об ошибочном способе устройства буроинъекционных свай с использованием электроразрядной технологии // Жилищное строительство. № 11. 2016. С. 20-29.
8. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. –Л.: Энергия, 1965. 488 с.
9. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ. Строительные материалы. 2017. 5. С. 16-19.
10. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища.
11. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 13-19.
12. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю.
13. Использование буроинъекционных свай ЭРТ в качестве оснований
14. фундаментов повышенной несущей способности
15. Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9. С. 66-70.
16. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары
17. Геотехника. 2016. 1. С. 60-65.

**Соколов Н.С.**

**Подход решения по увеличению несущей способности основания**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-613*

**Аннотация**

В современном геотехническом строительстве имеется в наличии ряд технологий по устройству буровых свай. Известно, что несущая способность по грунту  $F_d$  любой сваи является основным показателем для целей восприятий повышенных нагрузок от надфундаментных конструкций. Для достижений повышенных значений  $F_d$  для большинства технологий устройства заглубленных конструкций основным направлением является или увеличение диаметра сваи или ее длины. При таком походе буровые сваи при повышенных нагрузках на них будут громоздкими. Вторым подходом увеличения  $F_d$  является прогрессивная технология устройства буровых свай с помощью промежуточных уширений. Для этих свай основным для увеличения несущей способности буровых свай является не увеличение их диаметра, а количество уширений вдоль их длины. В настоящей статье рассматривается третий подход устройства буровых свай повышенной несущей способности, основанной на совместной работе грунтоцементной сваи, сваи SFA (НППШ) и окружающего массива грунта.

**Ключевые слова:** буровая свая, несущая способность, грунтоцементная свая, электроразрядная технология, технология непрерывного проходного шнека SFA (НППШ), грунтобетонная свая (ГБС).

**Abstract**

A number of bored pile technologies are available in modern geotechnical construction. It is known that the dynamic capacity formula  $F_d$  of any pile is the main indicator for the purpose of increased loads accommodation from structures above foundation. The main approach to achieving increased  $F_d$  values for most buried structure technologies is to increase either the diameter or the length of a pile. With this approach bored piles with increased loads would be rather massive. A second approach to increasing  $F_d$  values is the advanced technology of bored pile placement using

intermediate pile extensions. For these piles, in order to increase the bored piles bearing capacity it is not their diameter that should be increased but the number of extensions along their length. The article considers the third approach to bored pile arrangement with increased bearing capacity, based on combined effect of a jet grouting pile, CFA pile and soil in-situ.

**Keywords:** bored pile, bearing capacity, jet grouting pile, electric discharge technology, continuous flight auger technology (CFA), soil-concrete pile (SCP).

Устройство буровых свай повышенной несущей способности  $F_d$  является важной геотехнической задачей при возведении зданий повышенной этажности. Для достижения этой цели важно максимальное использование совместной работы свай с грунтом, а также его фрикционных характеристик.

В настоящей статье рассматривается один из подходов устройства буровой сваи, являющиеся синтезом 3-х геотехнических технологий: 1. Get-технология – устройство грунтоцементных свай согласно «СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования Москва. 2017»; 2. Технология SFA – устройство буроинъекционных свай с помощью непрерывных проходных шнеков (НПШ) в теле грунтоцементного массива вдоль его оси симметрии, как правило, диаметром не более 300 мм; 3. Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай. Электрогидравлический эффект возникающий при обработке мелкозернистого бетона способствует внедрению его в грунтоцементный массив. Тем самым происходит более полное сцепление этих двух конструктивных элементов [1-3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Это обстоятельство позволяет сконструировать принципиально новую заглубленную железобетонную конструкцию – грунтобетонную сваю.

Ниже на рис. 1 приведена принципиальная схема устройства этой сваи, в том числе на рис. 1 а – схема устройства буроинъекционной сваи SFA (НПШ) (поз. 2) внутри грунтоцементной сваи (поз. 1), а на рис. 1 б – схема устройства буроинъекционной сваи SFA (НПШ) (поз. 3) мелкозернистый бетон которой обработан с помощью электрогидравлической технологии и армирован пространственным каркасом (поз. 4), внутри грунтоцементного массива (поз. 1).

Заглубленная железобетонная конструкция – грунтобетонная свая приведенная на рис. 1 б в отличие от других типов имеет сложную конструкцию поперечного сечения. Несущим элементом служит электрогидравлически обработанная и армированная свая SFA (НПШ) (поз. 3). Ее несущая способность по наружной поверхности зависит от фрикционных характеристик грунтоцементной составляющей (поз.1) (см. рис.2).

Кроме того свая SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом работает как железобетонная свая трения по боковой поверхности с окружающим грунтом (см. рис. 3).

Таким образом, можно предложить следующий алгоритм определения несущей способности комплексной грунтобетонной сваи (ГБС):

1. Гипотеза о том, что произойдет срыв сваи SFA (НПШ) по контактной наружной поверхности под внешним воздействием сосредоточенной нагрузки  $N_I$  (см. рис. 2). При этом значения предельных сдвигающих сил по наиболее слабому бетону  $N_{bxy,ult}$  (грунтоцементный массив) следует определить по формуле (8.114) СП 63.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»  $N_{bxy,ult} = 0,3 \cdot R_{bt} \cdot A_b$  (1)

где  $A_b$  – рабочая площадь поперечного сечения бетона сваи по контакту с грунтоцементным массивом (принимается площадь наружной поверхности сваи SFA (НПШ)):  $A_b = \pi d \cdot h$ , здесь  $d$  – диаметр сваи, м;  $h$  – ее длина;  $R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение: принимается по табл. 6.8 СП 63.13330.2012.

Несущая способность  $F_{d1}$  будет равной  $N_{bxy,ult}$ , т.е.  $F_{d1} = N_{bxy,ult}$ . (2)

2. Гипотеза о том, что срез сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом произойдет по ненарушенному грунту от внешней нагрузки, предполагает определение несущей способности  $F_{d2}$  по формуле (7.11) СП 24.13330.2021 Актуализированная редакция

СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты». В том случае схема к расчету приведена на рис. 3.  $F_d = \gamma_c (\gamma_c R \cdot R \cdot A + \gamma_{cf} u \Sigma f_i \cdot h_i)$ . (3)

3. Из двух значений  $F_{d1}$  и  $F_{d2}$  принимается в качестве нормативного значения  $F_d$  минимальное значение.

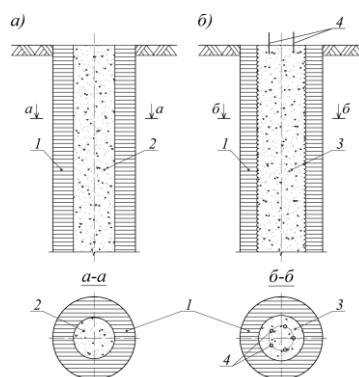


Рисунок 1 Схема устройства грунтбетонной сваи (ГБС).

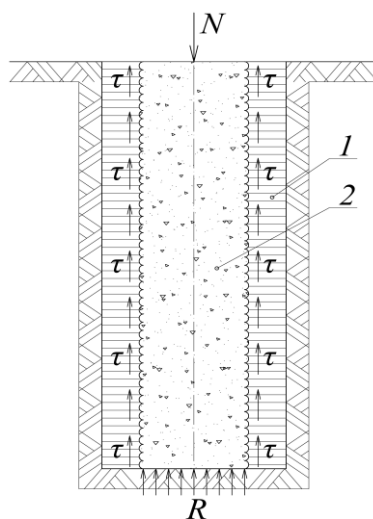


Рисунок 2 Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) по грунтоцементному основанию  $F_{d1}$ : 1-грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ).

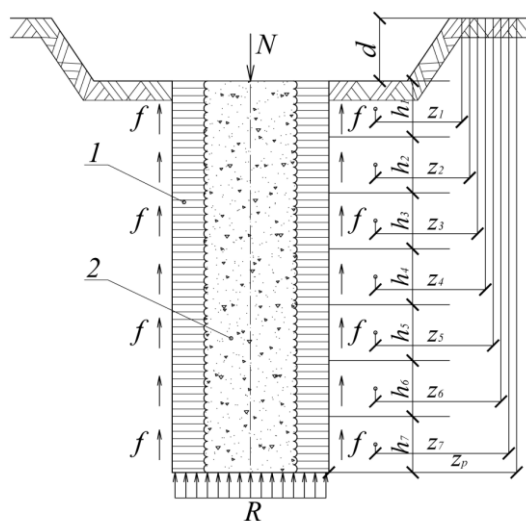


Рисунок 3 Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом по грунту (грунтбетонные сваи (ГБС)) 1-грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ).

Ниже приведен пример определения несущей способности грунтобетонной сваи (ГБС).

Инженерно-геологический разрез (см. рис.4) ИГЭ №1 площадки строительства от поверхности представлен насыпным грунтом с включениями обломков кирпича.

Ниже залегает ИГЭ №2. Это суглинки лёссовые непросадочные, (prQIII), от мягко- до туго- пластичной консистенции, редко полутвердый, с числом пластичности  $I_p=0,14$ . Далее подстилается ИГЭ №3. Суглинки песчанистые (pdQIII) тугопластичные с  $I_p=0,14$ , залегают в подошве четвертичных грунтов фрагментами в виде линз мощностью 0,5-1,2 м. ИГЭ №4. Представляют глины алевритистые (P2t) и с прослойками алевритов, полутвердые, с числом пластичности  $I_p = 0,30$ .

Несущую способность сваи SFA (НПШ) относительно грунтоцементного массива на гипотезе 1 определяем по формуле (1):  $Fd1=0,3 \cdot Rbt \cdot Ab = 0,3 \cdot 480 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 11,2=1519$  кН.

Здесь  $Rbt$  – расчетное сопротивление осевому растяжению при  $B7,5$  равно 480 кПа,

$Ab$  – площадь нагруженного периметра сваи SFA (НПШ) при  $\square 300$  равна  $Ab = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 11,2=10,6$  м<sup>2</sup>

Для определения несущей способности по гипотезе 2 на рис. 4 приведена схема к расчету.

В формулу (3) подставляя при среднем диаметре  $\square = 600$  мм:  $A=0,28$  м<sup>2</sup>;  $u=1,88$  м определяем несущую способность  $Fd$

$$Fd=\gamma c(\gamma c R \cdot R \cdot A + \gamma c f \cdot u \Sigma f_i \cdot h_i)=1(1 \cdot 1500 \cdot 0,28 + 1 \cdot 1,88 \cdot 367)=1109 \text{ кН.}$$

Таким образом, анализируя предыдущие расчеты в качестве расчетной несущей способности принимается минимальное значение  $Fd=Fd2= 1106$  кН.

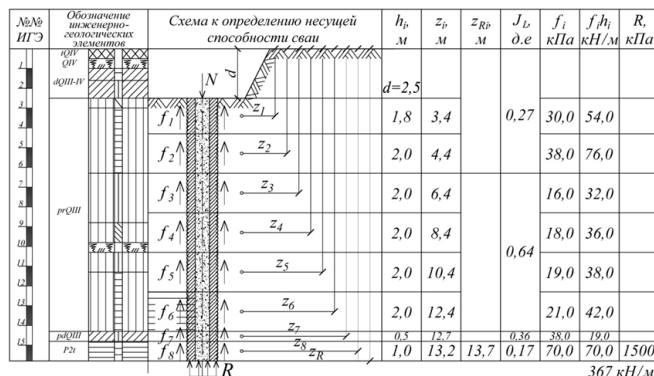


Рисунок 4 Схема к определению несущей способности грунтобетонной сваи по грунту.

**Выводы:**

1. Грунтобетонная свая (ГБС) являясь синтезом Get – сваи и сваи – ЭРТ изготовленной по разрядно-импульсной технологии является новым направлением в геотехническом строительстве.
2. Несущую способность ее по грунту рекомендуется определять как для буровой сваи.
3. За счет электрогидравлической обработки можно существенно повысить прочность грунтоцементного массива.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Разводовский Д.Е., Чепурнова А. А. Оценка влияния усиления фундаментов зданий по технологии струйной цементации на их осадку // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №10. Стр. 64-72.
4. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Мелкозернистый бетон, как конструкционный строительный материал буронабортных свай-ЭРТ // Строительные материалы. №5. 2017. Стр. 16-20.

5. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Бурионъекционная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция // Строительные материалы. №9. 2017. Стр. 47-50.
6. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной свай // Вестник Чувашского университета. №3. 2017. Стр. 152-159.
7. Соколов Н.С., Кадышев Е.Н. Электроразрядная технология для устройства бурионъекционных свай // Вестник Чувашского университета. №3. 2017. Стр. 159-165.
8. Соколов Н.С. Использование бурионъекционных свай-ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. №8. 2017. Стр. 74-79.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет бурионъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. №11. 2017. Стр. 20-26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием бурионъекционных свай-ЭРТ с местными уширениями // Жилищное строительство. №9. 2017. Стр. 25-29.
11. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной свай // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование №12. 2017, стр. 38-43
12. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science 15 (2017) 4, 482. p. 518-523
13. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления бурионъекционных свай // Жилищное строительство. 2018 №.1÷2 с. 62-66.
14. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
15. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет бурионъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
16. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства бурионъекционных свай с
17. местными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.

**Соколов Н.С.**

**Распространенная ошибка при строительстве объектов**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-614*

**Аннотация**

Строительство объектов в стесненных условиях требует особого подхода, связанного с необходимостью разработки и осуществления мероприятий по обеспечению безаварийной эксплуатации зданий окружающей застройки в пределах геотехнического влияния. Зачастую строители пренебрегают влиянием технологии возведения нового объекта на возможные негативные последствия (появившиеся трещины на фасадах вследствие неравномерных осадок, кренов и т.д.) эксплуатируемых зданий. До сих пор муссируется понятие "минимальной цены" при возведении части здания ниже нулевой отметки. При таком подходе полностью пренебрегается понятием "технической целесообразности". При этом строители идут на любые ухищрения для уменьшения стоимости. Такой "иррациональный" способ строительства в конечном итоге может привести к существенному удорожанию строительства нулевой части здания и, как правило, к увеличению сроков возведения (согласования нового проекта в результате замены на другую геотехническую технологию, прохождение новой строительной экспертизы). В рассматриваемой статье рассматривается один негативный случай из геотехнической практики строительства 16 этажного жилого дома рядом с существующим пятиэтажным жилым домом.

**Ключевые слова:** геотехническое строительство, неравномерные осадки, грунтовые анкера, ограждение котлована, электроразрядная технология, свай ЭРТ.

**Abstract**

Facilities construction in confined conditions requires a special approach driven by the need of developing and implementing measures to ensure accident-free operation of buildings of the surrounding development in the area of geotechnical impact. In many cases constructors disregard the effect of a new facility construction technology, related to the possible negative consequences (cracks

on facades due to differential settlements, lurches, etc.) for the buildings in operation. The notion of a "minimum price" for erecting a below-surface part of a building is still being played up. This approach completely neglects the concept of "technical feasibility". At the same time, constructors get quite creative in methods of reducing the cost. The "irrational" method of construction may eventually lead to a significant increase in the cost of construction of the zero-cycle part of the building and, as a rule, to an increase in the construction time (approval of a new project as a result of geotechnical technology replacement, a new construction expertise). The article discusses one malpractice case of geotechnical construction when a 16-story block of flats was built next to an existing five-story block of flats.

**Keywords:** geotechnical construction, differential settlement, ground anchorage, shoring of excavation, discharge-pulse technology, DPT piles.

Строительство объектов в стесненных условиях является наиболее проблемной с точки зрения технологии строительного производства частей ниже нулевой отметки. При проектировании и возведении должен быть разработан комплекс мероприятий по обеспечению безаварийной эксплуатации зданий существующей застройки. Современные геотехнические технологии позволяют успешно решать подобные задачи [1-10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. В данной статье рассмотрен отрицательный пример строительства многоэтажного жилого дома рядом с существующим домом.

Объект нового строительства состоит из одного единого монолитного блока имеющего прямоугольную в плане форму. Надземная часть объекта строительства состоит из 16 этажей и технического этажа. Конструктивная схема представляет собой железобетонный монолитный безригельный каркас с самонесущими наружными стенами из пенобетонных блоков, опирающихся на междуэтажные перекрытия. Перекрытия и покрытия – монолитные железобетонные. Решение фундамента предусмотрено в качестве монолитной железобетонной фундаментной плиты. Глубина котлована на различных участках колеблется в пределах от 9,3 м до 9,6 м. Абсолютная отметка дна котлована составляет 175,30 м Балтийской Системы (БС). Ширина котлована в плане равна 27,0 м, а его длина – 40,0 м.

В соответствии с п. 9.36 СП 22.13330.2016 "Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83х "Основания зданий и сооружений" радиус зоны влияния нового строительства равен  $r_{зв}=4 \cdot N_k$  для котлована, разрабатываемого с устройством ограждения из стальных труб. Таким образом, зона влияния составила 38,4 м. В указанной зоне расположен пятиэтажный двух подъездный жилой дом. Категория технического состояния исследуемого жилого здания по отчетам по результатам технического обследования удовлетворительное. Здание - бескаркасное кирпичное с продольными несущими стенами. Пространственная жесткость здания обеспечивается жесткими дисками междуэтажных перекрытий и покрытий, блоками лестничных клеток. Здание пятиэтажное с подвалом. В плане здание имеет размеры 54,0х12,75 по высоте 17,0 м. Фундаменты под здание – ленточные сборные из блоков ФБС толщиной 400-500 мм, уложенных на монолитный железобетонный пояс, установленный по фундаментным плитам ФЛ. Глубина заложения фундаментов – 2,79-3,05 м. Стены здания выполнены из силикатного кирпича толщиной 510,0 мм на цементно-песчаном растворе. Внутренние несущие стены толщиной 380,0 мм выложены из силикатного кирпича, а междуэтажные и чердачные перекрытия смонтированы из железобетонных многопустотных плит толщиной 220,0 мм.

В первоначальном варианте крепление стенок котлована запроектировано в виде раскрепленной шпунтовой стенки с использованием двух ярусов грунтовых анкеров "Атлант" (см. рис. 1А). Для этого случая для шпунтовой стенки использованы стальные трубы сечением 530х8 по ГОСТ 10704-91 "Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент" с шагом 1,0 м., а по оси "Ж" трубы устроены с шагом 0,8 м. Кроме того, в непосредственной близости от здания трубы заполняются тяжелым бетоном. Отметка верха труб шпунтовой стенки принята переменной – от 184,54 м до 184,84 м БС. Низ труб ограждения по осям 1, А и 12 располагается на отметках от 171,54 до 171,84 м БС при их длине 13,0 м, по оси "Ж" низ труб ограждения располагается на отметке 166,84 м БС при длине труб 18,0 м. Между трубами ограждения устраивается забирка из досок толщиной 40,0 мм.

По просьбе заказчика - застройщика нам (ООО Научно-производственная фирма "ФОРСТ") было поручено разработать альтернативный вариант раскрепленной шпунтовой стенки с использованием стальных труб тех же размеров поперечного сечения, но грунтовых анкеров в три яруса, изготавливаемых по электроразрядной технологии (анкера ЭРТ) (см. рис. 1Б). При этом расчетная глубина заделки стальных труб оказалась глубже первоначального проекта. Кроме того на участках примыкания к существующим домам нами было запроектированы шпунтовые стенки из бурокасательных буроинъекционных свай - ЭРТ диаметром 350 мм с монолитным железобетонным обвязочным поясом по верху свай. Запроектированная стена представляет собой сплошную монолитную заглубленную железобетонную конструкцию, которая препятствовало бы осыпанию грунта из-под подошвы фундаментов существующего жилого дома в процессе открытия котлована.

Заказчик изучая оба варианта ограждения котлована пришел к странному заключению о необходимости удешевления проекта ограждения котлована. В этом случае полностью гарантированно пренебрегается смысл "технической целесообразности", хотя при этом экономическая эффективность приобретает. Таким образом им был заказан третий вариант проекта ограждения котлована, но без анкерного крепления с использованием также как и в предыдущих проектах стальных труб и стальных расстрелов, но без устройства сплошных шпунтовых стен на участках примыкания к существующему жилому дому. Для равномерного восприятия усилий от грунта и передачи их на расстрелы запроектирован распределительный пояс из спаренных швеллеров 50Б2. Следует обратить внимание на тот факт, что при производстве работ в качестве конструкционного материала для расстрелов были использованы бывшие в употреблении стальные трубы. При отрывке котлована они получили значительные деформации (прогибы, смятия поперечного сечения, а также провалы грунта и асфальта). При этом отсутствие сплошных заградительных шпунтовых стен на участках примыкания к существующему жилому дому при производстве работ по открытию котлована привело к вываливанию грунта из-под подошвы фундамента. В результате этого существующий жилой дом получил мгновенную вертикальную деформацию, о чем свидетельствуют появившиеся деформационные трещины на наружных поверхностях фасадов, прогрессирующие во времени. Срочно организованный геотехнический мониторинг за вертикальными перемещениями осадочных марок (рис. 2, 3) подтвердил худшие опасения. Часть жилого дома со стороны нового строительства просел и продолжает деформироваться (см. рис. 4). Заказчик срочно принял решение о разработке проекта цементационного закрепления деформированной части основания и немедленного его осуществления (см. рис. 4). Результаты геотехнического мониторинга свидетельствуют, что даже после проведения геотехнических работ по цементации основания деформации основания продолжали развиваться. При этом все предельно допустимые деформации уже превышены. Например, наиболее деформированная осадочная марка получила вертикальное перемещение 52,0 мм (см. рис. 5) при допустимом значении 20,0 мм.

Во избежание дальнейших деформаций существующего жилого дома заказчик опять обратился к нам (ООО НПФ "ФОРСТ") с просьбой разработать проект усиления деформированного основания и выполнения геотехнических работ по усилению. Была использована разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (сваи ЭРТ). Усиление основания по этой геотехнической технологии позволило предотвратить дальнейшие деформации основания, о чем свидетельствуют 1) геотехнический прогноз и 2) и результаты геотехнического мониторинга за вертикальными перемещениями осадочных марок.

Таблица 1

Геотехнические мероприятия по восстановлению эксплуатационной пригодности существующего жилого дома

№ № проектов	Наименование геотехнической технологии	Мероприятия предусмотренные для защиты существующего здания	Осуществленные мероприятия	Дополнительные геотехнические мероприятия	Результаты проведенных работ
1	Раскрепленная подпорная стена из стальных труб и грунтовых анкеров "Атлант" в два яруса	нет	Проект отменен	нет	
2	Раскрепленная подпорная стена из стальных труб и грунтовых анкеров ЭРТ в три яруса	Запроектирована сплошная стена из бурокасательных буроинъекционных свай ЭРТ	Проект отменен	нет	
3	Раскрепленная подпорная стена из стальных труб и двух поясов расстрелов	Запроектирована забирка из деревянных досок толщиной 40 мм	Проект осуществлен с расстрелами в один пояс	1. Выполнено цементационное закрепление основания; 2. Произведено усиление основания фундаментов существующего дома.	1. Деформации дома продолжаются; 2. Деформации дома прекращены

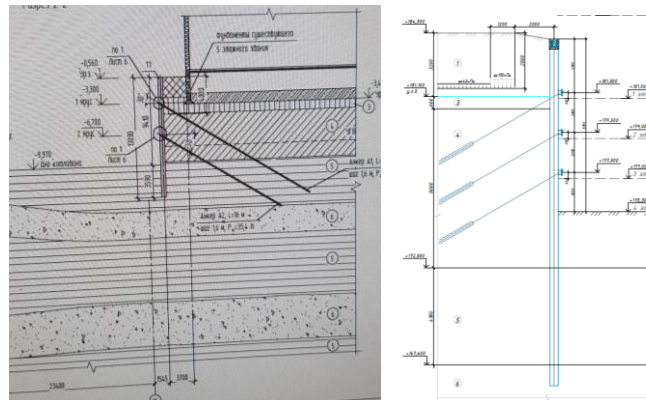


Рисунок 1. Варианты раскрепленных ограждений котлованов с помощью грунтовых анкеров: А. Анкеры "Атлант"; Б. Анкеры "ЭРТ".

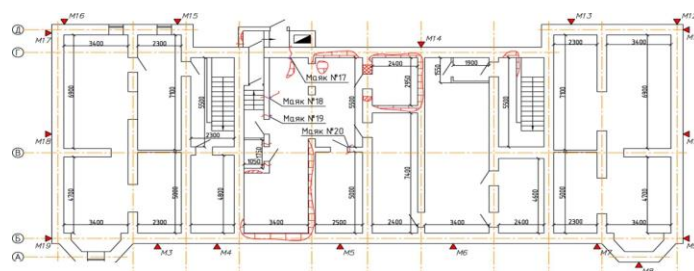


Рисунок 2. План типового этажа объекта №1.





Рисунок 3. Фасад объекта №1.

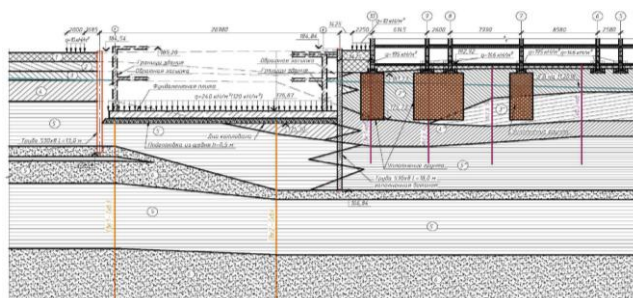


Рисунок 4. Вертикальная привязка строящегося объекта и цементационного закрепления основания существующего дома №1 в инженерно-геологический разрез.

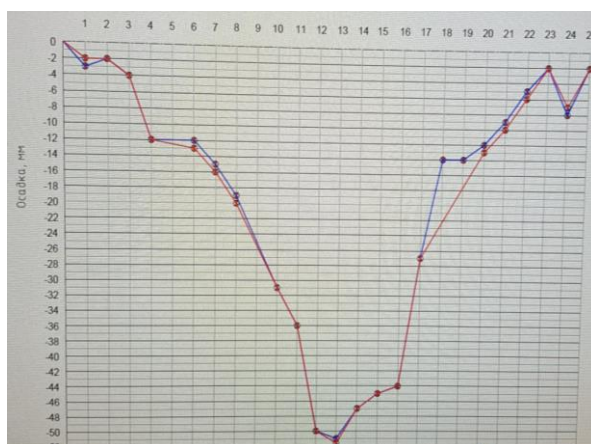


Рисунок 5. Графики осадок деформационных марок, установленных вокруг существующего дома №1.

1. В геотехническом строительстве в стесненных условиях пренебрежение принципа "технической целесообразности" в угоду достижения экономической эффективности в большинстве случаев приводит к нарушениям эксплуатационной надежности существующих зданий и сооружений;
2. Так называемая приобретенная "экономическая эффективность" может существенно обнулиться или проект в итоге окажется намного дороже первоначального. При этом гарантированно увеличатся сроки строительства.

\*\*\*

1. Мангушев Р.А., Никифорова Н.С., Коношков В.В., Осокин А.И. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах. М.: АСВ, 2013. 256 с.
2. Мангушев Р.А., Веселов А.А., Коношков В.В., Сапин Д.А. Численное моделирование технологической осадки соседних зданий при устройстве траншейной «стены в грунте» // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 5 (34). С. 87-98.
3. Маковецкий О.А., Зуев С.С., Хусаинов И.И., Тимофеев М.А. Обеспечение геотехнической безопасности строящегося здания // Жилищное строительство. 2014. № 9. С 34-38.

4. Ilchev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
5. Ilyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
6. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros, of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, 28th IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
7. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. P. 338-342.
8. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
9. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September. 2007. Vol. 2. P. 683-688.
10. Пономарев А.Б. Геотехнический мониторинг жилого дома // Жилищное строительство. 2015. № 9. С. 41-46.
11. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). 2014. г.Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета. С.411-415.
12. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. №9. -2016. С.11-14.
13. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. №10. 2016. С.54 - 59.
14. Пичугин Ю.П., Соколов Н.С. Генератор импульсных токов.
15. Патент на изобретение RU2282936 C1, 27.08.2006. Заявка №2005102864/09 от 04.02.2005.
16. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Способ возведения набивной конструкции в грунте
17. Патент на изобретение RU2605213 C1, 20.12.2016. Заявка №2015126349/03 от 01.07.2015.
18. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища В сборнике: Управління водними ресурсами в умовах змін клімату. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 71-72.
19. Соколов Н.С., Рябинов В.М., Таврии В.Ю., Абрамушкин В.А. Способ возведения набивной сваи. Патент на изобретение RU2318960 C2, 10.03.2008. Заявка № 2005140716/03 от 26.12.2005.
20. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища В сборнике: Управління водними ресурсами в умовах змін клімату. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017.С.71-72.
21. Соколов Н.С. Определение несущей способности буроинъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками". В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции, материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. 2012. С 289-292.

**Соколов Н.С.**

**Расчет осадок фундаментов при повышенных нагрузках**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-615*

#### **Аннотация**

Большой опыт эксплуатации и результаты длительных наблюдений за осадками большегабаритных фундаментов при повышенных на них нагрузках показывают, что фактические осадки оказались значительно больше расчетных величин, определенных по формуле расчета осадки основанной на модели линейно-деформируемого слоя конечной толщины. Материал фактических осадок построенных объектов показывает, что кривые осадок состоят из линейного и нелинейного участков. Линейный участок имеет место для среднесжимаемых грунтов в первой половине среднего давления  $P_{\text{шт}}$ . При  $P_{\text{шт}}$  больше

250÷300 кПа начинается возрастание скорости осадки в процессе роста нагрузки до полной ее расчетной величины. Затем скорость осадки переходит в стадию стабилизации. Возрастание скоростей осадок на нелинейном участке следует объяснить возрастанием роли горизонтальных перемещений в общей деформации основания.

**Ключевые слова:** неравномерность деформаций, горизонтальные перемещения, скорость осадок, линейно-деформируемый слой конечной толщины.

### Abstract

The extensive operational experience and the results of long-term observations of oversize foundation settlement under increased loads show that the actual settlement values were much higher than the calculated values determined by the settlement calculation formula based on the theory of linearly deformed layer of finite thickness. The material of actual settlement for objects constructed shows that the settlement curves consist of linear and non-linear parts. A linear part holds for medium compressible soils in the first half of the mean pressure  $P_{\text{IImt}}$ . At  $P_{\text{IImt}}$  greater than 250÷300 kPa, the rate of settlement starts to increase during the load growth up to its full calculated value. Then the stabilization stage for the rate of settlement values occurs. The increase in settlement rates in the non-linear part should be explained by the increasing role of horizontal displacements in the overall foundation deformation.

**Keywords:** non-uniformity of strain, horizontal displacements, settlement rate, linearly deformed layer of finite thickness.

Наблюдения за осадками большеразмерных фундаментов при повышенных нагрузках показывают, что деформации грунтов, залегающих в их основаниях, имеют две стадии осадок во времени с ростом нагрузки на основание. Первая стадия осадки основания относится к уплотнению грунтов при нагрузке до  $P_{\text{IImt}}=250\div300$  кПа, когда кривая осадки прямо пропорциональна росту среднего давления  $P_{\text{IImt}}$  на основание. Вторая стадия деформации основания происходит за счет горизонтальных перемещений грунтов основания, при этом нагрузка на основание превышает  $P_{\text{IImt}}=250\div300$  кПа. На этой стадии осадка фундаментной плиты резко возрастает. Об этом свидетельствуют также исследования в стендовых условиях с моделями фундаментов, проведенных М.Н. Окуловой и М.Н. Балюрой [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], а также в полигонных и натуральных условиях, проведенных Л.А. Шелест [10, 11]. Наиболее ценные исследования в натуральных условиях проведены в основаниях для случаев резервуаров и насыпей резервуаров и насыпей.

Так, например Роберт Дар [12] провел натурные исследования в основаниях трех резервуаров диаметром  $D=38,0$  м и высотой  $h=14,6$  м с целью выявления роли горизонтальных перемещений в общей осадке этих сооружений. В основаниях этих резервуаров залегают плотные пески толщиной 4,8 м, супеси и суглинки мощностью около 6 м. Ниже подстилаются и плотные глины. Нагрузки на основание прикладывались ступенями и измерялись осадки по периметру и горизонтальные перемещения грунтов на различной глубине по вертикали, проходящей в непосредственной близости от резервуара. Усилия на основание создавались при помощи нагрузки от веса столба воды.

Анализируя результаты исследований Р. Дар [12] пришел к выводу, о том что при увеличении нагрузки на основание резервуара наблюдается значительный рост горизонтальных перемещений грунтов. Максимальные величины зафиксированы на глубине  $z=5$  м от поверхности и составили на конец испытаний  $S=19,5$  см (рис. 1) при максимальной величине осадки  $S=27,5$  см.

Отмеченное выше явление наблюдается и в экспериментах Белони [13], который также исследовал деформации основания резервуара диаметром  $\varnothing 13$  м и высотой  $h=14,7$  м. Как и в натуральных экспериментах, проведенных Р. Даром [12], максимальные горизонтальные перемещения при тех же значениях давлений составили  $u=19,2$  см при максимальной осадке резервуара  $S=73,8$  см. Правда, при опорожнении этого резервуара горизонтальные

перемещения грунтов в основании продолжали увеличиваться и достигли в конечном счете величины  $u_{max}=25$  см (рис. 2).

Исследованиями П.А. Коновалова и Р.А. Усманова [14] выявлено значительное влияние горизонтальных перемещений грунтов оснований на величину общей осадки моделей и натуральных резервуаров. Величины пределов пропорциональности определенных по графикам "осадки - нагрузка" указывают, что криволинейность графика  $S=f(P)$  обуславливается все более возрастающими величинами горизонтальных перемещений грунтов оснований.

На тесную связь горизонтальных перемещений грунтов с вертикальными осадками указывают графики их взаимной зависимости. Линейная зависимость между ними наблюдается лишь на первых ступенях нагрузки, после чего горизонтальные перемещения начинают резко возрастать. На последних ступенях нагрузки приращение осадки определяется в значительной степени приращениями горизонтальных перемещений. Об этом убедительно свидетельствуют результаты наблюдений за осадками насыпей Subzak - les - Ponts [15], Каликса [16], Кинг Лина и Тиктона [17], которые приведены на рис. 3.

Нами получены результаты аналогичные с результатами исследований Р. Дара [12], Белони [13], П.А. Коновалова и Р.А. Усманова [15] и др. Наблюдения за горизонтальными перемещениями в основании одного из объектов показали, что ордината максимального горизонтального перемещения  $u_{max} \approx 4$  см (см. рис. 4) находится примерно на глубине  $Z \approx 0,2b$ . При этом средняя осадка составляет около  $S=8$  см. Среднее давление на момент исследований составило  $P_{II\text{mt}}=300$  кПа.

Весь процесс деформации основания происходит за счет преимущественного сжатия верхних слоев основания. Об этом наглядно свидетельствуют результаты наблюдений за послойными деформациями оснований рассмотренных объектов [1, 2], так и большеразмерных фундаментов и других сооружений. Следовательно, основания фундаментов [1, 2] работают по схеме линейно - деформируемого слоя конечной толщины. Поэтому согласно СП 22.13330.2011 для расчета средней осадки фундамента толщину сжимаемого слоя рекомендуется определять по формуле

$$H=(H_0+tb)K_p, (1)$$

где  $H_0$  и  $t$  - параметры, разные для глинистых и песчаных грунтов соответственно  $H_0 = 9$  м,  $t = 0,15$  и  $H_0 = 6$  м и  $t = 0,1$ ;  $b$  - ширина фундамента.

В случае разнородных грунтов в пределах сжимаемой толщи основания следует принимать средние значения  $H_0$  и  $t$ . Значение множителя  $K_p$  принимается в зависимости от среднего давления  $P_{II\text{mt}}$  на основание.

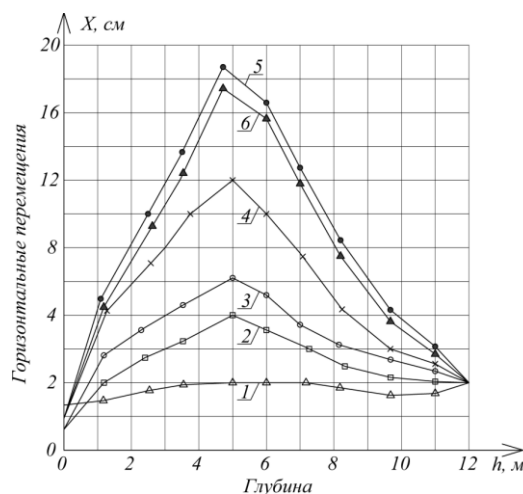


Рисунок 1. Графики развития горизонтальных перемещений по глубине в основании резервуара диаметра  $\varnothing=38,0$  м и высотой  $h=14,6$  м при различных средних давлениях: 1 -  $P_{II\text{mt}}=73$ кПа; 2 -  $P_{II\text{mt}}=98$ кПа; 3 -  $P_{II\text{mt}}=110$ кПа; 4 -  $P_{II\text{mt}}=122$ кПа; 5 -  $P_{II\text{mt}}=140$ кПа; 6 – разгрузка.

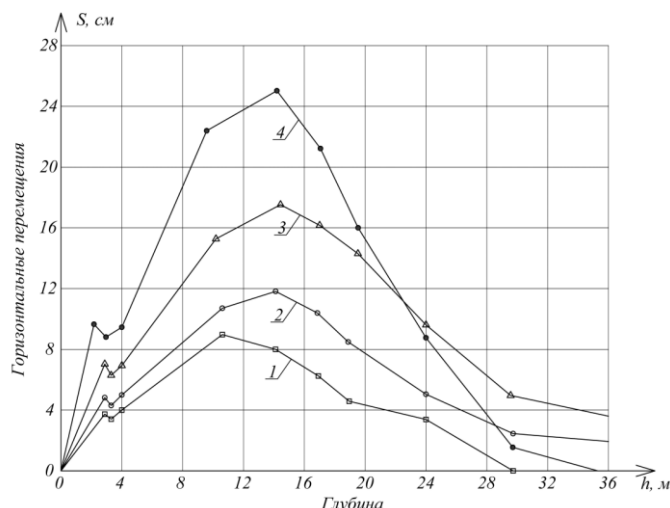


Рисунок 2. Графики развития горизонтальных перемещений при различных средних давлениях  $P_{Ипт}$  на основание резервуара диаметром  $\varnothing=67,0$  м и высотой  $h=14,7$  м: 1 -  $P_{Ипт}=75$ кПа; 2 -  $P_{Ипт}=83$ кПа; 3 -  $P_{Ипт}=140$ кПа; 4 – разгрузка

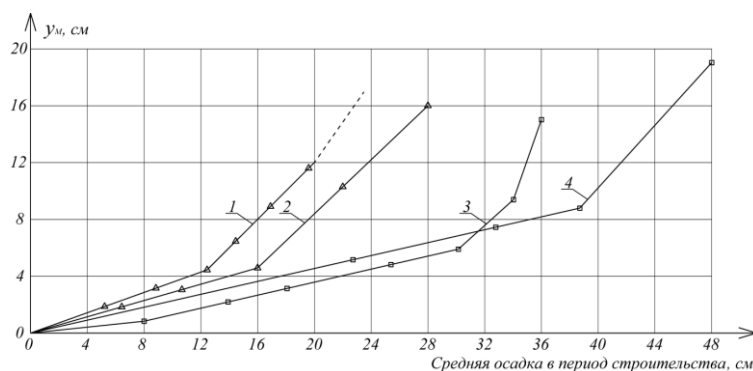


Рисунок 3. Графики зависимости максимальных горизонтальных перемещений – «средняя осадка» для насыпей: 1 – Subzak - les - Ponts [15]; 2 – Каликса [16]; 3,4 – Кинг Луна и Тиктона [17]

Для фундаментов рассмотренных объектов №№1÷5 [1, 2] значение коэффициента  $K_p=1,5$ , который определен эмпирически на основе результатов натурных исследований осадок и сжимаемости оснований большеразмерных фундаментов.

Приведем пример определения  $K_p$ .

Результаты наблюдений осадок фундаментов объектов №№1 и 2 [1, 2] позволяют заключить следующее. В основаниях этих объектов залегают пески толщиной 20 метров которые подстилаются глинами. Результаты этих наблюдений двух объектов показывают, что после окончания приложения нагрузок на основания скорости осадок резко уменьшаются. Резкое затухание деформации основания свидетельствует о том, что осадки фундаментов в основном происходят за счет сжатия толщи песков. Решая уравнение (1) определяем  $K_p \approx 1,5$ .

Подставляя  $K_p = 1,5$  в формулу (1) определим толщину сжимаемого слоя  $H = 21$  м для оснований фундаментов этих объектов. Результаты послойных перемещений свидетельствуют об удовлетворительной сходимости расчетной и фактической величин толщины сжимаемого слоя.

Существующие методы расчета осадок включают в себя горизонтальные перемещения только в рамках теории упругости, где их роль невелика в общей осадке. Результаты наблюдений за горизонтальными перемещениями (опыты М.В. Балюры и М.Н. Окуловой [4, 5, 6] наглядно показывают, что они превосходят теоретические значения в 1,5-2 раза (рис. 5). Из анализа результатов, приведенных на рис. 2, произведена оценка влияния горизонтального расширения грунта на общую осадку штампа. Для исследованных грунтов доля горизонтальных перемещений в общей осадке штампа составляет от 45 до 60%.

Исходя из вышесказанного заключаем, что учет горизонтальных перемещений за пределами теории упругости позволит приблизить расчетные осадки к фактическим.

Формула расчета осадок большегабаритных фундаментов имеет вид

$$S = \left[ Pb \sum_{i=1}^n \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i} \right] M,$$

где М - коэффициент, учитывающий концентрацию деформаций в пределах сжимаемой толщи (для определения деформации упругого полупространства следует принять М = 1).

При больших нагрузках на грунты возникает уплотненная зона в центральной части основания. В результате появляется возможность значительных горизонтальных перемещений грунтов и увеличения осадок фундаментов. На этот процесс оказывает влияние пластическая деформация грунтов за пределами фундаментов (рис. 4).

Для того, чтобы учесть в практических расчетах увеличение осадки за счет горизонтальных перемещений, рекомендуется ввести коэффициент А, равный для глинистых и песчаных грунтов соответственно 1,3 и 1,2. Для смешанных грунтов А равен 1,25. Аналогичное предложение имеется у проф. А.К. Бугрова [18] для упругопластической модели основания.

Итак, формула расчета осадок большегабаритных фундаментов при повышенных нагрузках представится в виде

$$S_k = AS = A \left[ Pb \sum_{i=1}^n \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i} \right] M,$$

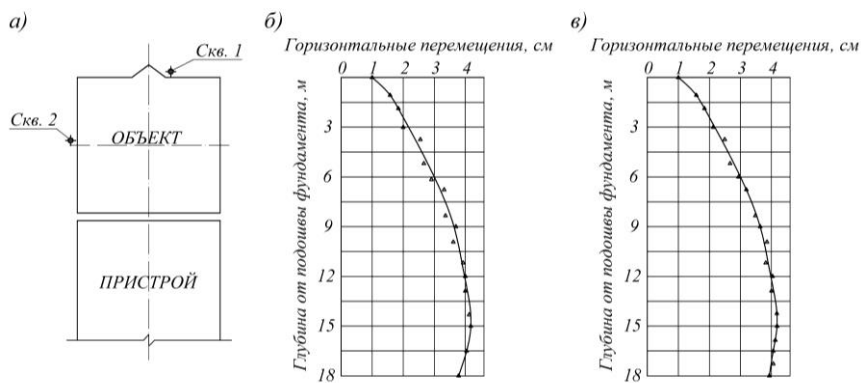


Рисунок 4. а) Схема расположения инклинометрических скважин №1,2; б) и в) – эпюры горизонтальных перемещений по глубине

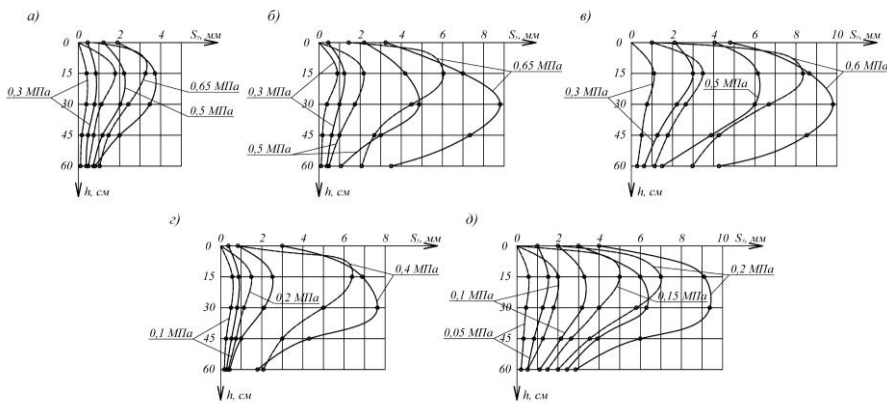


Рисунок 5 Экспериментальные и теоретические эпюры горизонтальных перемещений при различных средних давлениях на штамп РПшт для суглинков различной влажности: а - w=0.144 д.е.; б - w=0.172 д.е.; в - w=0.198 д.е.; г - w=0.212 д.е.; д - w=0.229 д.е. Пунктирно - по К.Е. Егорову; Сплошные – по экспериментам [4, 5, 6]

В таблице 1 приведены результаты сопоставлений фактических осадок с расчетными по предлагаемой формуле (3) и по формуле (2). Анализируя таблицу 1 следует заключить, что формула (2) дает заниженные значения осадок примерно в 1,5 раза по сравнению с фактическими. Осадки же по предлагаемой формуле наиболее полно согласовываются с фактическими осадками. Расхождение составляет порядка 5-10%.

На рис. 5 приведены графики сопоставления фактических и расчетных осадок фундаментов различными методами. Опять же расчетные осадки по предлагаемому методу наиболее полно согласовываются с фактическими. В то же время расчеты по формуле (3) наиболее близко совпадают с расчетами по методу упругопластической модели [18].

Следует особо отметить на то обстоятельство, что при использовании при фундировании свай существенно уменьшило бы величины осадок сооружений [19, 20, 21, 22].

Таблица 1

*Характеристики фундаментов, их фактические и расчетные осадки.*

<i>Наименование объекта наблюдений</i>	<i>Размеры фундамента, м</i>	<i>Среднее давление под подошвой фундамента, кПа</i>	<i>Средняя фактическая осадка, см</i>	<i>Средняя расчетная осадка по формуле 2, см.</i>	<i>Средняя расчетная осадка по формуле 3, см.</i>
<i>Объект №1</i>	<i>48,8</i>	<i>680</i>	<i>34,0</i>	<i>25,7</i>	<i>33,8</i>
<i>Объект №2</i>	<i>48,8</i>	<i>680</i>	<i>30,0</i>	<i>25,7</i>	<i>33,8</i>
<i>Объект №3</i>	<i>68,2×68,2</i>	<i>520</i>	<i>40,0</i>	<i>30,9</i>	<i>45,1</i>
<i>Объект №4</i>	<i>68,2×68,2</i>	<i>520</i>	<i>45,0</i>	<i>33,8</i>	<i>48,0</i>
<i>Объект №5</i>	<i>68,2×68,2</i>	<i>520</i>	<i>47,5</i>	<i>33,8</i>	<i>48,0</i>

\*\*\*

- Соколов Н.С. Длительные исследования процессов деформирования оснований фундаментов при повышенных нагрузках // Жилищное строительство. 2017 № с. 00-00.
- Соколов Н.С. Прогноз осадок большегабаритных фундаментов при повышенных давлениях на основания // Жилищное строительство. 2017 №. с. 00-00
- Балюра М.В. Горизонтальные перемещения в глинистых основаниях. В кн.: Исследования по строительной механике и строительным конструкциям. Изд-во Томского университета. Томск, 1983. стр. 45-51.
- Балюра М.В. Экспериментальное исследование горизонтальных перемещений в основании жесткого квадратного штампа. - Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новочеркасск, 1975. 23 с.
- Балюра М.В., Окулова М.Н. О влиянии некоторых факторов на деформируемость грунтов в горизонтальном направлении. В кн.: Основания и фундаменты зданий и сооружений в условиях строительства Томска. Изд-во Томского университета. Томск, 1977. С. 36-41.
- Окулова М.Н. Исследование НДС грунтов вблизи загруженного штампа. - Основания, фундаменты и механика грунтов, № 4, 1966. С. 5-8.
- Окулова М.Н. Экспериментальное исследование боковых деформаций в нагруженных песчаных основаниях и их роль в общей осадке. - Сборник трудов Томского университета, т. II. Томск, 1967.
- Окулова М.Н. Экспериментальное исследование работы нагруженного песчаного основания в горизонтальном направлении. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, Свердловск, 1967. 30 с.
- Окулова М.Н., Балюра М.В. Боковой распор и его роль в осадке фундамента. В кн.: Исследование НДС оснований и фундаментов. Межвузовский сборник, Новочеркасск, 1971. С. 88-92.
- Шелест Л.А. Вертикальные и горизонтальные деформации грунта при штамповых испытаниях. - Труды НИИОСП, вып. 63, 1972.
- Шелест Л.А. Исследование НДС основания конечной толщины при действии круглого жесткого штампа. - Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1975. 20 с.
- Darragh R.D. Controlled Water Tests to Pre-load Tank Foundations. Pros. A.S.C.E., vol. 90, 1964, pp. 303-329.
- Belloni L.A. Garassini L.A., Jamiolkowaki M. Differential Settlements of Petroleum Steel Tanks. Proc. Conference on Settlements of Structures, Cambridge, pp. 323 - 328.
- Коновалов П.А., Усманов Р.А. Исследование деформаций сильносжимаемых оснований гибких штампов и резервуаров. - Доклады к Дунайско-Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Кишинев, 1983. Т.3. С. 107-112.
- Magnan J.-P., Mieussens C, Queyroi D. Comportements du remblai experimental B a Cubzak - les - Ponts. Revue Francaise de Geotechnique, 5, pp. 23-26. 1978.

16. Holtz R.D., Holm G. Belastningaforsok pa svartmoka. Swedish Geotechnical Institute, Internal Report to the National Swedish Road Board. 1973, 64 p.
17. Wilkes P.F. An induced failure at a trial embankment at King's Lynn Norfolk. England. Proc. ASCE Specialty Conference on Performance of Earth and Earth Supported Structures, Purdue University, Lafayette. IN, Vol. 1(1), pp. 29-63, 1972.
18. Бугров А.К., Голубев А.И. Напряженно-деформированное состояние анизотропных оснований с областями предельного равновесия грунта // Труды Дунайско - Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Кишинев, 1983. с. 203-207.
19. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. Патент на полезную модель RU 161650 U1, 27.04.2016. Заявка 2015126316/03 от 01.07.2015.
20. Соколов Н.С., Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены. Жилищное строительство. 2021. №12. С.23-27.
21. Пичугин Ю.П., Соколов Н.С. Генератор импульсных токов.
22. Патент на изобретение RU2282936 C1, 27.08.2006. Заявка №2005102864/09 от 04.02.2005.
23. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н.
24. Способ возведения набивной конструкции в грунте. Патент на изобретение RU2605213 C1, 20.12.2016. Заявка №2015126349/03 от 01.07.2015.

**Соколов Н.С.**

**Техническая целесообразность устройства свай**

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-616*

**Аннотация**

Строительство зданий и сооружений, а также возведение отдельных этапов, как например, нулевой части или каркаса и т.д. производится по основополагающему принципу. Это выбор наиболее оптимального варианта – технически целесообразного и экономически эффективного. Доля строительства подземной части достигает 15÷20 % в общей сметной стоимости объекта. Поэтому выбор наиболее экономичного типа свайного фундамента играет преобладающую роль в надежной эксплуатации здания.

**Ключевые слова:** Сметная стоимость, себестоимость, буровая свая, разрядно-импульсная технология, несущая способность, буроинъекционная свая.

**Abstract**

The construction of buildings and structures, as well as the erection of individual phases, such as the zero-cycle part or the frame, etc., is carried out according to a guiding principle. This is about the choice of the most optimal option that is technically feasible and cost-effective. The share of substructure construction reaches 15÷20% of the total estimated cost of the facility. Therefore, the selection of the most cost-efficient type of pile foundation plays a predominant role in the reliable operation of the building.

**Keywords:** estimated cost, prime cost, bored pile, discharge-pulse technology, bearing capacity, bored injection pile.

В современной геотехнической практике наиболее часто используют буровые сваи. По классификации СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты» имеется множество разновидностей от «Микросвай» до буровых свай больших диаметров. Использование того или иного типа свай наиболее оптимально для конкретной инженерно-геологической ситуации, параметров вновь возводимого сооружения, реконструируемого объекта, наличия в зоне геотехнического влияния зданий и сооружений. Поэтому для технико-экономического выбора типа свай следует пользоваться наиболее приемлемыми общедоступными критериями.

Основными показателями, по которым отбирается тип буровых свай для использования на конкретном объекте, являются: 1) несущая способность  $F_d$ ; 2) технологичность – возможность технологии и геотехнической организации производства работ в сложных



инженерно-геологических условиях, а также в стесненных и особо стеснённых условиях; 3) Производительность устройства буровых свай.

Одним из основополагающих критериев для выбора типа буровых свай является их несущая способность  $F_d$ , определение которой производится по формуле (7.11) СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты».

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} R A + u \sum (\gamma_{cfi} h_i))$$

где  $\gamma_c$  - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;  $R$  - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимаемое по табл. 7.2 СП 24.13330.2011;  $A$  - площадь опирания сваи на грунт, м<sup>2</sup>;  $u$  - наружный периметр поперечного сечения сваи, м;  $f_i$  - расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимаемое по СП 24.13330.2021;  $h_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;  $\gamma_{cf}$  - коэффициент условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.6 СП 24.13330.2021;  $\gamma_{cR}$  - коэффициент условий работы под нижним концом сваи согласно п. 7.26 СП 24.13330.2021.

Для сравнительных расчетов ниже рассмотрены буроинъекционные сваи изготовленные по разрядно-импульсной технологии (ЭРТ) без промежуточных уширений и с промежуточными уширениями, буронабивные сваи погружаемые инвентарной трубой с тераемым наконечником, буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков (SFA), а также буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки.

Для каждого типа буровых свай должен быть использован принцип итерационного проектирования [1] предполагающий следующую схему: «базовый проект – опытная площадка – корректировка базового проекта». Обычно в качестве опытной площадки принимается участок свайного поля включенного в состав базового проекта. В этом случае возможно избежание дополнительных затрат. Результаты натурных испытаний должны являться основой проектирования подземных сооружений с применением типа буровых свай.

Несущая способность свай, изготавливаемых по применяемым в настоящее время технологиям, определяется как сумма величин несущих способностей по пяте и боковой поверхности. Последние зависят от геометрических параметров сваи (площади опирания и боковой поверхности) и инженерно-геологических характеристик грунтов, примыкающих к свае (расчетных сопротивлений грунта под пятой и по боковой поверхности сваи).

Существенное повышение несущей способности достигается в случае, если свая представляет собой конструкцию из нескольких уширений [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] при этом нижнее уширение выполняется на пяте сваи увеличивая ее площадь, а верхние (по боковой поверхности) работают как дополнительные опоры, а несущая способность грунтов при опирании на них этими опорами значительно выше несущей способности этих же грунтов при трении о них боковой поверхности сваи. Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность. Несущая способность свай-ЭРТ с двумя уширениями в 1,5 - 2,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

В качестве примера ниже приведены сравнительные расчеты несущей способности буроинъекционной сваи-ЭРТ с уширенной пятой и двумя уширениями вдоль ствола и буроинъекционной сваи-ЭРТ без уширений. Оба типа сваи имеют диаметр ствола 0,35 м и изготовлены в одних и тех же грунтовых условиях. С поверхности основания залегают суглинки с показателем текучести  $IL = 0,6$ , под ними - суглинки с  $IL = 0,3$ . Сваи заделаны в мелкие пески средней плотности.

Несущая способность буроинъекционной сваи-ЭРТ без уширений, рассчитанная по формуле (1), составила  $F_d = 1\,170$  кН. Для сваи-ЭРТ с многоступенчатыми уширениями при расчете по той же формуле она получилась равной  $F_d = 2\,100$  кН. Алгоритмы расчетов приведены в рис. 1 и 2. (п. 1\*). Нетрудно посчитать, что несущая способность при создании уширений в данном случае увеличилась в 1,79 раза.

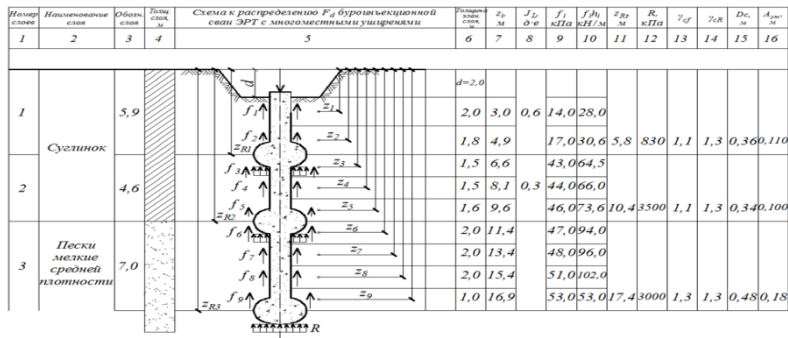


Рисунок 1. Схема к определению несущей способности Fd буровых свай ЭРТ с многоточными уширениями.

Ниже на рис. 2 приведены алгоритмы расчетов несущей способности Fd свай поз.: 2\* - Для буронабивных свай при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником; 3\* - Для буронабивных свай с использованием обсадных труб или проходных шнеков; 4\* - Для буронабивных свай, выполняемых под защитой глинистой рубашки (рис. 2).

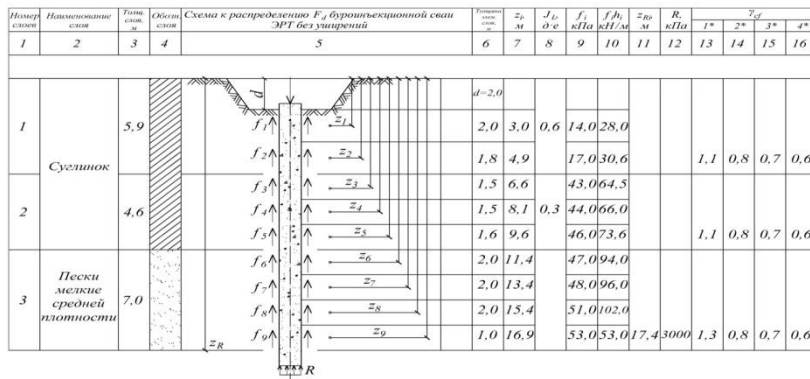


Рисунок 2. Схема к определению несущей способности Fd буровых свай: 1\* - Для буровых свай ЭРТ без промежуточных уширений; 2\* - Для буронабивных свай при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником; 3\* - Для буронабивных свай с использованием обсадных труб или проходных шнеков; 4\* - Для буронабивных свай, выполняемых под защитой глинистой рубашки. Коэффициенты γ<sub>ср</sub> взяты из табл. 7.6 СП 24.13330.2021.

Итак, несущая способность Fd буровых свай Ø 500 по грунту составляет:

- поз. 2\*:  $F_d = 1,0 [1,0 \cdot 3000 \cdot 0,20 + 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,8(28,0 + 30,6 + 64,5 + 66,0 + 73,6 + 94,0 + 96,0 + 102,0 + 53,0)] = 1352$  кН; - поз. 3\*:  $F_d = 1258$  кН; - поз. 4\*:  $F_d = 1160$  кН.

Ниже в таблицу 1 сведены результаты расчетов Fd.

Таблица 1

Результаты геотехнических расчетов несущей способности свай

№ п/п	Типы буровых свай	Диаметр, Ø, мм	Несущая способность, F <sub>d</sub> , кН
1	Сваи-ЭРТ с промежуточными уширениями	350	2110
2	1* - Сваи-ЭРТ без промежуточных уширений	350	1170
3	2* - буронабивные сваи погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником	500	1352
4	3* - буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков	500	1258
5	4* - буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки	500	1160

Анализируя результаты расчетов в табл. 3 можно сделать вывод о том, что свая-ЭРТ с двумя промежуточными уширениями вдоль ствола и одним уширением у пяты превосходит все остальные рассмотренные выше сваи в 1,6÷1,8 раза. Таким образом, количество свай в

свайном поле из свай-ЭРТ с многоместными уширениями в 1,6÷1,8 раза меньше других типов свай. Учитывая, что в среднем стоимость 1 м<sup>3</sup> буронабивной сваи колеблется в интервале 25÷40 тыс. руб., то стоимость 17-метровой сваи (см. табл. 2) равна 85,0÷136,0 тыс. руб. Пересчитывая ее на 1 п/м буровой сваи сметная стоимость колеблется в пределах 5000÷8000 руб.

Ниже в табл. 2 приведены ориентировочные сметные стоимости вышеприведенных типов буронабивных и буроинъекционных свай.

Таблица 2

## Технико-экономическое обоснование использования свай.

№ п/п	Типы буровых свай	Количество свай в свайно-плитном фундаменте, шт.	Длина свай, п/м	Общий погонаж, м	Стоимость п/м свай, руб.	Общая стоимость объекта, млн. руб.
1	2* - буронабивные сваи погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником	125	17,0	2125	5000÷8000	10,6÷17,0
2	3* - буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков	134	17,0	2278	5000÷8000	11,4÷18,2
3	4* - буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки	146	17,0	2482	5000÷8000	12,4÷19,9
4	1* - сваи-ЭРТ без промежуточных уширений	144	17,0	2448	3500÷6000	8,6÷14,7
5	Сваи-ЭРТ с многоместными уширениями	80	17,0	1360	3500÷6000	4,8÷8,2

Анализируя результаты расчетов в табл. 2 можно подытожить, что поз 4 и 5 наиболее конкурентоспособны по сравнению с другими типами буровых свай.

Вывод:

Таким образом, буроинъекционные сваи с многоместными уширениями изготавливаемые с использованием разрядно-импульсной технологии, имеют большое преимущество по сравнению с буронабивными и буроинъекционными сваями без уширений. За счет устройства уширений вдоль ствола и на пяте создается возможность увеличения несущей способности сваи в несколько раз в зависимости от типа грунтовых условий.

\*\*\*

1. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
2. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроинъекционных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
3. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411.
4. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
5. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с многоместными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с многоместными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.

7. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары  
Геотехника. 2016. 1. С. 60-65.
9. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания
10. Строительные материалы. 2019. №6. С.67-71.
11. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии
12. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании и строительных конструкции и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (13 Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Д. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И.Тарасов. 2014. С.415-420.
13. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте
14. Патент на полезную модель RU 161650 U1,27.04.2016.Заявка 2015126316/03 от 01.07.2015.
15. Соколов Н.С., Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены. Жилищное строительство. 2021. №12. С.23-27.

**Соколов Н.С.**

### Технология обеспечения устойчивости ограждения котлована

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»  
(Россия, Чебоксары)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-617*

#### **Аннотация**

При строительстве зданий и сооружений на неустойчивых склонах возникает необходимость разработки геотехнических технологий обеспечивающих их устойчивость. Кроме того должны быть разработаны геотехнические приемы обеспечения безопасной эксплуатации существующих объектов возведенных на них. Как правило, отрыв любого котлована влечет возникновение дополнительных усилий уменьшающих устойчивость склонов. Задача обеспечения устойчивости стенок котлована совместно с нагрузками на его бровках, а также общей устойчивости склона в целом является актуальной задачей современного геотехнического строительства.

**Ключевые слова:** грунтовый анкер-ЭРТ; цементирующий раствор; электроразрядная технология (ЭРТ технология); горизонтальные перемещения, генератор импульсных токов (ГИТ), инженерно-геологический элемент (ИГЭ).

#### **Abstract**

When constructing buildings and structures on unstable slopes geotechnical technologies should be provided to ensure their stability. In addition, geotechnical methods should be developed to ensure the safe operation of existing facilities built on such slopes. As a rule, any excavation entails additional efforts reducing the stability of slopes. The task of ensuring stability of excavation walls considering loads on its edges, as well as the overall stability of the slope is a crucial challenge for modern geotechnical construction.

**Keywords:** DPT ground anchorage, cementation grout, discharge-pulse technology (DPT-technology), horizontal displacements, surge-current generator (SCG), engineering and geological element (EGE).

Освоение подземного пространства требует разработки геотехнических мероприятий предусматривающих безаварийность эксплуатации зданий и сооружений, дислоцированных в зоне геотехнического влияния [1÷5]. С учетом этого в большинстве случаев возникает необходимость создания и освоения специальных геотехнических технологий на основе

численных расчетов с использованием современных компьютерных программ [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Ниже в статье рассматривается случай из геотехнической практики строительства объекта на оползневом склоне. В административном отношении участок изысканий расположен в центральной части города Чебоксары. В геоморфологическом отношении - это пологий денудационно-аккумулятивный склон долины реки Кайбулка, осложненный погребенными балками и сильновыветвляющейся овражно-балочной системой с постоянными безымянными водотоками. Абсолютные отметки поверхности земли в пределах участка изменяются от 129,1 до 137,5 м (рис.1). Геолого-литологическое строение участка характеризуется колонками скважин №1-4, 9-11,15, 17 (см. рис.1).

Геолого-литологический разрез участка строительства (рис. 2) представлен 7 инженерно-геологическими элементами (ИГЭ): С поверхности залегают современные техногенные отложения (tQIV); ИГЭ №1 - техногенный грунт неоднородный по составу и представлен суглинком от туго до мягкопластичной консистенции (tQIV); ИГЭ №2 - суглинок тугопластичный (dIII-IV, pdII); ИГЭ №3а - глина легкая, преимущественно тугопластичной консистенции e(P<sub>3t</sub>); ИГЭ №3 - глина легкая, алевритистая и мергелистая, твердой консистенции (P<sub>3t</sub>); ИГЭ №4 - алеврит песчанистый и глинистый твердой консистенции (P<sub>3t</sub>); ИГЭ №5 - мергель глинистый известковый, слабообводненный (P<sub>2t</sub>); ИГЭ №6 - Песок пылеватый, средней плотности, с тонкими прослойками глины, алеврита, песчаника, маловлажный и насыщенный водой (P<sub>3t</sub>). В табл. 1 приводятся нормативные физико-механические характеристики ИГЭ.

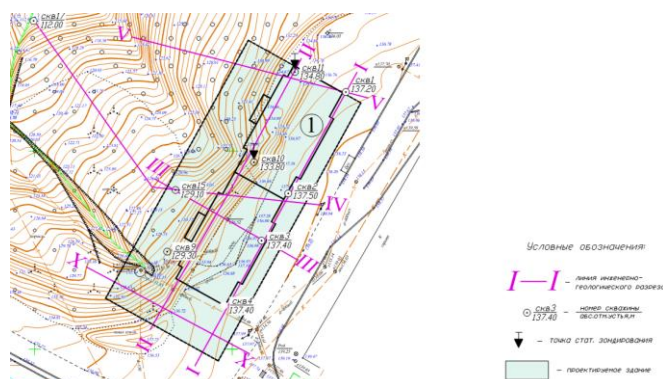


Рисунок 1 Выкопировка из генплана строительства объекта.

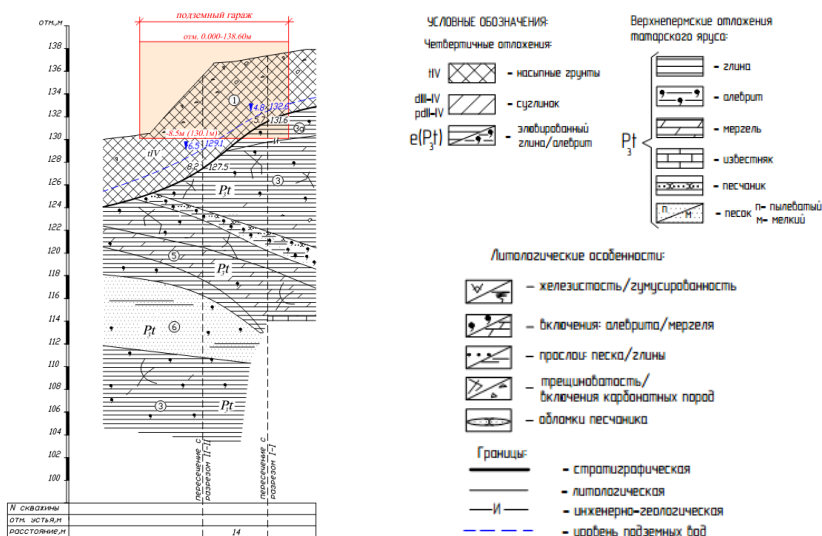


Рисунок 2. Инженерно-геологический разрез участка строительства.

Таблица 1

## Нормативные физико-механические характеристики грунтов.

ИГЭ	Тип грунта	h, м	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	$c$ , кПа	$\varphi$ , град	$k_s$ , кН/м <sup>3</sup>	$\lambda$	E, МПа	$\nu$
1	Суглинок мягкопластичный	8.6	19.6	16.0	11.0	2000	0.60	13.0	0.36
2	Суглинок тугопластичный	4.0	19.6	11.0	12.0	4000	0.57	15.0	0.36
3	Глина тугопластичная	2.2	19.9	29.0	20.0	4000	0.40	18.0	0.25
4	Глина твердая	1.3	20.1	25.0	23.0	6000	0.52	22.0	0.34
3	Глина тугопластичная	2.5	19.9	29.0	20.0	4000	0.40	18.0	0.25
5	Глина полутвердая	20.0	21.3	26.0	24.0	6000	0.34	27.0	0.25

Конструктивные решения заглубленных конструкций (см. рис. 3) представляют собой:

1. Специальное вспомогательное удерживающее сооружение представляет собой подпорную стенку, состоящую из конструкций ограждения и анкерных конструкций.
2. Конструкции ограждения котлована на рассматриваемом участке представляют «микросваи» - буроинъекционные сваи  $\varnothing$  350 изготавливаемые по электроразрядной технологии (сваи-ЭРТ) закрепленные от горизонтального смещения грунтовыми анкерами длиной 18 м и 17 м по ЭРТ-технологии, выполненных под углом 30°. Шаг грунтовых анкеров, а также расстояние от дна котлована до соответствующего яруса анкеров приняты согласно разработанным планам.
3. Грунтовые анкеры (анкера ЭРТ) устраиваются после первого этапа разработки котлована и представляют собой преднапряженные заглубленные конструкции с монолитным железобетонным корнем, получаемым путем электроразрядной обработки грунта его стенок (рис. 4, 5, 6).

Расчеты по прочности элементов подпорных стен выполнены в программном комплексе GeoWaLL, основанного на методе Блюма-Ламейера (способ "упругой линии").

Технология возведения и эксплуатации конструкций грунтовых анкеров ЭРТ представляет следующий алгоритм (рис. 4, 5): 1-й этап разработки грунта предусматривает удаление грунта до отметок, указанных на соответствующих инженерно-геологических разрезах; 2. Грунтовые анкеры I го яруса выполняются после 1 этапа разработки грунта на отметке +132.350м (см. рис.5); 3. Второй этап разработки предусматривает выемку грунта до абсолютной отметки (+130.850м) (см. рис.5); 4. Третий этап выемки грунта производится до проектной отметки +129.150м (см. рис.5); 5. К разработке грунта следует приступить только при соответствии прочности мелкозернистого бетона грунтового анкера требованиям проекта; 6. Во время устройства работ по устройству ограждения вплоть до засыпки пазух фундаментов грунтов производится геотехнический мониторинг технического состояния и деформаций окружающей застройки; 7. В процессе эксплуатации грунтовых анкеров не допускаются динамические, вибрационные воздействия на них до засыпки пазух котлована; 8. Не допускаются превышения равномерно распределенных нагрузок на бровке более указанного в проекте.

Устройство грунтовых анкеров-ЭРТ представляет собой следующую последовательность:

Конструирование анкерного крепления: 1.1. Относительной отметке 0.000 соответствует абсолютная отметка +138.550; 1.2. Конструкции анкерного крепления включают: а) грунтовые анкера ЭРТ, б) распределительный пояс, г) детали для крепления опоры грунтового анкера-ЭРТ; 1.3. Расчетная нагрузка на анкер  $P_w$ ; 1.4. Свободная длина грунтового анкера обусловлена призмой обрушения стенки котлована, форма которой определена расчетом общей

устойчивости конструкции методом логарифмических спиралей; 1.5. Принятая маркировка грунтовых анкеров: АГ-18/11 (полная длина анкера 18м, длина корня 11м), АГ-17/10 (полная длина анкера 17м, длина корня 10 м); 1.6. Буровой диаметр для грунтовых анкеров - 150мм, выполнены под углом 30 град. к горизонту; 1.7. Корень анкера заделан в ИГЭ №3 (Глину твердую и тугопластичную).

Конструкции анкерного крепления: 2.1. Для грунтовых анкеров применяются цементные растворы с водоцементным отношением (по массе) В:Ц=0,5:1. 2.2. Для цементных растворов использован портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500. 2.3. Не допускается применение пуццолановых, глиноземистых и шлаковых портландцементов. 2.4. Вода для цементных растворов водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10 мг/л, нефтепродуктов и жиров. водородный показатель (рН) от 4 до 12,5. 2.5. В качестве анкерной тяги используется стержневая арматура диаметром 40мм класса А500С (в пластмассовой оболочке диаметром не менее 63мм) и немецкая высокопрочная винтовая арматура диаметром 26,5мм класса St950/1050. 2.6. Для центрирования в скважине по всей длине анкерной тяги предусмотрены фиксаторы (шаг не более 2,0м) из отрезков пластиковых труб с продольными разрезами по периметру. 2.7. Для изготовления сборных каркасов использовать арматуру из стали марки 35ГС запрещается. 2.8. Ручная электро-дуговая сборка элементов анкерного каркаса осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А. 2.9. Распределительный пояс предусмотрен из двух швеллеров №24. 2.10. Детали для крепления опоры грунтового анкера за опорную пластину (плиту): сферическая, коническая и косая шайбы (Ст45), гайка стопорная (Ст3).

Изготовление грунтового анкера: Технологическая последовательность изготовления грунтовых анкеров ЭРТ включает следующие операции: 3.1. Формирование скважины требуемой глубины и диаметра шнековым бурением. 3.2. Заполнение до устья скважины цементным раствором. 3.3. Электроразрядная обработка стенок грунта скважины вдоль корня. 3.4. Установка анкерного каркаса в проектное положение. 3.5. Несущая способность каждого анкера проверяется до включения его в работу совместно с закрепляемой конструкцией путем проведения контрольных или приемочных испытаний, на максимальную испытательную нагрузку. 3.6. До начала работ должны быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранный зоны, устанавливаемой в соответствии с п.3.22 СНиП 3.02.01-87 «Земельные сооружения, основания и фундаменты». 3.7. В случае обнаружения подземных сооружений, коммуникаций или обозначающих их знаков, не указанных в проекте, геотехнические работы должны приостанавливаться. Вызываются представители заказчика и организаций, эксплуатирующих обнаруженные коммуникации, и принимаются меры по предохранению обнаруженных подземных устройств от повреждения. Допускается вынос заказчиком существующих коммуникаций из зоны производства работ при наличии письменного разрешения эксплуатирующих организаций.

Формирование скважины бурением: 4.1 Бурение шнековое, выполняются в соответствии с проектом производства работ с помощью буровой установки УБГ-СГ "БЕРКУТ" или аналога. 4.2. Бурение скважин выполняется с рабочих отметок, указанных в проекте. 4.3 Для разворота буровых машин и возможности установки анкерных каркасов ширина грунтовой бермы должна составлять не менее 18 м. 4.4. В процессе бурения контролируются параметры грунта по глубине: а) установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента и зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Устанавливаются соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины проектным значениям на уровне корня анкера. б) при несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот ИГЭ, а также при наличии по длине скважины неустойчивых грунтов, приостанавливаются работы и приглашаются представители проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количества анкеров и т.д.). Работы следует продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, подтвержденное в виде оформления в журнале авторского надзора. 4.5.

Подъем бурового инструмента проводится только после установления факта, что в забое скважины не будет создаваться пониженного давления в сравнении с природным давлением грунта. 4.6. Цементация скважин производится с момента окончания бурения.

Цементация скважины грунтового анкера: 5.1. Заполнение скважины производится до его устья через бетонолитную колонну диаметром не менее 40мм, опускаемую до забоя методом ВПТ (верх поднимающиеся трубы). После достижения забоя, скважина должна быть промыта цементным раствором до прекращения всплытия выпавшего в осадок частиц грунта. 5.2. Приготовление цементного раствора производится на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи раствора применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). 5.3. Контролируется объем закачиваемого в скважину цементного раствора, сопоставляя его с проектным значением, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанного в скважину раствора должен превышать объем выбуренного грунта.

Программа электро-разрядной обработки скважины, заполненной цементным раствором включает: 6.1. Необходимая мощность накапливаемой энергии ГИТ должна быть не менее 50 кДж. 6.2. Длина коаксиального кабеля от ГИТ до электродной системы составляет не более 80м, включая длину анкера (высоковольтный кабель ТИП-2 - 50м, кабель высоковольтный импульсивный малоиндуктивный (КВИМ) - 30м). 6.3 Обработка высоковольтными электрическими разрядами производится по длине корня грунтового анкера сериями не менее 15 разрядов на каждом уровне. Шаг уровней составляет от 1.0м. 6.4 Расчетное увеличение бурового диаметра (150 мм) корня анкера необходимо довести до 200 мм, для этого контролируется уровень цементного раствора в скважине до начала обработки одного уровня и после завершения обработки. При этом уровень цементного раствора в скважине при обработке одного уровня должен понижаться на величину не менее 15 см. При условии, если за последние 5 электрических разрядов уровень раствора понизится более чем на 1 см, электрогидравлическую обработку стенок корня анкера необходимо продолжить до достижения полного «отказа». За «отказ» принимается понижение уровня раствора в скважине за последние 5 разрядов не более 10 мм. Для установления факта «отказа» осуществляется контроль изменения уровня раствора в скважине после каждого разряда или серии из 5-ти разрядов. 6.5. Осуществляется контроль за достижение общего объема поданного в скважину раствора, включая доливку уровня, превышающего объем пройденной скважины (объем грунта, извлеченного из данной скважины). 6.6. По результатам контроля падения уровня цементного раствора в опытной скважине или объема добавляемого раствора и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента корректируется программа обработки корня анкеров электрическими разрядами.

Монтаж анкерного каркаса: 7.1. Анкерный каркас опускается плавно, без рывков. 7.2 Контролируется положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепляется от случайного погружения и смещения в плане. 7.3. Каркас перед установкой очищается от случайно налипшего на него грунта.

Производство бетонных работ при отрицательной температуре воздуха: 8.1. За три дня до производства бетонных работ, когда ожидается среднесуточная температура воздуха ниже +5 °С или минимальная суточная температура ниже 0°С, предусматриваются включения в цементные растворы противоморозных добавок. 8.2. Цементный раствор с противоморозными добавками при укладке должен иметь температуру не ниже +10 °С. 8.3. При температуре грунта ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок производится из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения раствором необходимой прочности. 8.4. Для снижения теплопотерь в процессе его твердения после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса утепляется. 8.5. Не допускается перегрев цементного раствора (нагрев более 70 °С). 8.6. Допускается не применять противоморозные добавки в цементных растворах, заполняемых в скважины ниже глубины сезонного промерзания грунта. 8.7. После окончания работ и перерывах в работе более 50 мин. шланги для подачи раствора промыть горячей водой, продуть



сжатым воздухом и убрать в теплое помещение. До начала производства работ шланги развернуть, продуть сжатым воздухом и промыть горячей водой. 8.8. Для исключения промораживания грунтов при перерывах в работе открытые скважины должны быть изолированы от атмосферного воздуха. 8.9. При температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  работы по изготовлению грунтовых анкеров не допускается.

Порядок натяжения грунтовых анкеров включает следующую последовательность: 9.1. До начала работ устанавливаются все элементы анкерного крепления на планируемой для натяжения захватке; 9.2. Косые шайбы привариваются к опорным пластинам (плитам) стального распределительного пояса; 9.3. Прочность цементного камня корня анкера должна быть не менее 20 МПа. Для контроля набора прочности в процессе изготовления анкеров отбираются 9 кубиков  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ , которые испытываются в возрасте 3,7 (для внутреннего пользования) и 10 суток (для отчета); 9.4. Испытательная нагрузка назначается согласно ВСН 506-88 «Проектирование и устройство грунтовых анкеров» равной  $P_u = 1,2 * P_w$ . Контрольные испытания проводятся на каждом десятом анкере, начиная с нагрузки  $P_0 = 0,2 * P_u$ . Анкер нагружается ступенями. Порядок нагружения: 1 ступень -  $P_1$ ; 2 ступень -  $P_2$ ; 3 ступень -  $P_3$ ; 4 ступень -  $P_4$ ; 5 ступень -  $P_5$ ; 6 ступень -  $P_6$ ; 7 ступень - испытательная нагрузка  $P_u$ . Каждую ступень выдерживают не менее 15 мин до наступления стабилизации деформаций анкеров ЭРТ. Далее производят разгрузку до величины  $P_0$ , при которой измеряют упругие и остаточные перемещения. Фиксацию величин перемещений производят на каждой ступени через каждые 3 мин. За критерий условной стабилизации деформаций при испытании анкеров принимается скорость перемещения на данной ступени погружения, не превышающую 0,1 мм за последние 15 мин. Последнюю ступень нагрузки выдерживают до наступления стабилизации анкеров в течение 30 мин, затем снижают до величины  $P_0$ , замеряют упругие и остаточные перемещения анкеров и доводят нагрузку до значения  $P_6$  (блокировочная нагрузка), потом закрепляют анкер на опорной конструкции; 9.5. В случае не достижения испытательной нагрузки в процессе проведения контрольных испытаний, за испытательную нагрузку принимается нагрузка последней стабилизировавшейся ступени (несущая способность грунтового анкера), с последующим вычислением расчетной нагрузки на анкера с учетом коэффициента надежности, равным 1,2. С учетом этого автором проекта корректируется блокировочная нагрузка и корректируется проектное решение; 9.6. При малых значениях абсолютных перемещений грунтового анкера (менее 20 мм) после достижения стабилизации деформаций при контрольных испытаниях производится догружение анкера ступенями равными  $P_0 = 0,2 * P_u$  с выдерживанием на каждой новой ступени условной стабилизации деформаций. При этом должна обеспечиваться прочность материала и узлов анкерного крепления на сверхпроектные нагрузки; 9.7. Приемочным испытаниям подвергается каждый рабочий анкер, за исключением анкеров, повергнутых контрольным испытаниям. Приемочные испытания начинаются с нагрузки  $P_0$ , при которой фиксируются начальные отчеты перемещения анкера и доводятся до величины  $P_u$ , выдерживая её в течение 15 мин, и замеряя перемещение анкера через 1, 3, 5, 7, 10 и 15 мин, далее уменьшают нагрузку до величины  $P_0$ , замеряя упругое перемещение анкеров, увеличивают нагрузку до блокировочной  $P_6$  и закрепляют анкер до конструкции; 9.8. Несущая способность и испытательные нагрузки приемочных анкеров определяются как минимальное значение результатов испытаний из не менее чем двух ближайших контрольных анкеров.

Обеспечение качества изготовления грунтовых анкеров включает: 10.1. Изготовление грунтовых анкеров должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет, в которых организована система обеспечения качества (ИСО 9001-2001 «Система менеджмента качества. Требования»), что должно быть подтверждено сертификатом соответствия; 10.2. При изготовлении следует освидетельствовать: а) плано-высотную привязку свай; б) диаметр и глубину скважин на соответствие проекту; в) вид грунта в основании анкера и его соответствие учтенному проекту (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании); г) уплотнение грунта в основании свои, разрушенного буровым инструментом; д) соответствие анкерного каркаса проекту (длина, диаметр и класс арматуры

рабочих стержней, узлы соединения стержней) и глубину погружения каркаса в скважину; е) качество приготовляемого цементного раствора (расход материалов); ж) затруднения при погружении анкерного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола корня); з) погружение электродной системы; расход цементного раствора, используемого при производстве анкеров ЭРТ: 1) при заполнении скважины; 2) при обработке корня на каждом горизонте; 3) суммарный расход цементного раствора на каждую скважину; 10.3. Контроль прочности цементного раствора осуществляется по ГОСТ 18105-2012 «Бетоны, правила контроля и оценки прочности» и ГОСТ 10180-90 «Бетоны методы определения прочности по контрольным образцам» путем отбора проб цементного раствора на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.2.3.2 ГОСТ 10180-90; 10.4. Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНиП 12-01-2004 «Организация строительства. Актуализированная редакция», должны составляться на заверченный процесс (анкер), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены; 10.5. Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на заверченные технологические процессы по изготовлению анкеров ЭРТ, не освидетельствованные техническим надзором заказчика; 10.6. Работы производятся в соответствии со СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты», СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии», СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2», ТР 50-180-06 «Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (свай-РИТ)», проекта производства работ (ППР); 10.7. Качество основных материалов определяется требованиями градостроительного кодекса и Закона о техническом регулировании, что должно быть подтверждено сертификатами соответствия, государственным стандартом РФ. На расходные и вспомогательные материалы (вязальная проволока, долота, шнеки, пакля, электроды, монтажные детали, фиксаторы) сертификаты или паспорта качества не представляются.

11. Мероприятия по обеспечению нормальной эксплуатации конструкций, функционирования окружающей среды и безопасности на период производства работ включают: 11.1. Работы должны производиться с выполнением требований техники безопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды. 11.2. На период производства работ запрещается доступ посторонних лиц к строительным машинам, механизмам, оборудованию и конструкциям.

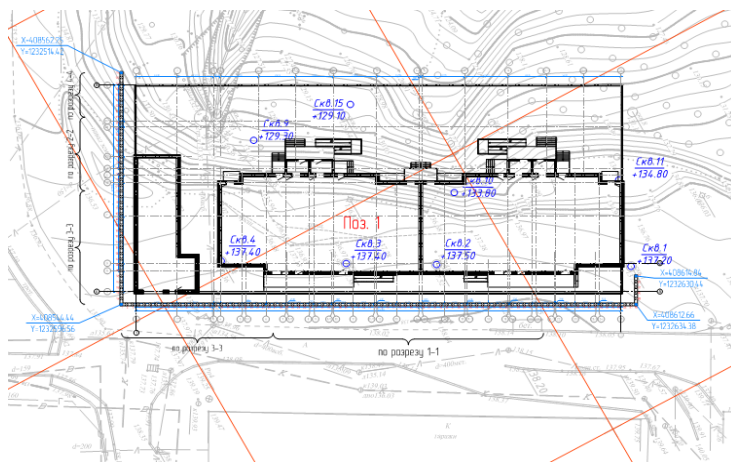


Рисунок 3. Схема устройства подпорной стены из забивных свай сечением 400х400мм.

Таблица 2

Порядок натяжения грунтовых анкеров 1 яруса.

№№ П./п.	Маркировка анкеров	Номера, количество, число испытательных анкеров	Нагрузка, кН	$P_w$	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_u$	$P_B$
1 ярус													
1	АГ 18/11 (сечение 1-1)	8...30 (23 шт.) Испытывать 3 анкера	Контрольные испытания	359,0	87,0	151,0	215,0	279,0	327,0	375,0	423,0	439,0	10,0
			Приемочные испытания		87,0						439,0		
2	АГ 17/10 (сечение 2-2)	38-40 (3 шт.)	Контрольные испытания	407,0	103,0	135,0	183,0	231,0	279,0	327,0	375,0	487,0	10,0
			Приемочные испытания		103,0						487,0		
3	АГ 17/10 (сечение 3-3)	1...7,31...37 (14 шт.) Испытывать 1 анкер	Контрольные испытания	359,0	87,0	151,0	215,0	279,0	327,0	375,0	423,0	439,0	10,0
			Приемочные испытания		87,0						439,0		

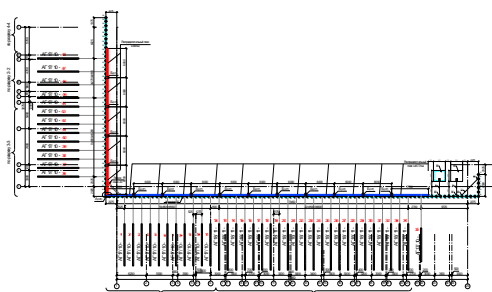


Рисунок 4. Схема устройства грунтовых анкеров 1 и 2 ярусов.

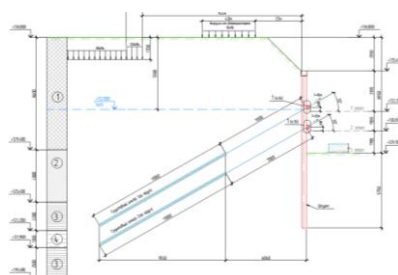


Рисунок 5. Устройство ограждения котлована с применением грунтовых анкеров.

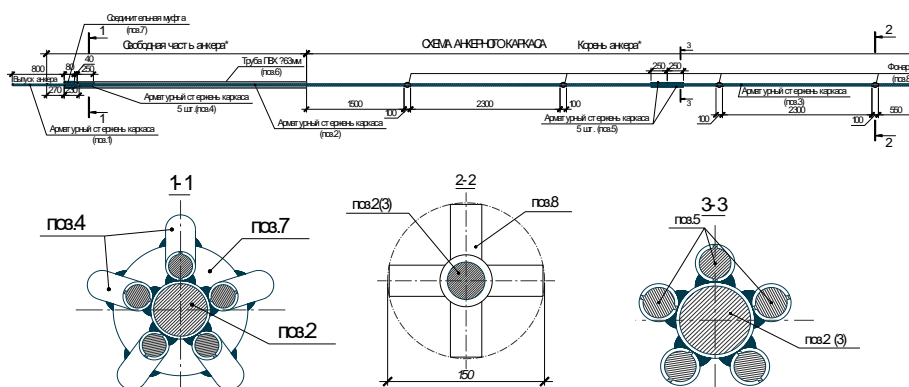


Рисунок 6. Схема анкерного каркаса

Заключение

1. Строительное освоение территорий сложных сложными инженерно-геологическими условиями требует разработки специальных геотехнических технологий и внедрение их в реальную практику.

2. Рассмотренный случай из конкретной геотехнической практики с использованием ограждающих конструкций из буроинъекционных свай-ЭРТ и грунтовых анкеров ЭРТ подтверждает, что для обеспечения устойчивости оползневого склона создана возможность безаварийного производства строительного-монтажных работ по возведению объекта.

\*\*\*

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с.
4. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
5. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроинъекционных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
6. Соколов Н.С., Никонорова И.В. Строительство и территориальное освоение оползневых склонов Чебоксарского водохранилища // Жилищное строительство. №9.
7. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища // Материалы Международной научно-практической конференции «Управления водными ресурсами в условиях изменения климата» - 2017. г. Киев: Из-во Института водных проблем I Меліорації. Стр. 71-73. 2017. Стр. 13-20.
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Мелкозернистый бетон, как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай-ЭРТ // Строительные материалы. №5. 2017. Стр. 16-20.
9. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроинъекционная свая-ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция // Строительные материалы. №9. 2017. Стр. 47-50.
10. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411.
11. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
12. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. Стр. 28-34.
13. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с множественными уширениями // Геотехника. №3. 2016. Стр. 60÷66.
14. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
15. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. Стр. 34-38.
16. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте
17. Патент на полезную модель RU 161650 U1, 27.04.2016. Заявка 2015126316/03 от 01.07.2015.
18. Соколов Н.С., Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены. Жилищное строительство. 2021. №12. С.23-27.
19. Пичугин Ю.П., Соколов Н.С. Генератор импульсных токов.
20. Патент на изобретение RU2282936 C1, 27.08.2006. Заявка №2005102864/09 от 04.02.2005.

**Тимофеева А.В., Киселева А.Ю., Баклушина И.В.**

**Современные тенденции использования альтернативных источников тепла**

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

doi: 10.18411/trnio-01-2024-618

#### **Аннотация**

В статье рассмотрены альтернативные источники энергии, так как растущие проблемы изменения климата, ухудшение экологии и исчерпание традиционных источников энергии стимулируют развитие новых и экологически безопасных подходов к производству энергии.

**Ключевые слова:** Альтернативные источники энергии, возобновляемые ресурсы, коэффициент полезного действия (КПД), экология, зеленая энергия.

### Abstract

The article discusses alternative energy sources, as the growing problems of climate change, environmental degradation and the depletion of traditional energy sources are stimulating the development of new and environmentally friendly approaches to energy production.

**Keywords:** Alternative energy sources, renewable resources, efficiency, ecology, green energy.

В современном мире все больше внимания уделяется поиску и использованию альтернативных источников энергии. Последние десятилетия характеризуются быстрым развитием технологий, способных использовать альтернативные источники энергии для удовлетворения потребностей человечества.

Традиционные источники энергии, такие как нефть, уголь и природный газ, являются ограниченными ресурсами, которые, к тому же, сопряжены с определенными экологическими проблемами. Альтернативные источники энергии, такие как солнечная, ветровая, геотермальная и биологическая энергия, являются возобновляемыми и доступными энергетическими ресурсами.

Солнечная энергия доступна благодаря нашему солнцу, которое излучает энергию и ее возможно использовать для выработки тепловой энергии как в промышленности, так и в жилых зданиях. Такую энергию можно применять в системах отопления, ГВС, вентиляции и т.д.

Наиболее распространенным устройством являются солнечные коллекторы [1]. Коллектор преобразует лучистую энергию от солнца в тепловую энергию. Происходит это путем нагревания циркулирующего в коллекторе теплоносителя и последующей передачи накопленного тепла. Иными словами, солнечный коллектор работает как нагреватель, что и определило его сферу применения. Преимуществом его является стабильность и возобновляемый запас солнечной энергии. Коллекторы являются экологически чистыми и не требуют для работы топлива. При его работе не выделяются вредные и токсичные газы. Здания, располагающиеся в районах с повышенной облачностью, также могут получать тепловую энергию от вакуумных солнечных коллекторов, воспринимающих инфракрасные лучи.

Сдерживающим фактором использования таких систем является их дороговизна и массивность конструкции. Таким системам нужен обильный солнечный свет, чтобы они были эффективными. В районах с холодным климатом, где выпадает большое количество осадков, солнечные коллекторы необходимо часто чистить от снега и наледи. Также их необходимо чистить от грязи, иначе уменьшится коэффициент полезного действия [2].

В средней полосе России величина солнечного потока на 1 м<sup>2</sup> площади составляет от 100 до 250 Вт. Использование данной энергии позволит нагреть 100 литровую емкость с водой до 37°C, установив коллектор площадью 2 м<sup>2</sup>, а в теплые месяцы и до 55°C. В большинстве районах России мало солнечных дней, поэтому солнечные коллекторы не могут быть единственными источниками энергии [3], однако с учетом господдержки [8] перспективы у солнечной энергетики могут быть обнадеживающими.

Ветровая энергия – это кинетическая энергия воздушных масс в атмосфере, которую можно преобразовать в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии. Ветровые турбины работают за счет потока ветра, который раскручивает лопасти и вырабатывается энергия. Плюсы такой энергии – возобновляемость ресурса и отсутствие вредных выбросов в атмосферу.

У ветровой энергии, к сожалению, много минусов. Сложность выбора территории, так как такие ветряные станции занимают огромную территорию, они производят большой шум и инфразвуковые волны с частотой 20 герц, что является опасным для здоровья человека. Кроме того, например, в Германии в для постройки ветровой электростанции есть планы вырубке уникального леса «Братья Гримм», а это около двух тысяч гектар территории. Данный факт не

может рассматриваться, как «зеленая энергия». К тому же европейские ветрогенераторы стоят дорого и окупаемость может составлять до 10 лет. Ну а самым главным недостатком является сильная зависимость от скорости ветра. Он непостоянный и может носить стихийный характер. Наибольшее распространение ветровая энергия получила в западных странах, но в России на данный момент с помощью ветровых установок получается 3,5% электрической энергии от общего производства электроэнергии. [4], [7] В России самая мощная электростанция является Адыгейская ВЭС мощностью 150 МВт. Самая мощная ветровая станция в мире на данный момент «Ганьсу» находится в Китае в городе Цзюцюань. Ее мощность, на 2009 г., составляла 7965 МВт, но их цель была развить мощность до 20 ГВт к 2020 г.

Геотермальная энергия предоставляет возможность использования внутреннего тепла Земли для производства энергии. Этот процесс основан на извлечении горячей воды или пара из глубинных скважин и использовании их для выработки электроэнергии и нужд теплоснабжения. Из-под земли может поступать смесь воды с паром или горячая вода. При поступлении воды с паром, первым этапом их разделяют, затем пар отправляют на турбину для получения электроэнергии. Отделенные капли горячей воды можно отправлять на нужды теплоснабжения (отопление, ГВС и т.д.). Горячая вода, поступающая из земли, отправляется в теплообменники, где она нагревает воду для нужд теплоснабжения [1]. Самая мощная ГеоТЭС на 50МВт построена в США в г. Хебер. В России потенциал геотермальных источников на Камчатке оценивается в 5000 МВт, а вырабатывается только 80МВт в год [5]. Плюсами геотермальной станции является возобновляемость, постоянность и собственный цикл восстановления. Однако есть минусы. В первую очередь геотермальные воды токсичные, они имеют в составе сероводород и радон, что является опасным для человека и такую воду нельзя сливать в водоемы. На станции, где пар используется для вращения турбины, он должен быть сконденсирован с помощью охлаждающих источников, но данную охлажденную воду нельзя сбрасывать в водоемы, иначе возникнет тепловое засорение.

На сегодняшний день популярность набирают биотопливный источник. Биоэнергетика - это чистый и возобновляемый источник энергии, получаемый из органических веществ растительного и животного происхождения. При сжигании такого топлива в окружающую среду не поступают вредные вещества.

Есть три класса биомассы:

1. Твердая биомасса: продукты и отходы сельского хозяйства, лесного хозяйства и биоразлагаемые остатки промышленных и городских территорий.
2. Жидкая биомасса: поступает из «энергетических культур», в результате получается жидкое биотопливо (биоэтанол, биодизель и т.д).
3. Газообразная биомасса: можно найти в сельскохозяйственных сточных водах промышленных предприятий и городских территорий.

Данный вид топлива возобновляем за счет сельского хозяйства и промышленных предприятий, что значительно уменьшает затраты на утилизацию. При сжигании производится меньше загрязняющих веществ по сравнению с использованием невозобновляемых источников энергии. Относительно низкая стоимость. Биомасса широко используется для производства электроэнергии в Бразилии, уступая только гидроэлектроэнергии.

У биотоплива как и у других альтернативных источников энергии есть свои недостатки. Для организации такого способа переработки отходов нужна большая территория, что вызывает обезлесение обширных территорий и приводит к потере среды обитания, экологическому дисбалансу и изменению климата. Имеет более низкую теплоту сгорания по сравнению с другими видами топлива, соответственно низкий КПД. Проблемы с транспортировкой и его хранением. Жидкое биотопливо может вызвать усиление кислотных дождей.

Исходя из выше написанного, использование природных источников энергии по энергоэффективности не компенсируют затраты на их строительство и обслуживание. Так же для организации многих станций необходимо выравнивание рельефа и вырубка лесов, что приводит к изменению климата, снижению популяций животных и птиц, а также «вырубка

леса» не сопоставима с понятием экология. Все-таки природа обеспечивает весь окружающий мир необходимыми веществами, дает кислород и очищает воздух. В качестве единственного источника данные системы не могут выступать как самостоятельные и заменить традиционные способы получения энергии, они могут выступать в качестве дополнительного источника.

\*\*\*

1. . Андрейченко, А. Е. Выбор альтернативных источников тепла / А. Е. Андрейченко, А. В. Жунусова, И. В. Баклушина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-9. – С. 23-25. – DOI 10.18411/trnio-12-2022-409. – EDN NCRWUR.
2. Батухтин А.Г., Адоский А.П. Анализ практического использования солнечных коллекторов // Научный лидер. - 2021. - №40 (42);
3. Каршибоев Ш.А., Муртазин Э.Р., Файзуллаев М. Использование солнечной энергии / Каршибоев Ш.А., Муртазин Э.Р., Файзуллаев М. [Электронный ресурс] // КиберЛенинка : [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solnechnoy-energii-1/viewer> (дата обращения: 25.11.2023);
4. Котеленко С.В., Чижкин А.В. Развитие ветровой энергетики / Котеленко С.В., Чижкин А.В. [Электронный ресурс] // КиберЛенинка : [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-etrovoy-energetiki/viewer> (дата обращения: 25.11.2023);
5. Бураков А.А. Альтернативные источники энергии // Научный лидер. - 2021. - №42 (44);
6. Биоэнергетика: биомасса, топливо, преимущества и недостатки [Электронный ресурс] // Forma slova – 2022. Teaching And School Knowledge. – Режим доступа: <https://goo.su/HzKvuE>.
7. Баклушина, И. В. Альтернативные источники энергии и их применение на территории России / И. В. Баклушина, Е. А. Сердюкова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 12-1(63). – С. 93-96. – DOI 10.24412/2500-1000-2021-12-1-93-96. – EDN FTZHWO.
8. Новикова, К. Ю. Перспективы развития солнечной энергетики / К. Ю. Новикова, И. В. Баклушина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 98-11. – С. 70-72. – DOI 10.18411/trnio-06-2023-617. – EDN CGWGBQ.

**Хисматуллин Э.Г., Беляева М.Б.**  
**История развития компьютерного зрения**

*Уфимского университета науки и технологий  
(Россия, Стерлитамак)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-619*

**Аннотация**

В течение последних нескольких десятилетий компьютерное зрение претерпело заметное развитие, превратившись из области исследований в мощную технологию. С самых ранних дней, когда понятие компьютерного зрения только зарождалось, исследователи столкнулись с большими сложностями в обработке и анализе изображений компьютером.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, обнаружение и распознавание объектов, искусственный интеллект и компьютерное зрение, обработка изображений.

**Abstract**

Over the past few decades, computer vision has undergone remarkable development, evolving from a research area to a powerful technology. Since the earliest days when the concept of computer vision was just emerging, researchers have encountered great difficulties in processing and analyzing images by computer.

**Keywords:** computer vision, object detection and recognition, artificial intelligence and computer vision, image processing.

Компьютерное зрение действительно стало самостоятельной дисциплиной в конце 60-х годов. Оно развивалось в рамках исследований по искусственному интеллекту в период, когда велась оживленная дискуссия о возможности создания мыслящих машин. Изначально оно выделилось из работ, связанных с распознаванием образов.

В истории развития машинного зрения можно выделить следующие этапы:

1. В 1955 году профессор Оливер Селфридж с МТИ дал старт идеи оснащения компьютера возможностями распознавания звука и изображений. В своей статье "Глаза и уши для компьютера" он выдвинул теоретическую концепцию о том, как компьютер может воспринимать и анализировать аудио и визуальную информацию.

Селфридж предложил использовать идею, аналогичную обработке информации глазами и ушами человека. Его целью было разработать систему, которая позволит компьютеру распознавать и понимать звуки и изображения, анализировать их и принимать соответствующие действия.

В своей работе Селфридж предлагал использовать методы статистического анализа для распознавания образов и шаблонов в изображениях, а также для анализа звуковых волн и извлечения из них характеристик. Он считал, что компьютеру можно было бы научиться классифицировать и распознавать объекты на изображениях и определять звуки.

Эта статья Селфриджа сыграла важную роль в становлении компьютерного зрения и распознавания образов. Его идеи стали отправной точкой для последующих исследований и разработок в этой области, способствуя развитию технологий компьютерного зрения, машинного обучения и искусственного интеллекта.

2. В 1958 году Фрэнк Розенблатт, американский психолог и ученый, разработал перцептрон - одну из первых моделей искусственного нейрона. Он был вдохновлен работами о механизмах восприятия в головном мозге и решил создать компьютерную систему, способную имитировать эти процессы.

Перцептрон был создан с использованием ЭВМ IBM-704, которая была доступна в те времена. Эта модель перцептрона имела возможность обучаться распознавать образы и принимать решения на основе входных данных.

Исходная версия перцептрона требовала значительного объема вычислительных ресурсов. Для обучения одного перцептрона требовалось около полчаса машинного времени на IBM-704. Этот процесс был достаточно медленным и затратным.

3. В 1960 году Розенблаттом была построена аппаратная версия перцептрона, известная как Mark I Perceptron. Она была создана для специализированной задачи распознавания визуальных образов. Mark I Perceptron имела набор фотоэлементов в качестве входных сенсоров и использовалась для определения, например, геометрических форм или букв.

История перцептрона открыла дорогу для развития нейронных сетей и глубокого обучения. Сегодня перцептроны и их модернизированные версии являются фундаментальными моделями в области машинного обучения и искусственного интеллекта.

Таким образом, 1960-е годы были периодом бурного развития систем компьютерного зрения, связанного с использованием все более доступных и мощных компьютеров, расширением областей применения и решением ряда технических ограничений.

4. В 1970-е годы продолжилось интенсивное развитие систем компьютерного зрения. Одним из значимых событий этого периода стало выдвижение концепции машинного построения трехмерных образов объектов на основе анализа их двумерных изображений Лавренсом Робертсом, аспирантом Массачусетского технологического института (MIT).

В это время усилились исследования в области анализа изображений более глубокого уровня. Были разработаны различные подходы к распознаванию объектов на изображениях, такие как структурный подход, признаковый подход и текстурный подход.

Структурный подход включал в себя анализ геометрической и топологической структуры объектов на изображении, чтобы определить их форму и связи между элементами. Этот подход был полезен для распознавания объектов с явной структурой, таких как лица, здания или дороги.



Признаковый подход основывался на выделении характеристических признаков объектов, таких как края, линии, углы и текстуры. Эти признаки использовались для классификации и распознавания объектов на основе их уникальных свойств.

Текстурный подход включал анализ текстурных характеристик, таких как повторяющиеся узоры, шероховатость и цветовые свойства. Этот подход позволял распознавать объекты, в которых текстура играет важную роль, например, для классификации различных тканей или определения поверхностей материалов.

Таким образом, в 1970-е годы системы компьютерного зрения существенно продвинулись в развитии и стали способными анализировать изображения на более глубоком уровне, используя различные подходы и методы распознавания объектов.

5. В 1979 году профессор Ганс-Хельмут Нагель из Гамбургского университета внес значительный вклад в развитие компьютерного зрения с представлением теории анализа динамических сцен. Его работа концентрировалась на распознавании движущихся объектов в видеопотоке.

Теория анализа динамических сцен, предложенная Нагелем, основывалась на идее использования информации о перемещении объектов для их распознавания. Он предложил методы анализа и обработки видеопотока, которые позволяли автоматически выделять и отслеживать движущиеся объекты на временных последовательностях изображений.

Работа Ганса-Хельмута Нагеля внесла важный вклад в развитие компьютерного зрения, сфокусированного на анализе динамических сцен и распознавании движущихся объектов в видеопотоке. Эта теория продолжила развиваться и находит применение в различных современных системах, требующих обработки и анализа динамического видеоизображения.

6. В конце 1980-х годов были достигнуты значительные прорывы в области разработки роботов, которые могли оценивать окружающий мир и выполнять действия в естественной среде. Эти роботы обладали способностью более-менее удовлетворительно воспринимать и взаимодействовать с окружающей средой.

Одним из примеров таких роботов был робот Shakey, который был разработан в 1960-х годах в Стэнфордском исследовательском институте. Он был одним из первых роботов, обладавших способностью воспринимать свое окружение с помощью камер и датчиков расстояния. Shakey мог планировать свои действия, перемещаться по помещению и выполнять простые задачи, такие как собирать блоки.

Ещё одним важным прорывом была разработка алгоритмов компьютерного зрения, которые позволяли роботам обрабатывать и интерпретировать визуальные данные с камер. Это позволило роботам распознавать объекты, ориентироваться в пространстве и выполнять операции на основе визуальной информации.

Важным этапом стало также развитие техник машинного обучения, которые позволяли роботам учиться и адаптироваться к окружающей среде. Это открыло путь к созданию роботов, способных самостоятельно учиться и принимать решения на основе полученного опыта.

7. В 80-х и 90-х годах произошел заметный прогресс в разработке и использовании нового поколения датчиков двумерных цифровых информационных полей различной физической природы. Благодаря развитию новых систем измерения и методов регистрации, стало возможным получать устойчивые во времени изображения, сгенерированные этими датчиками, и анализировать их в реальном времени.

Особенно важным фактором было совершенствование технологий производства таких датчиков, что способствовало снижению их стоимости. Это в свою очередь значительно расширило область их применения, сделав их доступными для широкого спектра задач и применений.

Новое поколение датчиков позволило получать высококачественные и стабильные изображения, сохраняющие свои характеристики во времени. Это открыло новые возможности для ряда отраслей, таких как медицина, наука, промышленность, транспорт и другие.

Таким образом, развитие датчиков двухмерных цифровых информационных полей в 80-х и 90-х годах привело к прорыву в области получения и анализа изображений в реальном времени. Эти технологии стали более доступными и нашли широкое применение, что имело значительный вклад в различные отрасли.

8. С технической точки зрения, начиная с 90-х годов, обработка изображений стала рассматриваться с использованием модульной парадигмы. Эта парадигма была предложена Дэвидом Марром, который исследовал механизмы зрительного восприятия человека. Она утверждает, что обработка изображений должна состоять из нескольких последовательных уровней, которые формируют информационную линию с низшего к высшему уровню.

На первом уровне обработки изображения происходит перевод входных данных (растрового изображения) в "иконическое" представление объектов. Это представление неструктурированной информации о предметах на изображении.

Затем информация проходит через последующие уровни обработки, на которых происходит постепенный переход от "иконического" представления к символическому представлению объектов. На этих уровнях данные преобразуются в векторные и атрибутивные формы в структурированном виде, используются реляционные структуры.

Да, в середине 90-х годов появились первые коммерческие системы автоматической навигации для автомобилей. Это был значимый шаг в развитии автомобильной технологии. С помощью этих систем автомобили могли использовать компьютерный анализ движений для навигации и управления на дороге.

9. К концу XX века были разработаны эффективные инструменты компьютерного анализа движений. Эти инструменты позволяют обрабатывать видеоданные и извлекать информацию о движущихся объектах, их траекториях, скорости и других параметрах движения. Такие системы стали применяться в различных областях, включая компьютерное зрение, робототехнику, мониторинг транспорта и безопасность.

Развитие этих средств компьютерного анализа движений продолжается и в настоящее время. Современные технологии машинного обучения и глубокого обучения играют важную роль в улучшении точности и эффективности систем анализа движений. Это открывает новые возможности для автономных транспортных систем, видеонаблюдения, анализа потока транспорта и других приложений, где требуется точное и надежное обнаружение и отслеживание движущихся объектов.

10. В 2012 году AlexNet был разработан командой исследователей из Университета Торонто, включая Алекса Крижевского, Иэна Гудфеллоу и других. Это была глубокая нейронная сеть, которая использовалась для классификации изображений.

Одним из ключевых моментов, которому придавалось большое значение, было то, что AlexNet превзошел человеческую производительность в классификации изображений. Это произошло в ходе участия AlexNet в соревновании ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge в 2012 году. Это соревнование проверяет способность компьютерных систем распознавать и классифицировать большой набор изображений.

Одной из ключевых особенностей AlexNet было использование сверточных слоев и параллельной обработки для достижения глубокого представления изображений. Сверточные слои позволяют сети автоматически извлекать значимые признаки из изображений, а параллельная обработка позволяет ускорить вычисления.

Однако, помимо своей архитектуры, успех AlexNet заключался также в использовании графического процессора (GPU) для тренировки и выполнения вычислений нейронной сети. Это позволило значительно ускорить обучение и использование AlexNet.

В результате, AlexNet стал значительным прорывом в области машинного зрения. Его использование и успех в ImageNet Challenge привлекли большое внимание к глубокому обучению и нейронным сетям, а также сыграли ключевую роль в развитии этой области и

применении его архитектуры в последующих исследованиях и системах компьютерного зрения.

11. В 2014 году был представлен GoogLeNet, разработанный исследовательской группой в Google. Команда, работавшая над его созданием, включала в себя Сергея Иденкурова, Кристиана Зиллертса и других исследователей.

Основной целью GoogLeNet было создание глубокой нейронной сети с высокой эффективностью и небольшим количеством параметров. Для достижения этой цели была предложена новая архитектура сети, основанная на модулях Inception.

Модуль Inception - это своеобразный блок, который объединяет несколько параллельных операций свертки с различными размерами фильтров и последующим объединением результатов. Благодаря этому модулю GoogLeNet снижает количество параметров и вычислительную сложность, при этом сохраняя высокую точность классификации.

Такая архитектура позволяет GoogLeNet обучаться на большем количестве данных и улучшает способность сети к извлечению сложных признаков из изображений. GoogLeNet стал одной из первых нейронных сетей, способных классифицировать изображения с высокой точностью на датасете ImageNet, и он был победителем в соревновании ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge в 2014 году.

Важным преимуществом GoogLeNet является его эффективность с точки зрения вычислений. Благодаря использованию модулей Inception и различных техник сокращения размерности, GoogLeNet имеет меньшее количество параметров по сравнению с другими глубокими сетями, что делает его более быстрым и экономичным в работе.

Архитектура GoogLeNet была значимым прорывом в области глубокого обучения и внесла значительный вклад в развитие компьютерного зрения.

12. В 2015 году ResNet (Residual Neural Network) был спроектирован командой исследователей из Microsoft Research, включая Карена Симоняна, Андреаса Витцентса и других. Он предложил новый подход к обработке градиентов в глубоких нейронных сетях.

Одной из основных проблем при обучении глубоких нейронных сетей является затухание градиентов. Градиенты - это значения, используемые для обновления весов сети в процессе обратного распространения ошибки. При прохождении градиентов через много слоев сети они могут становиться очень малыми, что затрудняет обучение глубоких моделей.

ResNet предложил решение этой проблемы введением блоков "Residual Units" или "Residual Blocks". В Residual Units к входу слоя добавляется "остаточное соединение" или "skip connection", которое передает информацию напрямую к следующим слоям. Это позволяет пропустить несколько слоев и обеспечить прямой путь для градиентов.

Такое резидуальное соединение избавляет модель от необходимости полностью основываться на текущей обработке данных в каждом слое. Вместо этого ResNet позволяет модели "изучать" остаток изменений, которые требуются для применения к исходным данным. Это облегчает обучение глубоких сетей и позволяет строить модели с несколькими сотнями слоев.

Глубокая сеть, построенная на основе блоков ResNet, может изучать сложные зависимости между входными и выходными данными, а также обеспечивать высокую точность классификации. ResNet превзошел многие предыдущие модели в соревнованиях по классификации изображений, таких как ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge

Благодаря блокам Residual Units ResNet стал одной из ключевых архитектур, способствующих развитию глубокого обучения и повышению точности моделей в различных задачах компьютерного зрения.

13. В 2017 году CycleGAN (Cycle-Consistent Generative Adversarial Network) был предложен командой исследователей из UC Berkeley, включая Жуан Чзианг Мао, Джанютая Цая и других. Архитектура CycleGAN основана на глубоких генеративно-сопоставительных сетях (GAN) и предназначена для перевода изображений между различными доменами.

Одной из ключевых особенностей CycleGAN является способность выполнять перевод между доменами без необходимости парных данных обучения. Вместо этого модель обучается на непарных наборах изображений, представляющих различные домены, например, изображения лошадей и изображения жирафов. Это позволяет модели обучаться на более широком наборе данных и расширяет ее применимость.

Архитектура CycleGAN состоит из двух основных компонентов: генератора и дискриминатора. Генератор отвечает за преобразование изображения из одного домена в изображение другого домена, а дискриминатор стремится различать, является ли входное изображение реальным (принадлежащим целевому домену) или сгенерированным генератором.

Однако простое использование GAN для перевода изображений может привести к неоднозначности и потере информации. Вот где вступает в действие концепция циклической согласованности. CycleGAN дополняет генеративно-состязательную сеть циклической связью, чтобы сохранить важную информацию оригинального изображения.

Циклическая согласованность подразумевает, что если мы возьмем изображение из одного домена, переведем его в другой домен, а затем обратно в исходный домен, то должны получить изображение, близкое к исходному. Это обеспечивает обратимость процесса перевода и помогает сохранить детали и содержание изображения.

CycleGAN стал широко применяемым в области синтеза изображений, позволяя переводить изображения между различными доменами, такими как фотографии и картинки, перевод между сезонами, стилизацию изображений и другие задачи. Он имеет множество практических применений и продолжает активно развиваться в области генеративного искусства и компьютерного зрения.

14. В 2018 год. YOLO (You Only Look Once) - это архитектура сверточной нейронной сети, разработанная Джозефом Редмондом (Joseph Redmon) и Али Ваньей (Ali Farhadi) из фирмы TIOBE Software. Она предназначена для быстрой и точной детекции объектов в режиме реального времени.

Основной идеей YOLO является однократный анализ всего изображения и выдача результатов детекции непосредственно в режиме реального времени. Традиционные методы детекции объектов, такие как выборочное сканирование (sliding windows) или региональные сверточные сети (R-CNN), требуют анализа различных областей изображения, что замедляет процесс и не подходит для работы в режиме реального времени.

YOLO использует глубокую сверточную нейронную сеть для анализа всего изображения в единой операции. Сеть разделяет изображение на сетку (grid) и предсказывает ограничивающие рамки (bounding boxes), относящиеся к различным объектам, а также классы этих объектов и степень уверенности в классификации. Процесс обнаружения объектов выполняется параллельно на разных масштабах входного изображения.

YOLO обладает высокой скоростью работы, поскольку операции детекции выполняются непосредственно на изображении целиком. Это позволяет достичь высоких показателей в режиме реального времени, даже на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами. Быстрая обработка делает YOLO привлекательным для применения в различных приложениях, таких как автономные автомобили, видеонаблюдение, обработка видеопотоков и другие ситуации, где требуется быстрая и точная детекция объектов.

Впервые представленный в 2015 году, YOLO был дальше усовершенствован с выпуском версий YOLOv2, YOLOv3 и YOLOv4. Каждая последующая версия вносит улучшения в точность и скорость работы алгоритма детекции объектов. YOLO остается популярным и эффективным в области компьютерного зрения и приобретает все большую популярность в академическом и промышленном применении.

Вывод: Компьютерное зрение продолжает развиваться и предоставлять новые возможности для исследований и практического применения. Оставайтесь на связи с последними тенденциями и событиями в этой увлекательной области!

\*\*\*

1. Васильев В. И. Оценка актуальных угроз безопасности информации с помощью технологии трансформеров / В. И. Васильев, А. М. Вульфин, Н. В. Кучкарова // Вопросы кибербезопасности. - 2022. - № 2. - С. 27-38.
2. Голубев Г. Д. Обзор безопасности маломощных глобальных сетей: угрозы, проблемы и потенциальные решения / Г. Д. Голубев // Цифровая трансформация общества и информационная безопасность : материалы Всеросс. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 18 мая 2022 г.) - Екатеринбург, 2022. - С. 5-11.
3. Красинский В. В. Кибертерроризм: криминологическая характеристика и квалификация = Cyberterrorism: criminological characteristics and qualification / В. В. Красинский, В. В. Машко // Государство и право. - 2023. - № 1. - С. 79-91.
4. Полякова Т. А. Правовое обеспечение международной информационной безопасности: проблемы и перспективы / Т. А. Полякова, А. А. Смирнов // Российский юридический журнал. - 2022. - № 3. - С. 7-15.
5. Прибочий М. Хакеры усиливают натиск / М. Прибочий // Эксперт. - 2022. - № 14. - С. 36-39.

**Ходоркин О.Л., Кузменко И.В.**

### **Некоторые аспекты противоминной защищённости боевых машин**

*Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии  
И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации  
(Россия, Новосибирск)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-620

#### **Аннотация**

В работе рассмотрены некоторые аспекты защищённости боевых машин от минного оружия, как одной из составляющей боевых свойств боевых машин, защищённости. Проведён краткий анализ боевых свойств боевых машин. Рассмотрены взгляды зарубежных военных специалистов на применение минного оружия. Проведён анализ принципиальных схем расположения элементов электромагнитной защиты боевых машин.

**Ключевые слова:** боевые свойства, защищённость, минное оружие, минно-взрывные заграждения, электромагнитная защита.

#### **Abstract**

The work examines some aspects of the protection of combat vehicles from mine weapons, as one of the components of the combat properties of combat vehicles and security. A brief analysis of the combat properties of combat vehicles was carried out. The views of foreign military experts on the use of mine weapons are considered. An analysis of the schematic diagrams of the arrangement of elements of electromagnetic protection of combat vehicles was carried out.

**Keywords:** combat properties, security, mine weapons, mine-explosive barriers, electromagnetic protection.

Боевые машины, состоящие на вооружении силовых структур Российской Федерации, обладают рядом боевых и эксплуатационных свойств.

Под боевыми свойствами принято понимать устойчивые обобщенные признаки характеризующие боевые машины, как средства поражения объектов противника (целей) при выполнении боевых (служебно-боевых) задач или способность образца эффективно выполнять определенные боевые функции в соответствии со своим предназначением и проявляющихся в способности наносить ущерб при целенаправленном применении. Боевые свойства внешне проявляются как показатели, характеристики (тактико-технические), выражающие те стороны боевых машин, которые обуславливают различие или общность с другими машинами военного назначения. Совокупность боевых свойств отражает качество образца вооружения или военной техники.

Основными боевыми свойствами боевых машин (рис. 1) являются огневая мощь, подвижность, защищённость и командная управляемость.



Рисунок 1. Боевые свойства боевых машин.

И так, защищённость боевой машины от обычных средств поражения, в том числе и от минного оружия, это её способность противостоять воздействию огневых средств противника и сохранять при этом боеспособность. В свою очередь на защищённость от обычных средств поражения влияет защищённость боевой машины от обнаружения противником, защищённость от попадания средств поражения и защищённость от пробития средствами поражения.

Расширившиеся возможности минного оружия заставили отечественных и зарубежных военных специалистов по новому оценить его возросший потенциал, особенно как активного средства борьбы с подвижной наземной военной техникой (ПНВТ). Все большую популярность приобретает получивший официальное признание термин «наземная минная война», в которой будут участвовать не только инженерные и артиллерийские подразделения, но и системы дистанционного минирования (СДМ) - ракетные системы залпового огня (РСЗО), армейская авиация, а также тактическая авиация ВВС.

Взгляды зарубежных военных специалистов на применение минного оружия и минно-взрывных заграждений (МВЗ) отражают характер ведения боевых действий и заключаются в следующем:

- до начала боевых действий МВЗ устанавливаются скрытно на длительное время на наиболее вероятных направлениях действий ПНВТ противника;
- постановка МВЗ различной плотности в короткие сроки на ограниченное время на направлениях передвижения войск противника, исходя из условий сложившейся обстановки. Для постановки таких МВЗ используются системы разбрасывания мин, установленные на машинах или вертолетах;
- уплотнение существующих МВЗ (закрытие проходов, открытых флангов и т.п.) в ходе боя с учетом характера местности на наиболее вероятных направлениях передвижения ПНВТ и, прежде всего, танковых подразделений противника;
- постановка МВЗ в расположении второго эшелона противника, что затрудняет маневр войск. Для этого могут быть использованы РСЗО, ствольная артиллерия, вертолеты и самолеты.

Таким образом, по мнению командования армий ряда зарубежных стран, комплексная система обороны наряду с использованием противотанковых средств, пехоты, танков, противотанковой ствольной системы вооружения, ПТУР, вертолетов и самолетов с противотанковым вооружением все более шире включает в себя и постановку МВЗ с использованием различных типов мин и, прежде всего противотанковых (ПТМ).

Использование СДМ в дополнение к традиционным способам минирования существенно повышают эффективность минного оружия. Так, например, в таблице

представлены возможности армейского корпуса (АК) США по установке МВЗ средствами дистанционного минирования за одни сутки ведения боевых действий.

Как видно из таблицы 1, авиационные и артиллерийско-ракетные системы минирования позволяют устанавливать МВЗ по всей глубине оперативного построения войск. Объектами минирования являются районы сосредоточения частей и подразделений, маршруты выдвижения, исходные и боевые порядки частей и соединений, изготовившиеся для наступления, а также рубежи развертывания атаки, пункты управления первого эшелона, узлы дорог, участки местности и т.п.

По взглядам зарубежных специалистов полномасштабное применение средств «минной войны» способно обеспечить поражение до 50 % машин наступающей группировки.

Таблица 1

*Возможности армейского корпуса США по установке минно-взрывных заграждений средствами дистанционного минирования за одни сутки.*

<i>Тип СДМ (Носители)</i>	<i>Кол-во ПТМП, шт.</i>	<i>Вероятность поражения на 1-м МП</i>	<i>Кол-во ПТМ в МП, шт.</i>	<i>Размеры МП м х м</i>	<i>Заминированных путей, км</i>	<i>Дальность установки</i>
<i>МОРМС (Переносная установка)</i>	640-900	0,33	17	R=35	-	<i>перед передним краем</i>
<i>WOLCAND (Автомобиль)</i>	96-132	0,73	800	1000 x 40	-	<i>перед передним краем</i>
<i>РААМ (155 мм гаубица)</i>	820-130	0,25	72	400 x 400	328...520	<i>до 20</i>
<i>MLRS (Гусеничный БТР, РСЗО)</i>	432-504	0,60	336	600 x 1000	432...504	<i>до 40</i>
<i>WOLCAND (Вертолеты VH-1M, VH-60M)</i>	38-76	1,0	800	50 x 1000	38...76	<i>до 250</i>
<i>GATOR (Самолеты F-4, F- 16)</i>	100-200	0,44	72	200 x 300	30...60	<i>до 500</i>
<i>Всего</i>	2126-3112		<i>329...459 тыс. шт. ПТМ</i>		828..1040	

По принципу действия мины подразделяются:

- фугасные (противогусеничные и противоднищевые) с массой взрывчатого вещества (ВВ) до 10 кг;
- удлиненные противогусеничные (дробящего действия);
- мины со снарядоформирующим поражающим элементом (противоднищевые и противобортовые) с бронепробиваемостью от 80 до 250 мм;
- кумулятивные противоднищевые с бронепробиваемостью до 150 мм и противобортовые, представляющие собой, как правило, обычную противотанковую кумулятивную гранату.

В настоящее время мины оснащаются не только механическими взрывателями, срабатывающими от воздействия гусеницей, колесом, днищем на штырь, но и электронными взрывателями, срабатывание которых происходит вследствие воздействия различных физических полей, присущих объекту воздействия (магнитометрические, сейсмические, акустические, оптические, тепловые). По оценке военных специалистов комбинированные электронные (магнитометрические и механические) взрыватели получили в последнее время приоритетное распространение. При этом новые типы взрывателей могут применяться и на старых типах мин. Современные системы дистанционного минирования оснащаются преимущественно (до 80%) ПТМ с магнитными взрывателями.

Тенденция развития различных по принципу действия ПТМ, оснащаемых механическими и различного вида электронными взрывателями, представлена на рисунке 2.

Оснащение мин сложными неконтактными электронными взрывателями позволяет обнаруживать и классифицировать движущиеся цели, подавать команды на срабатывание в момент, когда цель окажется в наиболее уязвимом положении.

В настоящее время на различных этапах разработки находятся мины с так называемой «широкой зоной действия», представляющие собой системы с элементами искусственного интеллекта, позволяющего обнаруживать, идентифицировать и наносить поражения через наименее защищенные участки конструкции, например, выстреливающимися самонаводящимися элементами через крышу корпуса и башни бронированных машин (БМ).

Необходимо отметить, что обеспечить надежную защиту экипажа и внутреннего оборудования БМ, а также сохранить боеспособность образца, как

показали проведенные исследования, крайне сложно. Такая защита может быть реализована и то частично, только на специальных образцах – бронированных инженерных машинах разминирования.

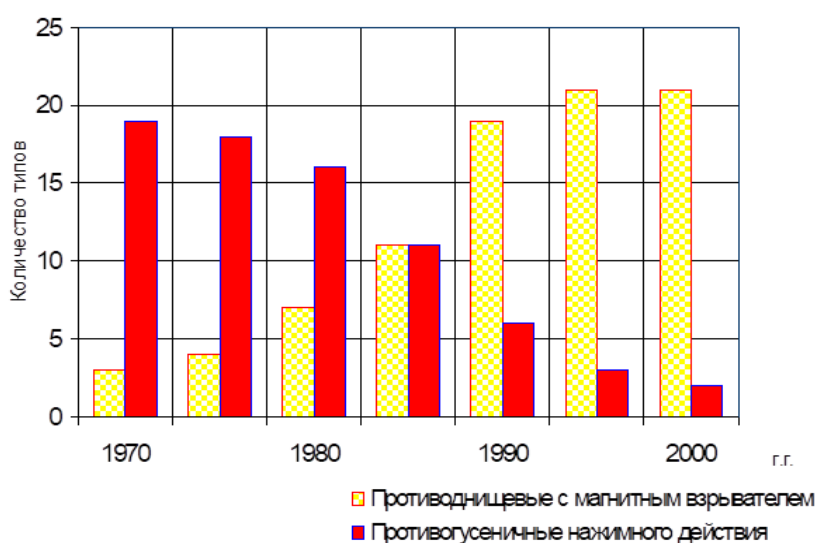


Рисунок 2. Тенденция развития противотанковых мин, оснащенных механическими и электронными взрывателями в развитых странах.

Таким образом, обеспечение защиты образцов БМ должно строиться не только на повышении их механической прочности, а и на уменьшении уровня создаваемых образцом демаскирующих физических полей, но и активном воздействии на электронные устройства управления и подрыва мин.

Проблема защищенности БМ постоянно обостряется вследствие совершенства конструкции взрывных устройств и самих мин, принятия на вооружение новых типов мин и средств их доставки.

Опыт исследований показывает, что обеспечить действенную защиту ПНВТ, даже наиболее защищенных из них - танков от всех типов мин не представляется возможным. Так, например, исключить пробитие со стороны днища БМ кумулятивными минами и минами со снарядоформирующим элементом (типа «ударное ядро») невозможно. Не найдено решение по обеспечению стойкости гусеницы к взрыву мин.

Наиболее реальными, по нашему мнению, направлениями повышения защищенности от мин являются:

- обеспечение защиты экипажа и внутреннего оборудования машины при взрыве любых типов мин под элементами ходовой части и фугасных мин под днищем;



- нейтрализация специальными защитными устройствами мин с электромагнитными взрывателями.

Проведенные исследования показывают, что в плане повышения собственной противоминной системы (ПМС) образцов БТВТ от мин решения исчерпаны и в ближайшем будущем маловероятно, что будут найдены приемлемые решения по этой задаче. Поэтому в перспективе необходимо ориентироваться не на повышение собственной ПМС образцов, а на обеспечение защиты ПНВТ от мин активными и пассивными системами.

Противодействие наиболее распространенным типам электронных взрывателей, имеющих магнитометрические датчики, может обеспечить разрабатываемая в настоящее время система электромагнитной защиты (СЭМЗ), работающая по принципу имитации признаков собственного магнитного поля БМ на безопасном удалении. Соответственно, обеспечивается подрыв мины за контуром машины. Указанная система аналогичным образом может защищать и от боеприпасов, поражающих объекты сверху на пролете (например, ПТУР «Билл»). При относительно малой массе (около 100 кг) данная система, как показали исследовательские испытания, обеспечивает защиту танка от мин с электромагнитными взрывателями с вероятностью

$$P_{\text{ср.}} = 0,8.$$

Конструктивное исполнение и размещение СЭМЗ на бронеобъектах имеют отличия.

Так, первые варианты разработок СЭМЗ устанавливались на колеем трале, которыми оснащались объекты БТВТ. Магнитная приставка (МП), которой оборудовался колеем трал, имела массу 160 кг с потребляемой мощностью 0,8 кВт. Ширина проделываемого прохода составляла от 3 до 5 м. Скорость движения объекта с колеем тралом и СЭМЗ составляла не более 15 км/ч. Указанными системами были оборудованы «объект 286». Принципиальная схема расположения ЭМП на колеем трале и имитация основных признаков магнитного поля танка представлены на рисунке 3.

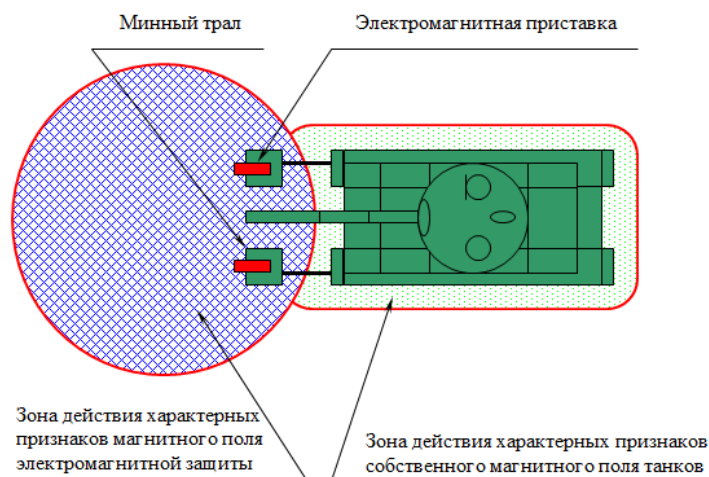


Рисунок 3. Принципиальная схема расположения ЭМП на колеем трале.

Магнитным приставкам были присущи следующие недостатки:

- наружные узлы слабо защищены от пуль и осколков;
- колеем тралы с МП ухудшают основные боевые характеристики образцов БТВТ и не допускали их маневрирования на поле боя;
- легко обнаруживались при установке на БТТ, что делало их более уязвимыми на поле боя;
- установка колеем тралов требовала спецоборудования и грузоподъемной техники.

Учтя вышеперечисленные недостатки, в США разработана система FCS для БМП и БТР с размещением электромагнитной обмотки на лобовом листе и система «Vemasid» для танков с

размещением обмоток на погоне башни. Масса СЭМЗ типа FCS составляет 150 кг, а типа «Vemasid» - 180 кг. Потребляемая мощность для обоих типов – 0,8 кВт. Схема имитации магнитного поля БТР, при расположении электромагнитной обмотки на лобовом листе представлены на рисунке 4.

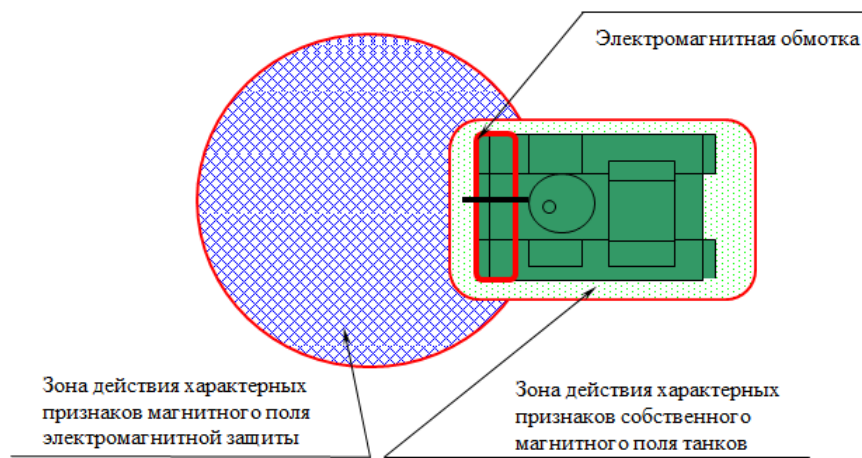


Рисунок 4. Принципиальная схема расположения ЭМО на лобовом листе.

В нашей стране был разработан макет СЭМЗ конструктив

В качестве рабочего органа использовался соленоид, который выполнен в виде однослойных медных обмоток, размещенных на стволе под термозащитным кожухом. Источником питания служил преобразователь постоянного тока, подсоединяемый к АБ и преобразующий постоянный ток в последовательность знакопеременных импульсов. Схема имитации магнитного поля танка, при расположении электромагнитной обмотки на стволе пушки представлены на рисунке 4.

В настоящее время у нас в стране ведутся активные работы по созданию СЭМЗ, обеспечивающую защиту танков от поражения минами и ПТУР, оснащенными взрывателями с магнитометрическими датчиками.

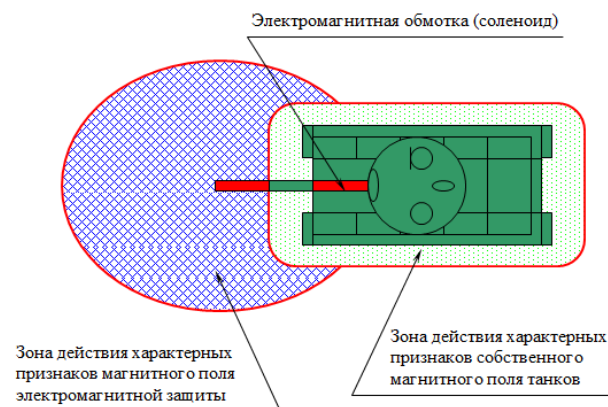


Рисунок 5. Принципиальная схема расположения ЭМО на стволе пушки.

Основные достоинства разрабатываемых вариантов СЭМЗ:

- сохранение всех боевых характеристик БМ на поле боя;
- возможность установки на любую БМ СВ;
- возможность оперативного ремонта и замены узлов в полевых условиях силами экипажа;
- совместимость со штатным электрооборудованием;
- высокая эффективность нейтрализации любых мин с магнитными взрывателями;

- возможность модернизации СЭМЗ при появлении мин с более высоким «интеллектом».
- кроме того, следует отметить простоту конструкции и удобство в эксплуатации.

Основные тактико-технические характеристики разрабатываемой СЭМЗ танков, должны обеспечить:

защиту от кумулятивных средств поражения (ПТУР, ПГ, ПТМ)

по азимуту 3600

по углу места + 300

- переключение режимов работы «верх» – «низ» ручное (в перспективе автоматическое)
- ширину зоны магнитного поля до 6,0 м
- расстояние до дальней границы зоны магнитного поля при горизонтальном расположении ствола до 8,2 м
- расстояние до ближней границы зоны магнитного поля при горизонтальном расположении ствол не менее 2,7 м
- скорость движения танка, при которой обеспечивается работоспособность СЭМЗ до 40 км/ч
- средняя потребляемая мощность не более 0,8 кВт
- внутренний объем аппаратуры не более 15 л.
- масса оборудования системы не более 120 кг.

Система электромагнитной защиты танка, которая проходит опытно-конструкторскую доработку, состоит из: рабочего органа (рабочей обмотки), элементов защиты и крепления рабочей обмотки, блока инвертора, пульта управления и контроля, комплекта токопроводящих проводников.

Схема имитации основных признаков магнитного поля танка, при расположении электромагнитной обмотки на корпусе представлена на рисунке 6.

Рабочая обмотка состоит из кормовой и носовой частей, соединенных между собой штепсельными разъемами. Носовая часть размещается на верхней лобовой детали (ВЛД), а кормовая часть проходит по подбашенному листу кормовой части танка между МТО и башней вдоль бортов корпуса танка. В соответствии с режимом работы рабочая обмотка имеет два режима питания импульсным током с помощью импульсного преобразователя постоянного тока бортовой сети танка в последовательность знакопеременных импульсов тока пилообразной формы (защита от мин) и постоянным током бортовой сети танка (защита от ПТУР). Комплект токопроводящих проводников (кабелей) – обеспечивает электрическую связь рабочей обмотки, блока инвертора, пульта управления и контроля.

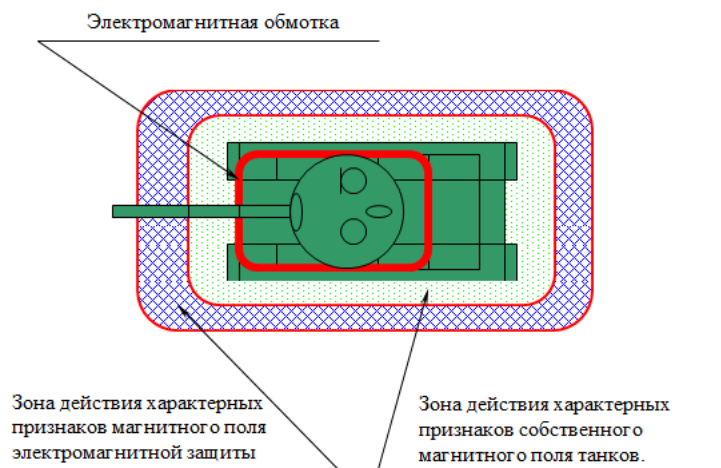


Рисунок 6. Принципиальная схема расположения ЭМО на корпусе.

Пульт управления и контроля служит для включения СЭМЗ и позволяет осуществить контроль включения СЭМЗ и переключения режимов работы «верх» – «низ».

Блок инвертора служит преобразователем постоянного тока бортовой сети танка в последовательность знакопеременных импульсов тока пилообразной формы.

Принцип работы системы разрабатываемой СЭМЗ для танков заключается в следующем:

- после включения системы электромагнитной защиты блок инверторов вырабатывает импульсы частотой 3 Гц и амплитудой тока 15 А.
- вокруг танка на удалении 2,7...8,2 м формируется магнитоэлектростатическое поле, подобное по амплитуде и форме магнитному полю танка без системы электромагнитной защиты, при этом параметры собственного магнитного поля существенно искажены.

В результате взаимодействия искаженного магнитного поля, обеспечивается защита танка от мин дистанционного минирования М70,

ВЛУ-91В, ХМ-78, М78 (США), ДМ1239 (ФРГ), а так же от воздействующих со стороны верхней полусферы ПТУР «BILL» (Швеция) оснащенных магнитным взрывателем, путем их нейтрализации или подрыва вне проекции танка на расстоянии исключающем его пробитие. Переключение режимов работы «низ» и «верх» осуществляется вручную. Предусмотрен режим автоматического переключения с использованием штатного радиолокатора комплекса активной защиты (КАЗ) танка.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что система электромагнитной защиты работоспособна не только при установке её на сильно бронированных образцах – танках, но и на легко бронированных, например на БМП, БРМ «Рысь». Это позволяет сделать вывод о том, что СЭМЗ может быть установлена практически на всех бронированных машинах сухопутных войск.

Система показала себя работоспособной, эффективной и может быть использована на образцах БТВТ.

По сообщениям зарубежной печати перспективный американский танк FMBT будет оснащен системой для защиты от противотанковых мин с неконтактными магнитными взрывателями.

Использование на танках системы электромагнитной защиты позволяет значительно уменьшить вероятность подрыва мин, оснащенных электромагнитными взрывателями под проекцией БМ. Эта вероятность может рассчитана по формуле:

$$P_{\text{ср.}} = [(1 - P_1)(V_r/V_T + (1 - P_2)(V_T - V_r)](1/V_T)$$

где;

$P_{\text{ср}}$  - вероятность срабатывания электромагнитного взрывателя под корпусом танка;

$P_1$  - вероятность срабатывания электромагнитного взрывателя вне корпуса танка;

$P_2$  - вероятность срабатывания электромагнитного взрывателя без наезда на мину;

$V_r$  - ширина гусениц танка;

$V_T$  - ширина танка.

Получим  $P_{\text{ср}} = 0,05 - 0,09$ , т.е. вероятность срабатывания электромагнитного взрывателя под корпусом танка составляет 5–9%.

На сегодняшний день СЭМЗ является одним из эффективных средств защиты БМ от ПТМ, оснащенных электромагнитными взрывателями.

Оснащение БМ СЭМЗ является одним из приоритетных направлений в области повышения защищенности образцов БТТ и ПНВТ в целом.

Таким образом:

- СЭМЗ является высокоэффективным средством защиты от наиболее массовых ПТМ;
- СЭМЗ может успешно применяться на всех БМ СВ;

- СЭМЗ является наиболее перспективным средством повышения защищенности БМ СВ;
- кроме того, следует отметить высокую ремонтпригодность и обслуживаемость СЭМЗ в полевых условиях, а также простоту конструкции и удобство в эксплуатации.

\*\*\*

1. Ходоркин О.Л. Некоторые аспекты защищённости экипажей боевых машин от обычных средств поражения противника. Военно-правовые и гуманитарные науки Сибири. Научный журнал – Новосибирск. Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2021 – № 4.
2. Эксплуатация бронетанкового вооружения и техники. Учебник. – М.: ВИ, 1989.
3. Управление эксплуатацией вооружения и военной техники. Учебник. – М.: Издание академии, 2004.
4. Виноградов А.В., Макаренко А.С. История создания и развития отечественных минных тралов. Техника и вооружение № 1-6, 2012.
5. Современные средства минирования на службе армий мира. URL: <https://topwar.ru/10659-sovremennyye-sredstva-minirovaniya-na-sluzhbe-armiy-mira.html>

**Шамутдинов А.Х., Брыкин Д.Н.**

### **Решение основных задач кинематики крано-манипуляторной установки**

*Омский автобронетанковый инженерный институт  
(Россия, Омск)*

*doi: 10.18411/trnio-01-2024-621*

#### **Аннотация**

В статье решены основные задачи кинематики манипулятора, в частности, в специальной военной технике – крано-манипуляторной установки (КМУ): прямая и обратная задачи. Используя инструмент векторной алгебры – матрицы поворота вокруг координатных осей, составлены матричные уравнения кинематики, для определения положения рабочего органа КМУ в любой момент времени от углов поворота его звеньев и найдены эти углы, как функции координат его рабочего органа (схвата). В перспективе это поможет определить рабочую зону исследуемого манипулятора КМУ при работе с различными объектами военной транспортной техники, что увеличит эффективность и мобильность его эксплуатации.

**Ключевые слова:** крано-манипуляторная установка, рабочая платформа, гидроцилиндр, наклонная платформа, опорно-поворотная платформа, абсолютная система координат, обобщенные координаты.

#### **Abstract**

The article solves the main problems of manipulator kinematics, in particular, in special military equipment - a crane-manipulator unit (CMU): direct and inverse problems. Using the tool of vector algebra - a matrix of rotation around coordinate axes, matrix kinematic equations were compiled to determine the position of the CMU working body at any time from the angles of rotation of its links and these angles were found as a function of the coordinates of its working body (gripper). In the future, this will help determine the working area of the CMU manipulator under study when working with various objects of military transport equipment, which will increase the efficiency and mobility of its operation.

**Keywords:** crane-manipulator installation, working platform, hydraulic cylinder, inclined platform, turntable, direct kinematics problem, absolute coordinate system, generalized coordinates.

Чаще всего при эксплуатации КМУ возникает задача, когда необходимо определить положение и ориентацию рабочего органа манипулятора (схвата), при известных значениях угла поворотов звеньев манипулятора относительно друг друга. В кинематике – это прямая задача, т.е. по заданным обобщенным координатам  $q_i$  найти положение точки Р схвата рабочей

платформы. Кроме этого, возникает потребность в решении обратной задачи кинематики – вычисление величин обобщенных координат  $q_i$  по заданному положению  $(x_P, y_P, z_P)$  рабочей платформы (схвата) при известной схеме кинематики КМУ [1, с. 31] (рис. 1).

Обозначения на рис. 1:

$(OXYZ)$  – абсолютная (неподвижная) система координат;  $(OX_iY_iZ_i)$  – относительные (подвижные) система координат, где  $i = 1, 2, 3, 4$ ;

$P_0$  – точка, где находится рабочий орган (схват) на платформе в начальном положении, когда движений нет;  $P_1$  – положение рабочей точки  $P_1$  при повороте блока звеньев 3, 5 – 9 вокруг оси параллельной оси  $X$  в т.  $O_1$ ;  $P_2$  – положение рабочей точки  $P_2$  при вращении блока звеньев 5 – 9 вокруг оси параллельной оси  $X$  в т.  $O_4'$ ;  $P_3$  – положение рабочей точки  $P_3$  при вращении блока звеньев 8 – 9 вокруг оси параллельной оси  $Y_3$  в т.  $O_3$ ;  $(x_P, y_P, z_P) \equiv (x_{P4}, y_{P4}, z_{P4})$  – искомые координаты т.  $P$ ;  $(x_{P0}, y_{P0}, z_{P0})$  – координаты т.  $P_0$ ;  $(x_{P1}, y_{P1}, z_{P1})$  – координаты т.  $P_1$ ;  $(x_{P2}, y_{P2}, z_{P2})$  – координаты т.  $P_2$ ;  $(x_{P3}, y_{P3}, z_{P3})$  – координаты т.  $P_3$ ; Начальный угол наклона наклонной платформы 3 равен  $\alpha$ ;  $O_1O_2 = O_3O_4 = l_1$  – длина поворотного стола 1 равна длине опорно-поворотной платформы 5, причем обе платформы, на начальном этапе, предполагается параллельны и горизонтальны;  $O_1O_4 = O_1O_4' = l_2$  – длина наклонной платформы 3; Высота стоек 6 равна  $l_3$ ; Длина рукава схвата равна  $l_4$ .

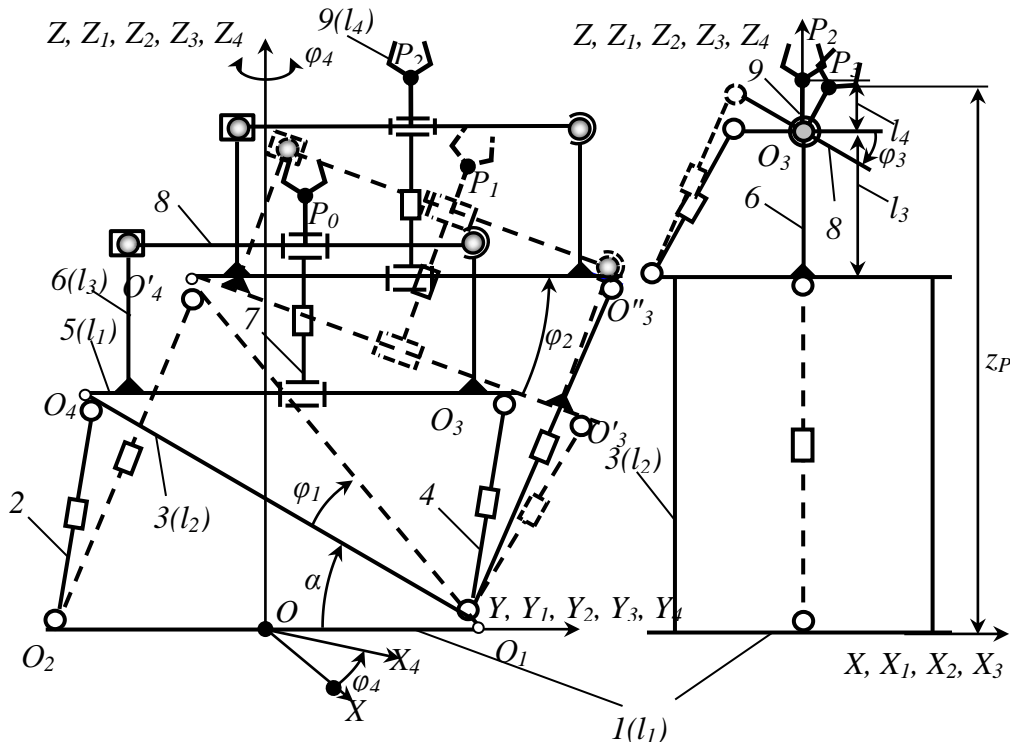


Рисунок 1. Расчетная схема КМУ. 1 – Поворотный стол;

2 – Левый гидроцилиндр (двигатель поступательного перемещения);

3 – Наклонная платформа; 4 – Правый гидроцилиндр (двигатель поступательного перемещения); 5 – Опорно-поворотная платформа;

6 – Стойки; 7 – Верхний гидроцилиндр (двигатель поступательного перемещения); 8 – Рабочая платформа; 9 – Схват

В качестве КМУ, для исследования, рассмотрим пространственный механизм с шестью степенями свободы, схемное решение которых хорошо описаны в [2, 3]. Для КМУ это связано с повышенной мобильностью кинематических пар и исключением избыточных связей, что уменьшает появление ошибок позиционирования, вызывающие дополнительное динамическое нагружение звеньев и связей, обуславливающие перекладку зазоров в меняющихся направлениях силовых связей звеньев и снижающие их работоспособность. Во-первых, это

объясняется расчетом реакций в опорах аналогичного манипулятора [4, с.28]. Во-вторых, режимы работы данного манипулятора КМУ проявляются и при силовых режимах, применяемых, например, в манипуляторах параллельной кинематики для обеспечения жесткости конструкции [5, с.30], [6, с.44]. В связи с этим решение прямой и обратной задач кинематики предложенного манипулятора КМУ является одной из актуальных задач транспортного машиностроения, в частности в области специальной военной техники.

Зададимся обобщенными координатами:  $q_1 = \varphi_1$  – поворот наклонной платформы 3 (вместе с блоком звеньев 3, 5 – 9) вокруг оси X;

$q_2 = \varphi_2$  – поворот опорно-поворотного устройства 5 (блока звеньев 5 – 9) вокруг оси X;

$q_3 = \varphi_3$  – поворот рабочей платформы 8 (вместе со схватом 9) вокруг оси Y;  $q_4 = \varphi_4$  – вращение поворотного стола 1 (вместе с блоком звеньев 2 – 9) вокруг оси OZ;

В [3, с.65] уже описывалась оригинальность данного манипулятора, которая заключалась в осуществлении поступательного вертикального движения за счёт двух встречных вращений наклонной платформы 3 и опорно-поворотной платформы 5, т.е. их угловые скорости равны и направлены в противоположные стороны [7, с.248].

Прямую задачу кинематики КМУ будем решать геометрически, основываясь на матричном методе. Из рис. 2 найдем первоначальные координаты т. P0:

$$\begin{pmatrix} x_{P_0} \\ y_{P_0} \\ z_{P_0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ l_1 - l_2 \cdot \cos \alpha \\ l_2 \cdot \sin \alpha + l_3 + l_4 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} x_{P_1} \\ y_{P_1} \\ z_{P_1} \end{pmatrix} = M_1 \cdot \begin{pmatrix} x_{P_0} \\ y_{P_0} \\ z_{P_0} \end{pmatrix},$$

перехода при вращении вокруг оси X, запишем: где матрица

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 \\ 0 & \sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 \end{pmatrix}$$

перехода равна

Подставляя координаты находим:

$$\begin{pmatrix} x_{P_1} \\ y_{P_1} \\ z_{P_1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 \\ 0 & \sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ A \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1 \\ A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

По аналогии, при изменении обобщенной координаты  $q_2 = \varphi_2$  (повороте вокруг оси параллельной X1) т. P1 займет положение P2 и координаты будут:

$$\begin{pmatrix} x_{P_2} \\ y_{P_2} \\ z_{P_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) - \sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1) \\ \sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1) \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Также при изменении обобщенной координаты  $q_3 = \varphi_3$  (повороте вокруг оси параллельной Y2) т. P2 займет положение P3:

$$\begin{pmatrix} x_{P_3} \\ y_{P_3} \\ z_{P_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \varphi_3 \cdot [\sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)] \\ \cos \varphi_3 \cdot [\sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)] \\ \cos \varphi_3 \cdot [\sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)] \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Ну и наконец при изменении обобщенной координаты  $q_4 = \varphi_4$  (повороте вокруг оси параллельной Z4) т. P3 займет положение P4  $\equiv$  P – искомая точка, с координатами (xP, yP, zP):

$$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \varphi_3 \cdot \cos \varphi_4 \cdot [\sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)] - \\ - \sin \varphi_4 \cdot [\cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) - \sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)]; \\ \sin \varphi_3 \cdot \sin \varphi_4 \cdot [\sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)] + \\ + \cos \varphi_4 \cdot [\cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) - \sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)]; \\ \cos \varphi_3 \cdot [\sin \varphi_2 \cdot (A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1) + \cos \varphi_2 \cdot (A \cdot \sin \varphi_1 + B \cdot \cos \varphi_1)] \end{pmatrix} \quad (5)$$

Таким образом, прямая задача кинематики, определяемая системой уравнений (5), для данного манипулятора КМУ – решена.

Если говорить о решении обратной задачи кинематики для данного КМУ, то анализируя уравнения (5) видно, что решение обратной задачи в явном виде невозможно. Для нашего случая, когда  $q_1 = \varphi_1$ , т.е.  $\varphi_1 = \varphi_2$  [7]. Поэтому система (3) при углах  $\varphi_1 = \varphi_2$  преобразуется:

$$\begin{pmatrix} x_{P_2} \\ y_{P_2} \\ z_{P_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ A \cdot \cos 2\varphi_1 - B \cdot \sin 2\varphi_1 \\ (A \cdot \sin 2\varphi_1 + B \cdot \cos 2\varphi_1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \sin(2\varphi_1 - \beta) \\ \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \sin(2\varphi_1 + \beta) \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где  $\beta = \arctg\left(\frac{A}{B}\right)$  Откуда:

$$\varphi_1(\varphi_2) = \frac{\arcsin\left(\frac{y_{P_2}}{\sqrt{A^2 + B^2}}\right) + \beta}{2} \quad \text{или} \quad \varphi_1(\varphi_2) = \frac{\arcsin\left(\frac{z_{P_2}}{\sqrt{A^2 + B^2}}\right) - \beta}{2}. \quad (8)$$

$$\varphi_3 = \arctg\left(\frac{x_{P_3}}{z_{P_3}}\right), \quad \varphi_4 = \arctg\left(\frac{C_1 \cdot \sin \varphi_3 + C_2 \cdot \left(\frac{x_{P_4}}{y_{P_4}}\right)}{C_1 \cdot \left(\frac{x_{P_4}}{y_{P_4}}\right) - C_2}\right), \quad (9)$$

где  $C_1 = \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \sin(2\varphi_1 + \beta)$ ,  $C_2 = \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \sin(2\varphi_1 - \beta)$

Уравнения (8) – (9) представляют собой решение обратной задачи кинематики для данного КМУ, которая определяется только на данном (дискретном) положении манипулятора, когда можно определить обобщенные координаты последовательно с движениями.

Выводы:

1. Составлены матричные уравнения и определены условия, при которых возможны движения звеньев исследуемого КМУ. Это поможет определить, где будет находиться рабочий орган (схват) крано-манипуляторной установки при заданных размерах и углах его звеньев, а также, при необходимости, определить размеры рабочей зоны КМУ.
2. При равных углах поворота наклонной платформы 3 и опорно-поворотной платформы 5  $\varphi_1 = \varphi_2$  – решена обратная задача кинематики (8) – (9), что позволит, для каждого момента времени, определить положение исполнительного органа манипулятора.



3. Найденные уравнения решений прямой и обратной задач кинематики позволяют определить положение исполнительного органа (схвата) манипулятора и выбрать схему нагружения для определения усилий, а также увеличит эффективность и мобильность эксплуатации КМУ в военной специальной транспортной технике.

\*\*\*

1. К. Фу, Р. Гонсалес, Ли К. Робототехника: Пер. с англ. – М: Мир, 1989. – 624 с., ил.
2. Патент РФ № 2016115295/19.05.2016. МПК В25J1/00. Балакин П.Д., Шамутдинов А.Х. Пространственный механизм с шестью степенями свободы // Патент России №170930. 2017. Бюл. № 14.
3. Балакин П.Д., Шамутдинов А.Х. Схемное решение механизма пространственного манипулятора // Омский научный вестник. 2012. – № 2. – С. 65-69.
4. Шамутдинов А.Х., Лесняк И.Ю. Методика определения реакций в шарнирах механизма оригинального манипулятора // Омский научный вестник. 2022. № 2 (182). С. 28-32. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-182-28-32.
5. Stewart D. A platform with six degrees of freedom // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. 1966. Vol. 38, no. 4. P. 30–35. DOI:10.1108 / EB034141.
6. Балакин П.Д., Шамутдинов А.Х. Исследование жесткости пространственного механизма // Омский научный вестник. – 2012. – №3(113). – С.44-48.
7. Люкшин, В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В. С. Люкшин. – М. : Машиностроение, 1967. – 372 с.

**Швец Т.Р., Сафронова И.Г.**

**Пожарная опасность молнии и способы защиты от ее воздействия**

*Уральский институт ГПС МЧС России  
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-622

#### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены основные виды молний и их пожарная опасность. Названы традиционные и альтернативные способы защиты зданий и сооружений от влияния молнии, приведена статистика самых крупных бедствий от данной стихии в стране.

**Ключевые слова:** Молния, пожароопасность, поражение молнией, стихийные бедствия, молниеотводы.

#### **Abstract**

This article discusses the main types of lightning and their fire hazard. Traditional and alternative methods of protecting buildings and structures from the effects of lightning are named, and statistics on the largest disasters from this element in the country are given.

**Keywords:** Lightning, fire hazard, lightning damage, natural disasters, lightning rods.

Молния – естественное разрушительное природное явление, представляющее собой разряд атмосферного электричества между облаками или между облаками и земной поверхностью, либо с любыми наземными сооружениями с большой длиной искрового канала. Действие прямого удара молнии представляет большую взрыво- и пожароопасность для зданий и сооружений, так как может вызвать пожары, взрывы, механические разрушения и телесные повреждения.

Разность потенциалов электрических зарядов между облаками или их частицами и землей, особенно в летние месяцы, приводит к образованию грозовых фронтов. Нередко молнии образуются в кучево-дождевых облаках, в таких случаях их называют грозовыми; порой молнии образуются в слоисто-дождевых облаках, кроме того при извержениях вулканов, смерчах и пыльных бурях.

90 процентов разрядов, представляющих пожарную опасность, начинаются в облаках вместе с формированием слабосветящегося канала, перемещающегося последовательно.

Согласно направленности перемещения первоначального лидера от облака вниз или от наземного строения вверх различают нисходящие и восходящие молнии. Если лидер нисходящей молнии достигает приблизительно 100 м от поверхности земли (от грозозащитной системы) случается разряд. При этом основной разряд, сопровождается ярким свечением, резким увеличением тока до предельных значений в 10-ки и 100-ни килоампер, увеличением температуры в канале молнии до 30000°С и более, звуковым эффектом (громом) [5].

Статистика ударов молний в России весьма впечатляет. Ежегодно регистрируется несколько сотен случаев, и это только те, которые были задокументированы. Большинство происшествий происходит на открытых местах, например, в поле или на пляже, но люди также могут пострадать от удара молнии во время шторма или грозы в городе. На рисунке 1 представлено, где наиболее часто имеют место молнии быть на земном шаре – от очень красного, до очень холодного, синего.

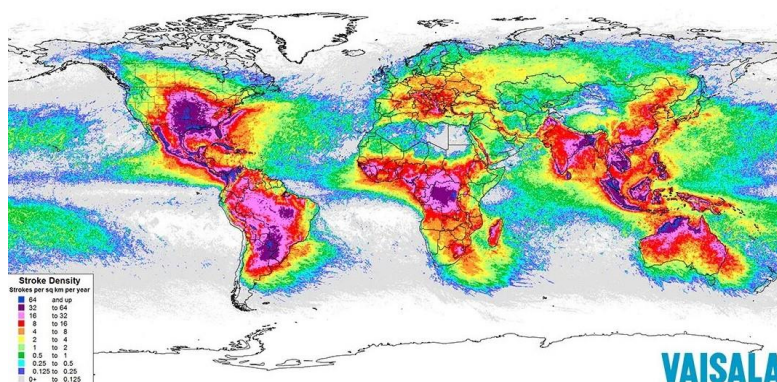


Рисунок 1. Интенсивность поражения молнией поверхности земли.

Согласно статистике, более небезопасными территориями с точки зрения ударов молний считаются горные районы, такие как Кавказ, Алтай и Саяны. Там возможность пострадать от удара молнии достигает 1 на 5 тысяч человек. В лесных районах есть угроза того, что молния может ударить в дерево и вызвать пожар. Но в том числе и в городах и на равнинных территориях есть вероятность пострадать от удара молнии [3].

В соответствии с изучением, проведенным Росгидрометом, в России совершается приблизительно 20 миллионов молниеносных разрядов каждый год. Данное значит, что в среднем ежегодно на каждый квадратный километр территории России приходится примерно 2,2 разряда [2]. Помимо этого, количество молниеносных дней в году способен добиваться 80-100 дней на определенных территориях страны.

По статистике, 7-8% всех весенних и летних пожаров вызваны прямыми ударами молнии в объект. Опасны и токи, образующиеся на земной поверхности после ударов молний. Прямой угрозой молнии являются пожары, механические повреждения, травмы людей и животных, а кроме того повреждение электрического и электронного оборудования [6,9].

Поскольку молния состоит из воздуха, нагретого вплоть до значительной температуры, ее связь с разными горючими материалами воспламеняет их. Температура разрядного канала достигает 10-ов тыс. градусов; Такое во много раз больше температуры горящих спичек, пламя которых способно зажечь бумагу, солому, дерево, нефтепродукты и многие иные материалы. Хотя, любая отдельная вспышка молнии продолжается, весьма краткий период, однако в том числе и из-за данный период почти все использованные материалы многие материалы могут воспламениться. Если молния ударяет в тонкие провода, к примеру телеграфные, они нагреваются и имеют все шансы расплавиться. В некоторых случаях провод целиком исчезает при прохождении посредством него грозового разряда. Данное значит, то что он преобразовался в пары металла [5;8]. При прямом ударе молнии, если канал молнии напрямую имеет контакт вместе с объектом либо его элементами пожарная опасность определена расплавлением металлических конструкций или их плавлением и перегревом. Вспышка молнии может расплавить лист металла толщиной до 4-5 миллиметров, а обратная удару плоскость

нагревается до значительной температуры и способен являться опасной для контакта с горючими веществами.

Попадание молнии на элементы здания, совсем никак не заземленных либо изготовленных из материала не проводящего ток (кирпича, камня, бетона, дерева и т.п.), способен послужить причиной к их полному или частичному разрушению. Когда молния ударяет в землю, она пробивает определенный слой почвы, а ее тепло спекает или остекловывает песок, оставляя длинные трубки [7].

При попадании в дерево молния нередко приводит к его возгоранию либо расщеплению. Как можно заметить из диаграммы рисунка 2. наиболее часто молния попадает в такие породы дерева как дуб и тополь, которые являются наиболее высокими деревьями.

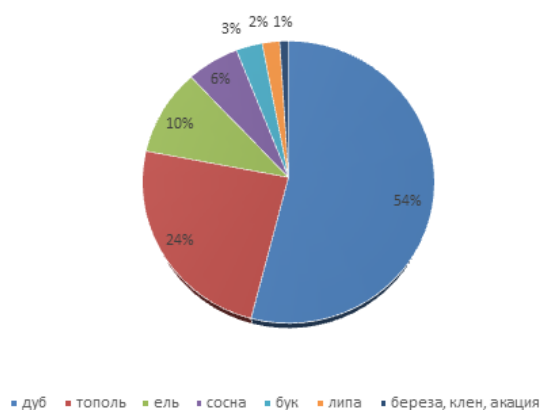


Рисунок 2. Статистика попаданий молнии в зависимости от породы дерева.

Самый крупный в настоящем календарном году пожар от удара молнии в дерево случился в Новосибирской области – после удара молнии в березу.

Очень часто воздействие молнии на человека приводит к смертельным исходам, ожогам и электротравмам. Согласно диаграмме, приведенной на рисунке 3 молния представляет наибольшую опасность для работников таких отраслей народного хозяйства Российской Федерации, как строительство, обрабатывающие производство, лесное и сельское хозяйство.

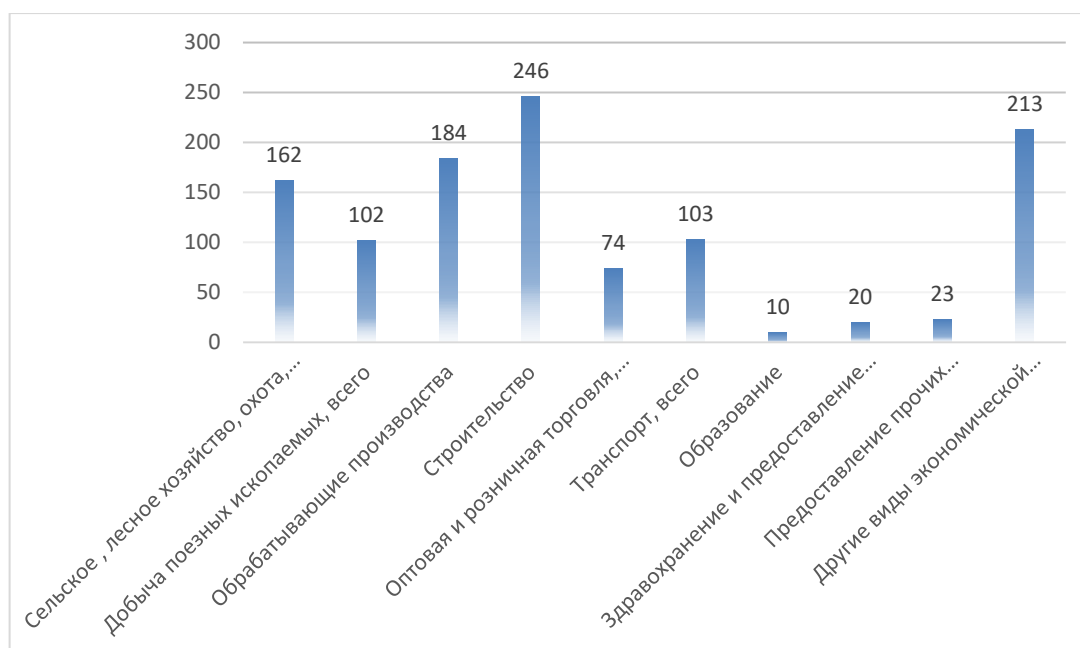


Рисунок 3. Пострадавшие со смертельным исходом по видам экономической деятельности по данным РОСТРУДА за 2020-2023 год

Прямые удары молнии на производственных объектах часто вызывают пожары и взрывы. Прямые удары молнии особенно опасны для зданий и наружных сооружений, способных образовывать взрывоопасные воздушные смеси, в зависимости от условий технического процесса. При непосредственном воздействии молнии на объект возникают тепловые, электрические и механические воздействия.

На данный момент с надежностью, установленной нормативными документами по молниезащите, можно защитить здания, сооружения и хозяйственные постройки от ударов молнии, которые на протяжении 1000 лет казались притягательной и непредсказуемой силой природы. При проектировании молниезащиты объектов от прямых ударов молнии используется пассивная молниезащита, поскольку классические методы используются очень часто. Пассивная молниезащита включает в себя внешние устройства – это молниеотводы, состоящие из опор, молниеприемников, токоприемников, заземлителей, и внутренние устройства – это уравнивающая шина с возможностью интеграции всех протяженных металлических конструкций объекта и путь перенапряжения, который поступает на объект по воздушным линиям электропередачи и заземлению или наземные коммуникации. Это ограничитель перенапряжения, который нейтрализует импульс.

Конструктивно активная молниезащита очень похожа на пассивную, но основное отличие заключается в устройствах молниеприемников. К этому элементу относятся не только стальные стержни (кабели, сетки), но и специальные электронные устройства, которые при приближении грозовых облаков начинают генерировать вокруг себя импульсы высокого напряжения. Происходит обратная ионизация воздушного потока, и молния буквально притягивается к себе и перенаправляется по безопасному каналу. По мере приближения грозового фронта напряженность электрического поля на поверхности Земли повышается, в антенне динамического молниеприемника индуцируется напряжение и конденсатор заряжается. При достижении напряжения на конденсаторе (12-14 кВ) разрыв разрывается и складывается непродолжительный импульс, который превышает 200 кВ. Полярность импульса и фронт грозы противоположны. Импульс направляется на змеевидный выступ, который образует который проводит канал для разряда молнии в землю. Данный механизм увеличивает эффективную высоту громоотвода, что никоим образом не находится в зависимости от известности грозовых разрядов. Промежуток начала восходящего потока динамического громоотвода существенно короче по сравнению с классической системой молниезащиты, что существенно увеличивает зону защиты. Кроме того, данный метод молниезащиты обладает автономностью. Во время грозы напряженность электрического поля в воздухе повышается на 10-20 кВ/м, и как лишь значение напряжения превосходит значение, которое соответствует риску образования молнии, громоотвод активизируется и "чувствует" приближение грозы. Он заряжается окружающим электрическим полем и получает вполне энергии для трансляции импульсов высокого напряжения, создавая восходящий проводник. Таким образом, деятельный громоотвод не требует дополнительного питания [1;9]. Особенности активного громоотвода являются высокая надежность; сниженный расход используемых материалов для возведения молниезащиты; вероятность установки после завершения строительства объекта; вероятность снижения индукционного потенциала и ступенчатого напряжения; исключена потеря эстетического внешнего вида объекта. Аналогичным образом, несмотря на высокую стоимость активных громоотводов, экономия достигается при установке молниезащиты за счет экономии материала токоприемника.

Подобным способом, эффективность классических методов молниезащиты подтверждена временем и статистическими данными, однако с традиционными методами молниезащиты активная защита от поражения молнией объектов в настоящее время широко применяется [1].

Согласно сопоставлению вместе с традиционной молниезащитой, активная молниезащита экономически наиболее выгодна в зданиях с большой площадью кровли и сложными кровлями. При монтаже активного громоотвода в архитектурно важных городских зданиях отрицательных изменений в их архитектурном облике не происходит. Применение

ионизированного канала увеличивает эффективную высоту громоотвода, что дает возможность значительно увеличить зону его защиты.

Молнии представляют опасность для жизни и здоровья человека. Они могут вызвать возгорание, поразить электрическим током и побудить серъ-езные травмы. По этой причине весьма немаловажно соблюдать правила безопасности при грозе, для того чтобы уменьшить риск.

\*\*\*

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. — М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2010.
2. Мисун Л. В., Скрипко А. Н. Анализ влияния грозových проявлений на пожарную опасность зданий и сооружений. – 2010.
3. Каков шанс быть ударенным молнией в России? <https://basseinoff-yar.ru/instruktsii/kakov-sans-byt-udarennym-molniei-v-rossii> (дата посещения 30.10.2023)
4. Десять катастроф, вызванных ударами молний: тяжелые уроки истории <https://zandz.com/ru/biblioteka/desyat-katastrof-vyzvannyh-udarami-molnij-tyazhelye-uroki-istorii/> (дата посещения 30.10.2023)
5. Кузнецов Д. Пожарная опасность молний и способы защиты при их возникновении //творчество молодых. – с. 21.
6. Опасность поражения молнией и способы защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) <https://gotdoc.ru/articles/poleznaya-informatsiya/pozharnaya-bezopasnost/opasnost-porazheniya-molniey-i-sposoby-zashchity-ot-pryamikh-udarov-molnii-pum/> (дата посещения 30.10.2023)
7. Самыми распространёнными естественными причинами пожаров являются молнии <https://gazeta-bam.ru/news/media/2016/6/19/samyimi-rasprostranyonnyimi-estestvennyimi-prichinami-pozharov-yavlyayutsya-molnii/> (дата посещения 30.10.2023)
8. Статистика последствий удара молнии <https://infopedia.su/7хае39.html> (дата посещения 30.10.2023)
9. Традиционные и альтернативные способы молниезащиты объектов <https://cyberleninka.ru/article/n/traditsionnye-i-alternativnye-sposoby-molniezaschity-obektov> (дата посещения 30.10.2023)

**Efremova M.E., Dmitrienko N.A.**

### **Vertical landscaping**

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU  
(Russia, Shakhty)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-623

#### **Abstract**

This article discusses the options for the implementation of vertical landscaping. The relevance of the use of «green screens» in construction is indicated. The advantages and disadvantages of «green screens» are revealed. A review of plants suitable for creating screens has been conducted.

**Keywords:** landscaping, green construction, green screens, ampel plants, lianas.

#### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены варианты осуществления вертикального озеленения. Обозначена актуальность применения «зеленых экранов» в строительстве. Выявлены достоинства и недостатки «зелёных экранов». Проведен обзор растений, подходящих для создания экранов.

**Ключевые слова:** озеленение, зеленое строительство, зеленые экраны, ампельные растения, лианы.

One of the directions of green construction is vertical landscaping. Vertical is considered to be any landscaping in which plants are placed on supports (using special frame products or suspended or built-in planters). There are several options for implementing vertical landscaping, which are shown in Figure 1.

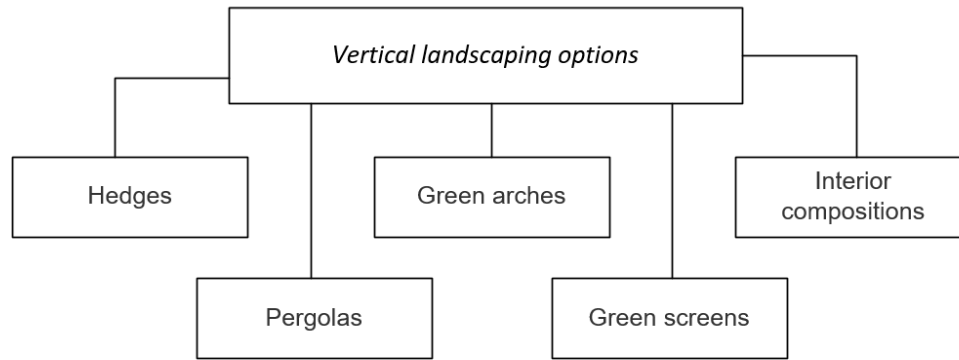


Figure 1. Vertical landscaping options.

Let's take a closer look at such a variant of vertical landscaping as green screens. The relevance of their use lies in providing significant economic, aesthetic and environmental benefits, which are presented in Figure 2.

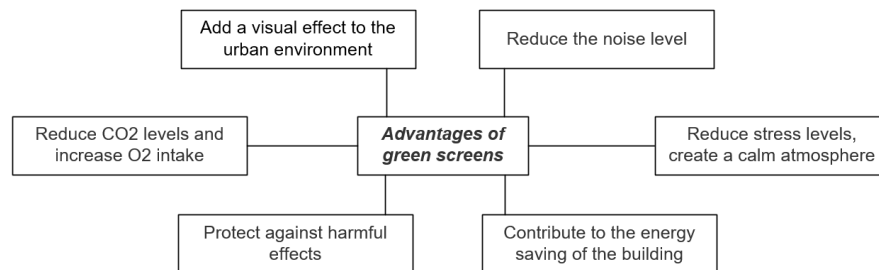


Figure 2. Advantages of green screens.

The disadvantages of green screens include the need for regular care of plants, the cost of watering, the possibility of allergies, as well as the destructive effect if you choose vines with a powerful root system.

Ampel plants or climbing vines are used to create green screens.

Ampel plants are named after ampels. The word ampel itself comes from the Latin ampulla, which means "small vessel" or "pear-shaped bottle". Therefore, ampel plants are plants grown in hanging planters, pots, vases or baskets.

Lianas are climbing plants with flexible unstable stems that require support (trellis, trellis, trellis) to grow in height. For strong-growing plants, special light conditions are necessary, as well as a sufficient amount of soil for root growth.

Let's consider some types of plants that are often used in vertical landscaping of premises.

Asparagus plumosus belongs to the Asparagus family. This plant forms an openwork shrub with flowing stems bearing leaf-shaped branches-cladodia. The length of the stems can reach 1.5 m. In the first two years it grows without support, then it requires the installation of a trellis in a pot. Shoots of asparagus grown from seeds keep straight for the first year, then they fall down. In pots, it can be supported, but hung more effectively, because in this case the shoots will fall down beautifully.

Asparagus is propagated by seeds, by dividing bushes, and some of their species by cuttings. Sowing is carried out in March – April. For asparagus, a soil mixture consisting of equal parts of turf and humus or leafy soil is recommended. In winter, asparagus is kept at a temperature of + 12-15 ° C, carefully watering. This plant can withstand slight shading.

Begonia is a plant belonging to the Begoniaceae family. Ampel plants include many of the various groups of this extensive genus.

Begonia is Weeping. A representative of tuberous begonias, refers to ampel plants. Blooms abundantly in summer with white, pink, red or yellow flowers. Weeping begonia is propagated by cuttings, tubers and seeds.

Limming begonia forms long flowing shoots with juicy greenery and beautiful red flowers, growing in abundance both in spring and autumn. The timing of flowering depends on the timing of cuttings.

Begonia Eges Favorit is a plant with compact falling shoots, juicy greenery, relatively large dark red flowers. Eges Favorit blooms profusely from November to January-February. This begonia is propagated by cuttings in March-April and cultivated as the main species. It grows well in bright rooms at a temperature of +18-20 ° C.

Campanula isophylla is a plant belonging to the Bellflower family. This is a beautiful ampel plant with overhanging shoots, small heart-shaped hairy leaves, white or blue flowers, densely covering the entire plant throughout spring and summer. The plant loves light, but in summer it requires light shading, abundant watering and fertilizing with mineral fertilizers. In winter, bluebells are kept in cool, bright rooms or between frames at a temperature of at least + 5 ° C, watered a little, but do not over-dry the ground. This plant is low (up to 20-25 cm) with small light green leaves located on long branched stems, which are usually up to 50 cm

Saxifraga is a saxifrage belonging to the Saxifrage family. Long filamentous creeping or hanging shoots at both ends develop small rosette plants from the bud that can quickly take root. The flowers are small, irregularly shaped, white or reddish, in a loose paniculate inflorescence on a thin peduncle. There is also a variegated form. In room conditions, the saxifrage grows at a temperature no higher than +18-20 ° C. In summer, sufficient watering is necessary.

Tradescantia or zebrina is a plant of the Commelin family. It is an evergreen plant with long climbing shoots, with regular oblong, pointed, green, whitish, pink and variegated leaves. In the culture of tradescantia, they are very undemanding. Tradescantia is propagated by cuttings in March-April. In summer, the tradescantium should be watered abundantly, in winter – moderately. They grow equally well in both cool and warm rooms. This type of plant reaches 30-60 cm in height. The leaves are long, thin, from lobe-shaped to lanceolate, from 3-45 cm long

Epipremnum or scindapsus is one of the most popular varieties of perennial lianas. It belongs to the family of Araceae

The flower has a huge number of varieties, but mostly it is strongly climbing vines decorated with rich variegated green leaf blades, which are effectively able to decorate any interior of an office, apartment, or private house. In natural conditions, the branches can reach up to 38-40 meters in length, which can spread out on the ground, or attach to the trunks of various trees. The domestic plant grows up to 4.5 meters. He is unpretentious in care. He adds up to 45 cm in height per year.

Hedera is an ampel plant of the Araliaceae family. It is an evergreen plant that clings thanks to aerial roots. It reaches a height of 20 m. Ivy is propagated by cuttings in spring and summer. Annual shoots are taken on cuttings. They are rooted in light sandy soil in warm greenhouses. Ivy is a shade-tolerant plant, therefore it is highly appreciated when landscaping premises. Ivy is equally well preserved in both cool and warm rooms. In warm rooms, the ivy is damaged by a shield, which must be systematically combated.

Cissus oblongata is a houseplant, a plant of the Grape family. This plant grows successfully in warm, humid air. Cissus is propagated by cuttings using last year's shoots. They are rooted in humid conditions with soil heating. They are planted in loose humus soil. It winters at a temperature of +14-16 ° C. In summer, it is abundantly watered, in winter – moderately. In nature, cissus grows to a length of up to 3 m, at home its length is usually about 50 cm.

Having studied the requirements of plants for illumination, temperature, irrigation regime, as well as analyzing the size of stems and leaves, it is possible to identify such unpretentious plants and the most suitable for creating "green" screens as Tradescantium, Epipremnum and Hedera.

\*\*\*

1. T.-C. Liu, G.-S. Shyu, W.-T. Fang, S.-Y. Liu, B.-Y. Cheng, Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates, Energy and Buildings, 2012;47:180–188.

2. T. Carter, A. Keeler, Life-cycle cost–benefit analysis of extensive vegetated roof systems, *Journal of Environmental Management*, 2008;87:350–363.
3. A.K. Durlman, D.B. Rowe, C.L. Rugh, Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 succulent green roof plant taxa, *HortScience* 2007;42:588–595.
4. K.L. Getter, D.B. Rowe, The role of extensive green roofs in sustainable development, *HortScience* 2006;41:1276–1285.
5. E.M. Elgizaw The effect of green facades in landscape ecology. *Procedia . Environment science* 2016 Pages 119-130.
6. Zelensky V.A. Advantages of creating green walls in modern landscape architecture of the urban environment // *Modern scientific research and innovations*. 2016. № 4 [Electronic resource]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/04/67136>.

**Shapoval D.A., Moiseeva K.S., Artamonova E.V.**

**Reliability of an automatic fire sprinkler installation in a woodworking shop**

*Kazan State Energy University  
(Russia, Kazan)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-624

**Abstract**

The article examines and evaluates in detail the problem of reliability of an automatic fire protection system. Several solutions are proposed to enhance the fire safety of technological processes and the continuous production of combustible materials (wood).

**Keywords:** sprinkler, fire protection, automatic system, sprinkler, security.

**Аннотация**

В статье подробно рассматривается и оценивается проблема надежности автоматической системы противопожарной защиты. Предлагается несколько решений по усилению пожарной безопасности технологических процессов и непрерывному производству легкосгораемых материалов (древесина).

**Ключевые слова:** ороситель, противопожарная защита, автоматическая система, спринклер, безопасность..

Fire accidents occur in every part of the world and cause a large number of casualties because of the risks involved in manually extinguishing the fire. In most cases, humans cannot detect and extinguish fire manually. Therefore, the chosen topic is especially relevant in the modern world.

A fire extinguishing system is a design-assembled product, designed and installed individually for the specific conditions of each facility. One of the types of certified fire extinguishing means is automatic fire extinguishing systems.

The automatic fire extinguishing installation (AFS) is automatically activated when the fire factor(s) exceeds threshold values in the protected area. A distinctive feature of automatic installations is that they perform automatic fire alarm functions, which, in turn, significantly increases the fire safety of technological processes and the constant production of flammable materials.

Sprinkler systems mean automatic installations of water (the air temperature in the room during the year is not lower than 5 °C), air (for unheated rooms with an air temperature below 5 °C), equipped with sprinklers (sprayers) with thermal locks, which are designed to extinguish or localize a fire.

When the sprinkler is activated, liquid under excess pressure in the inlet cavity of the valve opens the valve, and part of it flows through the annular groove of the seat into the signal hole and flows through the pipeline into the drain. A compensator is installed along the path of liquid flow in the pipeline, creating additional resistance and providing the necessary pressure to trigger the pressure alarms. Signals are issued to control the pump and to the central monitoring panel, the control unit goes into operating mode.

The signal hole is used for communication with external devices; the working and incentive holes are used to monitor the status.





Picture 1. The moment of operation of the sprinkler with the socket "down".

Sprinklers are classified according to the following indicators:

By purpose:

- general purpose, including those intended for suspended ceilings and wall panels: recessed, secret, hidden;
- intended for curtains;
- intended for rack warehouses;
- intended for pneumatic and mass pipelines;
- designed to prevent explosions;
- intended for residential buildings;

By type of fire extinguishing agent used:

- water;
- for aqueous solutions, including foam;
- universal.

According to the shape and direction of the fire extinguishing agent flow:

- symmetrical: concentric, ellipsoidal;
- non-concentric one-way orientation;
- non-concentric bilateral orientation;
- others.

By type of thermal lock:

- with a fusible heat-sensitive element;
- with a bursting temperature-sensitive element;
- with an elastic heat-sensitive element;
- with a combined thermal lock.

By installation location:

- vertically, the flow of exhaust gas from the housing is directed up or down;
- horizontally, the exhaust flow is directed along the axis of the sprayer;
- vertically, the flow of exhaust air from the housing is directed upward and then to the side;
- vertically, the flow of exhaust air from the housing is directed downward and then to the side;
- vertically, the flow of exhaust air from the housing is directed up or down, and then to the side.

Fire-fighting installations are used when fires are at the initial stage, but can develop intensively, and as a result, cause explosions, collapses of building structures, failure of devices and disruption of the normal operation of the facility, causing significant material damage. An additional reason to use a fire sprinkler system is when extinguishing fires with mobile vehicles is difficult due to the release of toxic substances.

The «ГидРАВИТ» program is an excellent platform for hydraulic calculations of water fire extinguishing installations. Let's take a closer look at it. The main working window is a section.

Let's carry out an experimental hydraulic calculation of an automatic fire sprinkler installation for a woodworking shop. To do this, you need to fill in the white fields of the main table, the branch and supply pipeline tables, as well as the fire hydrant and deluge curtain. The main working window is a section. Here the initial data is entered in tabular form, as well as intermediate calculations for flow and pressure.

After filling out and determining all the necessary parameters of the sections, as well as eliminating possible errors in the calculation, the equipment of the pumping station, the sprinklers themselves and the metering unit are selected.

As a result, the analysis showed that using the program allows you to save time and make quick and mathematically correct calculations.

The strength of using the program is the fact that it eliminates the so-called "human factor". In addition, the program is free, has quick installation, and does not take up much space on your computer.

The disadvantages are that it is stationary, it cannot be used outside of a computer, it requires Internet access for downloading and installation, as well as minimal computer skills. Another disadvantage is that the program does not produce intermediate solutions; it immediately produces the required result. Therefore, we can assume that the program is advisory in nature and can serve as an auxiliary tool when carrying out the necessary calculations.

\*\*\*

1. Hand Book 484.1311500.2020 "SPPZ. Fire alarm systems and automation of fire protection systems. Designing and regulations rules".
  2. Hand Book 485.1311500.2020 "SPPZ. Automatic fire-extinguishing systems. Designing and regulations rules".
  3. Hand Book 486.1311500.2020 "SPPZ. The list of buildings, structures, premises and equipment, subject to protection by automatic extinguishing and fire alarm systems".
  4. Standart 12.3.046-91 "SSBT. Automatic fire-extinguishing installations. General technical requirements".
  5. Jagatheesaperumal, S.K.; Muhammad, K.; Saudagar, A.K.J.; Rodrigues, J.J.P.C. Automated Fire Extinguishing System Using a Deep Learning Based Framework. *Mathematics* 2023, 11, 608. <https://doi.org/10.3390/math11030608>.
  6. V.V. Krymsky, A.E. Pankov. Risk-Controlling System of Industrial Enterprise // *Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg Polytechnic University*, No. 2 (192), 2014. -p.114-122.
  7. L.T. Tanklevsky, On peculiarities of application of automatic fire containment installations / A.I. Bondar, E.A. Meshalkin, L.T. Tanklevsky, S.G. Tsarichenko, A.A. Tarantsev // "Fire and explosion safety" - 2019. - №6 (т.28). - p.71-79. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.06.71-79.
-

## РАЗДЕЛ XXI. МАТЕМАТИКА

Гориу А.О.

### Математические методы в микроэкономике. Математические методы в макроэкономике

Самарский государственный экономический университет  
(Россия, Самара)

doi: 10.18411/trnio-01-2024-625

Научный руководитель: Макаров С.И.

#### Аннотация

В современной экономической науке математические методы играют важную роль, позволяя более точно анализировать и моделировать сложные экономические явления и процессы. Они применяются как в микроэкономике, изучающей поведение индивидуальных хозяйствующих субъектов, так и в макроэкономике, которая занимается исследованием агрегированных экономических переменных на уровне всей экономики.

**Ключевые слова:** экономическая наука, математические методы, макроэкономика, микроэкономика.

#### Abstract

In modern economic science, mathematical methods play an important role, allowing more accurate analysis and modeling of complex economic phenomena and processes. They are used both in microeconomics, which studies the behavior of individual economic entities, and in macroeconomics, which studies aggregate economic variables at the level of the entire economy.

**Keywords:** economics, mathematical methods, macroeconomics, microeconomics.

Математические методы в микроэкономике позволяют анализировать рациональное поведение потребителей и фирм. С помощью теории оптимального выбора [1] можно определить, каким образом потребители распределяют свой доход между различными благами, основываясь на своих предпочтениях. Также математика используется для изучения действий фирмы - её производственных возможностей и ценовых стратегий [2].

Для описания основных агрегированных переменных в макроэкономике широко используются математические методы. Уровень национального дохода, инфляции, безработицы и другие переменные могут быть предсказаны экономистами с использованием моделей динамической стохастической общего равновесия [3]. Экономисты также могут оценивать влияние различных политических мероприятий на эти переменные и предсказывать будущие тенденции развития экономики.

Для полного понимания и анализа экономических явлений как на макро-, так и на микроуровне, невозможно обойтись без математических методов. Они играют важную роль в моделировании поведения хозяйствующих субъектов и прогнозировании развития экономики в целом. Для современного экономиста, умение хорошо владеть математикой является необходимым условием.

#### Введение в математические методы в микроэкономике

Математические методы являются важным инструментом анализа в экономике, и микроэкономика не является исключением. Они позволяют более точно моделировать и предсказывать поведение отдельных хозяйствующих субъектов и рассчитывать оптимальные стратегии принятия решений.

Одним из ключевых математических методов, используемых в микроэкономике, является теория оптимального поведения потребителя. С помощью этой теории можно

определить, как потребитель распределяет свой доход между различными товарами с учетом цен на них. Также по этой теории можно определить предпочтения потребителя и его функцию полезности.

Еще одним важным математическим методом является теория предложения фирмы. Она позволяет определить, сколько продукции фирма будет производить при заданных ценах на ресурсы и товары. Эта теория основана на концепции производственной функции, которая описывает зависимость объема производства от количества используемых ресурсов [4].

Теория игр и общие равновесные модели являются математическими методами, применяемыми для более сложных экономических моделей, которые рассматривают взаимодействие множества потребителей и фирм. При помощи теории игр анализируются стратегии принятия решений участниками экономической ситуации и предсказываются результаты их взаимодействия. В то же время, общие равновесные модели описывают систему экономических отношений, где спрос и предложение достигают равновесия на рынке.

Для анализа данных в микроэкономике активно используются статистические методы. Например, с помощью регрессионного анализа можно выявить связь между различными переменными и оценить влияние одной переменной на другую. Это особенно полезно при изучении эластичности спроса или предложения на товары.

Для применения математических методов в микроэкономике необходимо иметь хорошее понимание теории вероятностей, математического анализа и линейной алгебры. Благодаря этим методам можно создавать формальные модели, которые помогают понять экономические явления и принимать обоснованные решения.

#### Основные математические модели в микроэкономике

Основные математические модели в микроэкономике позволяют анализировать принципы функционирования рынка и поведения отдельных экономических агентов. Математическое моделирование является неотъемлемой частью современной микроэкономики и позволяет более точно предсказывать результаты экономических процессов.

Модель равновесия на рынке является одной из важных моделей. Она предполагает, что цены товаров и услуг определяются таким образом, чтобы спрос и предложение на рынке сравнялись [5]. В этой модели используются функции спроса и предложения, которые зависят от цены товара, цен связанных товаров, доходов потребителей и других факторов. Оптимальные значения цены и количества товара для достижения равновесия могут быть найдены с использованием методов дифференциального исчисления.

Еще одной важной моделью является теория выбора потребителя. Она позволяет описать, как потребитель принимает решение о распределении своего дохода между различными товарами и услугами. В этой модели используется функция полезности, которая зависит от количества потребляемых товаров и услуг. При заданных ценах потребитель выбирает такие количества товаров, которые максимизируют его полезность.

В микроэкономике также активно используется разработанная теория производства, которая подробно рассказывает о том, как предприятия собирают различные ресурсы для создания товаров и услуг. С помощью математических методов возможно определить наилучшую комбинацию ресурсов, которая обеспечит максимальную прибыль при установленных ценах на ресурсы.

Для моделирования поведения экономических агентов также используется теория игр. Эта модель позволяет анализировать ситуации конфликта и сотрудничества между различными участниками рынка. С помощью математических моделей можно предсказать оптимальные стратегии каждого игрока и исследовать возможные результаты взаимодействия.

В заключение можно отметить, что математические методы играют ключевую роль в развитии микроэкономики. Они позволяют более точно анализировать и предсказывать экономические процессы, что является важным для принятия рациональных решений в условиях неопределенности.

#### Введение в математические методы в макроэкономике

Изучение макроэкономики невозможно без введения в математические методы. Эта наука требует формализации и анализа сложных экономических процессов на уровне всей экономики или государства. В данном разделе мы рассмотрим примеры применения основных математических методов, используемых в макроэкономике.

В макроэкономике дифференциальное исчисление является одним из ключевых инструментов математического моделирования. Оно позволяет анализировать изменения эндогенных переменных, таких как ВВП, инфляция и безработица, при изменении экзогенных факторов, таких как государственная политика и технический прогресс. Благодаря дифференциальному исчислению можно определить эластичность одной переменной относительно другой.

Еще одним важным инструментом математического моделирования является оптимизация. Оптимальные решения помогают найти те условия, при которых достигается наилучший результат. В макроэкономике оптимизация используется для анализа проблемы выбора потребителя, фирмы или государства.

Статистический анализ играет важную роль в математических методах макроэкономики, также. Путем использования этого анализа возможно оценить параметры экономических моделей, основываясь на доступных статистических данных. Полученные оценки позволяют сделать выводы о взаимосвязи и зависимости различных переменных.

Для моделирования экономических процессов с использованием векторной авторегрессии (VAR) применяются системы линейных уравнений и матричная алгебра. Они широко используются в макроэкономике для решения задач, связанных с вычислением равновесий на рынках товаров, финансов и труда.

Использование математических методов позволяет получить более точные и обоснованные результаты в анализе экономической ситуации на макроуровне. Они позволяют учесть множество факторов и переменных, которые влияют на экономические процессы. Без них было бы сложно разрабатывать эффективные стратегии государственного регулирования или прогнозировать поведение экономики в условиях неопределенности.

В заключение следует отметить, что математические методы являются одним из основных инструментов анализа макроэкономических процессов. Они обладают большой выразительной силой и позволяют получить объективные результаты, основанные на строгих математических доказательствах.

#### Основные математические модели в макроэкономике

Анализ и прогнозирование экономических явлений на уровне всей страны или региона осуществляются с помощью основных математических моделей в макроэкономике. Эти модели, позволяющие выявить закономерности и взаимосвязи между различными экономическими переменными, также позволяют оценить эффекты изменения определенных параметров на общий экономический результат. Роль этих моделей весьма важна.

Одной из наиболее широко используемых моделей является модель совокупного спроса и предложения, которая основывается на агрегированных данных о потреблении, инвестициях, государственных расходах и внешней торговле. Эта модель позволяет анализировать взаимодействие всех основных компонентов экономики и оценивать их влияние на общий уровень цен, ВВП и занятость.

Еще одной распространенной математической моделью является акселераторная теория инвестиций. Согласно этой теории, объем инвестиций зависит от изменения совокупного спроса. При росте совокупного спроса инвестиции также увеличиваются, что в свою очередь приводит к экономическому росту. Эта модель позволяет оценить эффекты изменения совокупного спроса на инвестиции и соответствующий экономический результат.

В условиях неопределенности широко применяются модели динамического стохастического общего равновесия для анализа макроэкономических явлений. Они учитывают случайность и неопределенность в экономике и позволяют определить оптимальные стратегии поведения, а также оценить вероятности различных событий.

Таким образом, математические модели в макроэкономике позволяют анализировать и прогнозировать экономические явления на уровне всей страны или региона. Они помогают выявить закономерности и взаимосвязи между различными экономическими переменными, а также оценить эффекты изменения определенных параметров на общий экономический результат. Использование математических моделей позволяет более точно предсказывать развитие экономики и принимать рациональные решения для достижения желаемых результатов.

\*\*\*

1. Валлес Д., Поссель М. Микроэкономика: Учебник / Под ред. А.А. Кудриной, Е.В. Лившица
2. Безруков А., Нуреев Р., Эстанкова Ю. Введение в микроэкономику: Учебное пособие / Под ред. А.В. Заостровцева
3. Шумпетер Дж., Люкас Р. Макроэкономика: Учебник / Под ред. В.В. Мазурина
4. Болтянский В. Г., Браун Э., Ренфро Ч. Математический анализ микроэкономических процессов / Пер. с англ.
5. Акерлоф Д., Крутько Т. Микроэкономика. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.

**Залукаева О.В.**

### **Вычисление потока векторного поля методом введения криволинейных координат на поверхности**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.Ломоносова  
(Россия, Северодвинск)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-626

#### **Аннотация**

В статье рассматривается метод введения криволинейных координат на поверхности для вычисления потока векторного поля. Приведены примеры вычисления потока этим методом для случаев, когда поверхность является частью кругового цилиндра и частью сферы, показана эффективность метода введения криволинейных координат по сравнению с другими методами вычисления потока в указанных случаях.

**Ключевые слова:** поток векторного поля, криволинейные координаты, нормаль к поверхности, элемент площади, свойство аддитивности потока.

#### **Abstract**

The article discusses a method for introducing curved coordinates on a surface to calculate the flow of a vector field. Examples of calculating the flow by this method are given for cases where the surface is part of a circular cylinder and part of a sphere, and the effectiveness of the method of introducing curved coordinates in comparison with other methods of calculating the flow in these cases is shown.

**Keywords:** vector field flow, curvilinear coordinates, surface normal, area element, flow additivity property.

Наиболее часто для вычисления потока векторного поля используется метод проектирования на координатные плоскости или теорема Гаусса-Остроградского в случае замкнутой поверхности (или возможности замкнуть данную незамкнутую поверхность). Однако, в ряде случаев целесообразным оказывается введение на самой поверхности простой системы координат, в которой удобно вычислять поток.

Рассмотрим два частных случая.

Случай 1. Поверхность  $S$  является частью кругового цилиндра  $x^2 + y^2 = R^2$ , ограниченного поверхностями  $z = f_1(x, y)$ ,  $z = f_2(x, y)$ , причем  $f_1(x, y) \leq f_2(x, y)$ .

Полагая

$$x = R \cos \varphi, \quad y = R \sin \varphi, \quad z = z$$

имеем  $0 \leq \varphi \leq 2\pi; \quad f_1(R \cos \varphi, R \sin \varphi) \leq z \leq f_2(R \cos \varphi, R \sin \varphi)$

Элемент площади (рис.1):

$$dS = R d\varphi dz$$

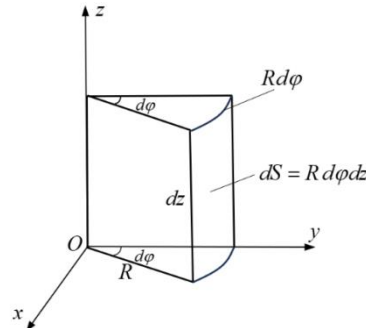


Рисунок 1.

Тогда поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности находится по формуле:

$$\Pi = R \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{f_1(R \cos \varphi, R \sin \varphi)}^{f_2(R \cos \varphi, R \sin \varphi)} (\vec{a}, \vec{n}^0) dz$$

где

$$\vec{n}^0 = \frac{\text{grad}(x^2 + y^2 - R^2)}{|\text{grad}(x^2 + y^2 - R^2)|} = \frac{x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j}}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j}}{R}$$

Пример 1. Найти поток векторного поля через внешнюю сторону боковой поверхности цилиндра, ограниченной плоскостями и [1].

В данном случае имеем:

$$R = 2; \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi;$$

$$f_1(x, y) = 0; \quad f_2(x, y) = 4 - x + y.$$

Введем на цилиндре криволинейные координаты

$$x = 2 \cos \varphi, \quad y = 2 \sin \varphi, \quad z = z,$$

тогда

$$f_1(R \cos \varphi, R \sin \varphi) = 0; \quad f_2(R \cos \varphi, R \sin \varphi) = 4 - 2 \cos \varphi + 2 \sin \varphi = 2(2 - \cos \varphi + \sin \varphi)$$

Нормаль  $\vec{n}^0$  на цилиндре:

$$\vec{n}^0 = \frac{x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j}}{R} = \frac{2 \cos \varphi \cdot \vec{i} + 2 \sin \varphi \cdot \vec{j}}{2} = \cos \varphi \cdot \vec{i} + \sin \varphi \cdot \vec{j}$$

скалярное произведение на цилиндре будет равно

$$(\vec{a}, \vec{n}^0) = 2 \sin \varphi \cos \varphi + 2 \cos \varphi \sin \varphi = 2 \sin 2\varphi$$

Тогда искомым поток векторного поля  $\vec{a} = y \cdot \vec{i} + x \cdot \vec{j} - e^{xyz} \cdot \vec{k}$  будет равен:

$$\begin{aligned} \Pi &= R \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{2(2-\cos\varphi+\sin\varphi)} 2 \sin 2\varphi dz = 4R \int_0^{2\pi} \sin 2\varphi (2 - \cos \varphi + \sin \varphi) d\varphi = \\ &= 8R \left[ \int_0^{2\pi} \sin 2\varphi d\varphi + \int_0^{2\pi} \cos^2 \varphi d(\cos \varphi) + \int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi d(\sin \varphi) \right] = 0. \end{aligned}$$

Следует отметить, что вычисление потока таким способом в данном случае является наиболее простым. Действительно, цилиндр проектируется на плоскость  $xOy$  в окружность

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 4, \\ z = 0 \end{cases},$$

поэтому для вычисления потока методом проектирования на координатные плоскости необходимо построить проекцию цилиндра на плоскость  $xOz$  или  $yOz$ . Так как цилиндр проектируется на эти плоскости не взаимно однозначно, то придется воспользоваться свойством аддитивности потока, вычисляя отдельно потоки через части цилиндра, расположенные в области, где  $y \geq 0$  ( $x \geq 0$ ) и  $y < 0$  ( $x < 0$ ).

Случай 2. Поверхность  $S$  является частью сферы  $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$ , ограниченной коническими поверхностями, уравнения которых в сферических координатах имеют вид  $\theta = f_1(\varphi)$ ,  $\theta = f_2(\varphi)$ , и полуплоскостями  $\varphi = \varphi_1$ ,  $\varphi = \varphi_2$ .

Положим для точек сферы

$$x = R \cos \varphi \sin \theta,$$

$$y = R \sin \varphi \sin \theta,$$

$$z = R \cos \theta,$$

где  $\varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2$ ,  $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ . Тогда элемент площади  $dS$  (рис.2) равен:

$$dS = R^2 \sin \theta d\theta d\varphi.$$

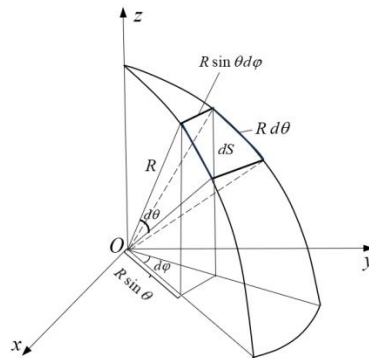


Рисунок 2.

Поток векторного поля  $\vec{a}$  через внешнюю часть  $S$  поверхности сферы вычисляется по формуле:

$$\Pi = R^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \int_{\theta_1}^{\theta_2} (\vec{a}, \vec{n}^0) \sin \theta d\theta$$

где

$$\vec{n}^0 = \frac{\text{grad}(x^2 + y^2 + z^2 - R^2)}{|\text{grad}(x^2 + y^2 + z^2 - R^2)|} = \frac{x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}}{R}$$



Пример 2. Найти поток векторного поля  $\vec{a} = x^3 \cdot \vec{i} - y^3 \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$  через внешнюю сторону части сферы  $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ , вырезаемой конической поверхностью  $z^2 = x^2 + y^2$  ( $z \geq \sqrt{x^2 + y^2}$ ) [1].

Линией пересечения данных поверхностей является окружность радиуса  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ :

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = \frac{1}{2}, \\ z = \frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases}$$

Поэтому угол  $\theta$  изменяется в пределах от 0 до  $\frac{\pi}{4}$ :  $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}$ . Угол  $\varphi$  меняется в пределах от 0 до  $2\pi$ :  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ .

Вектор нормали к внешней стороне поверхности сферы  $x^2 + y^2 + z^2 = 1$

$$\vec{n}^0 = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k},$$

а скалярное произведение вектора  $\vec{a}$  на нормаль  $\vec{n}^0$  равно

$$(\vec{a}, \vec{n}^0) = x^4 - y^4 + z^2.$$

Введем на сфере  $x^2 + y^2 + z^2 = 1$  координаты  $\varphi$  и  $\theta$  так, что  $x = \cos \varphi \sin \theta$ ,  $y = \sin \varphi \sin \theta$ ,  $z = \cos \theta$ .

Тогда скалярное произведение в сферических координатах запишется следующим образом

$$(\vec{a}, \vec{n}^0) = \cos^4 \varphi \cdot \sin^4 \theta - \sin^4 \varphi \cdot \sin^4 \theta + \cos^2 \theta = \sin^4 \theta \cdot \cos 2\varphi + \cos^2 \theta.$$

Искомый поток найдется по формуле:

$$\Pi = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/4} (\sin^4 \theta \cdot \cos 2\varphi + \cos^2 \theta) \sin \theta d\theta$$

Учитывая, что интеграл  $\int_0^{2\pi} \cos 2\varphi d\varphi = 0$ , имеем

$$\Pi = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/4} \cos^2 \theta \cdot \sin \theta d\theta = -2\pi \int_0^{\pi/4} \cos^2 \theta d(\cos \theta) = -2\pi \frac{\cos^3 \theta}{3} \Big|_0^{\pi/4} = \frac{2}{3} \pi \left( 1 - \frac{\sqrt{2}}{4} \right).$$

Решение этой задачи методом проектирования на координатную плоскость приводит к большему объему вычислений, связанному как с нахождением орта нормали к поверхности, так и с переходом к полярным координатам при нахождении интеграла по проекции.

Пример 3. Найти поток векторного поля  $\vec{a} = xz \cdot \vec{i} + yz \cdot \vec{j} + z^2 \cdot \vec{k}$  через внешнюю часть сферы  $x^2 + y^2 + z^2 = 9$ , отсеченной плоскостью  $z = 2$  ( $z \geq 2$ ) [2].

В данном случае имеем

$$R = 3, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi,$$

$$\theta_1 = 0, \quad \theta_2 = \arctg \frac{\sqrt{5}}{2}.$$

Поскольку при  $z = 2$  в сечении имеем окружность

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 5, \\ z = 2 \end{cases},$$

то  $\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{\sqrt{5}}{2}$ , откуда  $\theta_2 = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{5}}{2}$ .

Нормаль к поверхности  $\vec{n}^0$  и скалярное произведение  $(\vec{a}, \vec{n}^0)$ :

$$\vec{n}^0 = \frac{x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}}{3}, \quad (\vec{a}, \vec{n}^0) = \frac{1}{3}(x^2 z + y^2 z + z^3)$$

Введем на сфере координаты  $\varphi$  и  $\theta$  так, что  $x = 3 \cos \varphi \sin \theta$ ,  $y = 3 \sin \varphi \sin \theta$ ,  $z = 3 \cos \theta$ .

Скалярное произведение  $(\vec{a}, \vec{n}^0)$  равно:

$$(\vec{a}, \vec{n}^0) = 9 \cos \theta (\cos^2 \varphi \sin^2 \theta + \sin^2 \varphi \sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = 9 \cos \theta (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = 9 \cos \theta$$

Следовательно, поток равен

$$\begin{aligned} \Pi &= R^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \int_{\theta_1}^{\theta_2} (\vec{a}, \vec{n}^0) \sin \theta d\theta = 9 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{5}}{2}} 9 \cos \theta \cdot \sin \theta d\theta = \\ &= 81 \cdot 2\pi \int_0^{\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{5}}{2}} \sin \theta d(\sin \theta) = 81\pi \cdot \sin^2 \theta \Big|_0^{\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{5}}{2}} = 81\pi \cdot \sin^2 \left( \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{5}}{2} \right) = \\ &= 81\pi \cdot \left( \frac{\sqrt{5}}{3} \right)^2 = 45\pi. \end{aligned}$$

Следует отметить, что применение метода проектирования на координатную плоскость или теоремы Гаусса-Остроградского (если замкнуть поверхность частью плоскости  $z = 2$ ) приводит к более трудоемким вычислениям.

Таким образом, во многих случаях, когда поверхность является частью кругового цилиндра или частью сферы, введение криволинейных координат оказывается наиболее эффективным методом вычисления потока.

\*\*\*

1. Краснов, М.Л., Киселев, А.И., Макаренко, Г.И. Векторный анализ: учебное пособие/ М.Л. Краснов. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 144 с.
2. Ефимов, А.В., Поспелов, А.С. Сборник задач по математике для вузов. В 4 частях. Ч.3: Учебное пособие для вузов/ под общ. ред. А.В. Ефимова и А.С. Поспелова – М.: Изд. Физико-математической литературы, 2002. – 576 с.

**Исакина А.Р., Сербина Л.И.**

**Элементы математического моделирования как один из методов решения практико-ориентированных задач**

*ГБОУ ВО «Ставропольский государственный педагогический институт»  
(Россия, Ставрополь)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-627

#### **Аннотация**

В данной статье рассматривается актуальность использования метода математического моделирования в обучении и особенности его применения в решении практико-ориентированных задач. Некоторые подходы к построению простейших математических моделей, иллюстрирующих применение фундаментальных законов природы.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, модель, математика, практико-ориентированные задачи, прикладные задачи, моделирование, процесс обучения.

### Abstract

This article discusses the relevance of using the method of mathematical modeling in teaching and the features of its application in solving practice-oriented problems. Some approaches to the construction of the simplest mathematical models illustrating the application of the fundamental laws of nature.

**Keywords:** mathematical modeling, model, mathematics, practice-oriented problems, applied problems, modeling, learning process.

В современных условиях развития общества в связи с модернизацией системы образования возникают новые видения на процесс развития всей системы обучения. В качестве одного из приоритетных направлений школьного обучения математике начинают преобладать методы учебной деятельности, обеспечивающие развитие у обучаемых умений и навыков применения математических знаний в формировании правильных представлений о характере отражения математических явлений и процессов окружающего мира. Развитие у обучаемых правильных представлений о роли математического моделирования в научном методе познания и практике имеет большое значение в формировании мировоззрения обучающихся.

Эффективность реализации прикладной направленности в обучении математике во многом зависит от педагогических технологий, применяемых в учебном процессе. Одним из способов реализации прикладной направленности, как показывает педагогическая практика, является обучение учащихся элементам математического моделирования, которыми с дидактической точки зрения являются учебные действия, выполняемые в процессе решения задач.

Это связано с тем, что современную науку в настоящее время невозможно представить без широкого применения методов математического моделирования. Моделирование присутствует во всех видах творческой деятельности. Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его «образом» – математической моделью и дальнейшим изучением модели. Математическая модель исследуется теоретическими методами, что позволяет получать важные предварительные знания об изучаемом объекте. Любая наука, по существу, представляет собой непрерывный процесс моделирования, т.е. творческий процесс познания реальности до такого уровня, который позволяет прогнозировать определенные свойства оригинала в определенных условиях.

Методология математического моделирования активно развивается и охватывает все новые сферы человеческой деятельности. Понятия модели и моделирования наиболее распространены в сфере обучения, научных исследованиях, проектно-конструкторских работах. При этом в каждой из этих областей научного знания моделирование имеет свои особенности.

В педагогике рассматриваются два основных направления применения элементов математического моделирования в обучении:

- моделирование, как содержание, которое обучаемые должны усвоить;
- моделирование, как учебное действие, средство обучения.

В рамках реализации основных требований федерального государственного образовательного стандарта, одной из важнейших целей обучения математике является формирование способностей к построению математических моделей, которые заключаются в умении видеть и строить модели элементарных реальных явлений, исследовать их, конструировать и использовать для решения задач. Чрезвычайно важным является формирование у обучающихся навыков работы с методами математического моделирования, которые представляют способы расширения знания, перехода от знания одного объекта к познанию другого или других объектов.

Важным средством обучения элементам моделирования является методика решения прикладных задач. Прикладная задача, по мнению многих исследователей, это задача, поставленная вне математики, но решаемая средствами математики [1]. Прикладная задача по своей постановке и методам решения достаточно близка к задачам, возникающим на практике. Можно отметить несколько следующих отличительных особенностей прикладных задач, важных в процессе обучения элементам моделирования: существование математического объекта; отношение к числу, как к количественной мере реальной совокупности; определенная трактовка функции.

В процессе решения прикладных задач принято выделять три основных этапа построения ее математической модели:

1. выделение системы основных характеристик задачи;
2. нахождение системы существенных связей между характеристиками;
3. нахождение системы необходимых ограничений, накладываемых на характеристики [2].

Важно отметить, что в процессе решения прикладных задач учебные школьные дисциплины можно рассматривать в качестве сборников готовых моделей изучаемых явлений и правил их применения. При этом, по существу изучение любой темы школьного курса математики заканчивается построением некоторой математической модели. Важнейшими в этом смысле, из всего арсенала математических понятий и методов являются метод координат, функциональная зависимость, графический способ метод исследования функций, элементы математической логики, векторы, метод приближенных вычислений, производная, интеграл, элементы теории вероятностей и математической статистики, информатика, которые позволяют отразить самые разнообразные явления и процессы реального мира. Получая в результате рассуждения некоторую формулу, алгоритм решения уравнения или неравенства, график, чертеж, таблицу мы имеем дело с элементами математического моделирования.

Усвоение обучающимися применения многих математических понятий в решении прикладных задач содействует развитию их познавательной активности. Кажущиеся на первый взгляд абстрактные понятия математики, выражают нередко связанные друг с другом закономерности реального мира. Так, например, линейная функция  $y = kx + b$  школьного курса математики может описывать зависимость между длиной стержня и температурой нагревания:  $l = l_0 (1 + \alpha t)$ ; между давлением и температурой газа при постоянном давлении  $p = p_0 (1 + \beta t)$  (закон Гей-Люсака); скорости и временем равноускоренного движения:  $v = v_0 + \alpha t$ . Важно отметить, что в курсе физики каждая из этих указанных зависимостей и их свойства рассматриваются отдельно, а в математике соответствующие закономерности и их свойства изучаются одновременно. При изучении функции  $y = ax^2 + b$  можно привести примеры зависимости пути от времени при равноускоренном движении  $s = \frac{at^2}{2}$ , формулу мощности электрического тока  $P = I^2 R$  при постоянном сопротивлении и другие формулы, связывающие различные физические величины.

Раскрытие своеобразия отражения действительности математикой при обучении элементам математического моделирования способствует вывод формул решения задач и составление задач по данной формуле. Важно уметь выбирать подходящие математические модели, применяя их под конкретные задачи и использовать разнообразные методы для решения этих моделей.

Математическое моделирование является мощным инструментом для решения практико-ориентированных задач в различных областях. Оно позволяет анализировать и предсказывать поведение систем, оптимизировать процессы, прогнозировать тенденции и принимать обоснованные решения. Путем построения математических моделей, определения переменных и параметров, применения различных методов решения, можно получить ценные инсайты и решения, которые могут быть использованы для оптимизации и улучшения реальных систем [8]. В процессе реализации методов математического моделирования в решении прикладных выделяют три этапа. Первый заключается в определении проблемы

исследования и построения общей содержательной модели изучаемого объекта, с последующим ее переводом на формальный математический язык. Далее следует этап изучения предварительной модели путем решения математической задачи. И третий этап состоит в переводе полученного в ходе решения результата на язык той научной области, на котором изначально была сформулирована проблема [1].

Одним из примеров использования средств математики в решении физических задач может быть рассмотрена задача о движении мяча под действием силы тяжести, брошенного вертикально вверх с некоторой начальной скоростью  $V_0$  м/с. Целью исследования является нахождение высоты мяча в зависимости от начального времени.

В основе решения этой задачи физики лежит модельное уравнение, в основе которого лежит закон, описывающий свободное падение тела под действием силы тяжести:

$$h(t) = h_0 + v_0 \cdot t - \left(\frac{1}{2}\right)gt^2,$$

где  $h(t)$  – высота мяча в момент времени  $t$ ,  $h_0$  – начальная высота мяча (например, высота, с которой он был брошен),  $v_0$  – начальная вертикальная скорость мяча,  $g$  – ускорение свободного падения (приблизительно равно  $9.8 \text{ м/с}^2$ ).

Для того, чтобы узнать на какой высоте будет находиться мяч от поверхности земли через 3 секунды, предполагая, что он был брошен с земли, т.е.  $h_0 = 0$ , необходимо подставить исходные данные в уравнении. В результате находим, что через 3 секунды после броска мяч будет на высоте около 15,9 метров от начальной точки.

Следует отметить, что применение в методах решения практико-ориентированных задач элементов математического моделирования тесно связано с выбором математических средств и определенным соответствием математического аппарата содержанию решаемой задачи. Методика решения прикладных задач посредством методов математического моделирования приучает выделять предпосылки и заключения, данные и искомые, сопоставлять и противопоставлять факты. При этом главным инструментом моделирования являются математические структуры, знание которых позволяет обучающимся правильно понять универсальность математического аппарата как средства описания различных явлений и процессов.

Таким образом, в рамках образовательного процесса элементы математического моделирования выступают в качестве одного из приоритетных направлений обучения и применения математических знаний в решении сложных практических задач, возникающих вне образовательного процесса, в повседневной жизни.

\*\*\*

1. Бабанская О.С. Метод математического моделирования в обучении учащихся решению прикладных задач в средней школе // *Universum: психология и образование*. 2019. № 12 (66). С. 13-17.
2. Исаева М.А. Модернизация современного математического образования в условиях ФГОС во // *МНКО*. 2019. №2 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sovremennogo-matematicheskogo-obrazovaniya-v-usloviyah-fgos-vo> (дата обращения: 05.05.2023).
3. Сербина Л.И., Ганджа Е.Н. К вопросу формирования функциональной грамотности // *Устойчивое развитие производственных и информационных систем в условиях формирования цифрового общества*. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2023. С. 420-423.
4. Сербина Л.И., Дроботов А.М. Алгоритмизация методов обучения // *Устойчивое развитие производственных и информационных систем в условиях формирования цифрового общества*. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2023. С. 423-427.
5. Сербина Л.И., Книга А.А. Структуризация учебного материала как средство систематизации и обобщения знаний // *Устойчивое развитие производственных и информационных систем в условиях формирования цифрового общества*. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2023. С. 427-432.
6. Чикунова О.И., Бобровская А.В. Обучение методу математического моделирования при решении задач с практическим содержанием // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2016. – № 4-1. – С. 131-135.

**Поверенов Г.А., Макаров С.И.**  
**Зарождение математики как науки**

*Самарский государственный экономический университет  
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-628

**Аннотация**

В данной статье раскрывается история возникновения математики как научной дисциплины. Рассматриваются ключевые вехи в развитии математического мышления в древности. Сделаны выводы об особой роли Древней Греции в становлении математики.

**Ключевые слова:** зарождение, математика, история, древние цивилизации.

**Abstract**

This article reveals the history of the emergence of mathematics as a scientific discipline. The key milestones in the development of mathematical thinking in ancient times are considered. Conclusions are drawn about the special role of Ancient Greece in the formation of mathematics.

**Keywords:** origin, mathematics, history, ancient civilizations.

Математика считается одной из самых древних наук. Возникнув в древних цивилизациях, получив свое дальнейшее развитие в Средние века, Эпоху возрождения и позднее, она развилась в современную фундаментальную научную дисциплину.

Первые проявления математического мышления наблюдаются в первобытном обществе. Именно в неолит, позднейший период каменного века, когда торговля приобрела значительные масштабы, возникла потребность в подсчете предметов. В это время появились простейшие понятия математической науки - натуральные числа. Их появление также связано с развитием скотоводства: разводимых животных необходимо было подсчитывать.

После того как у древних людей сформировалось представление о числах, появились основные операции с ними: сложение, вычитание, умножение и деление. Это произошло в Древнем Египте около 3000 лет до нашей эры. Именно там возникла десятичная система счисления: египтяне стали использовать символы для обозначения чисел. Так обозначился первый раздел математики - арифметика. А в связи с необходимостью измерять объемы и размеры различных товаров, начал складываться раздел геометрии. В Месопотамии, как и в Древнем Египте, математика использовалась в повседневной жизни, в таких отраслях как строительство домов, плотин и военных укреплений, астрономия и мореплавание. Помимо этого, большое распространение математика получила в процессе размежевания земельных наделов.

В качестве письменного источника известен папирус Ахмеса, датированный 1650 годом до н.э., в котором собраны решения задач на различные темы: нахождение площади трех- и четырехугольников и круга, возведение в степени, решение алгебраических уравнений первой и второй степени с одним неизвестным, и др. Достижением египтян можно отметить нахождение приближенное значение числа  $\pi \approx 3,16$  и правило вычисления объема усеченной пирамиды с прямоугольным основанием:  $V = (a^2 + ab + b^2) \times h/3$ . Как известно, во многих древних цивилизациях было принято строить усеченные четырехугольные пирамиды. Они были построены, конечно, и в Древнем Египте, однако олицетворением наивысшего мастерства египтян стали неусеченные четырехугольные пирамиды, которые помимо них никто не возводил. Это так, поскольку для возведения подобной пирамиды необходимо знать большое количество математических фактов. Египтяне в построении использовали знания о равнобедренных треугольниках, об их подобии и равенстве, о параллельных прямых и секущей. На современном этапе очевидно, что египтяне имели представление о равенстве углов при основании равнобедренного треугольника и использовали числовые характеристики углов.

Также свой вклад в развитие науки внесли жители Древнего Вавилона, открывшие “пифагоровы” треугольники, или иначе прямоугольные треугольники с целочисленными сторонами. Помимо этого, вавилоняне первыми заявили о том, что окружность разделена на 360 градусов. Ими также было открыто понятие подобия прямоугольных треугольников, что в значительной мере сказалось на развитии математики древних греков.

Середина I тысячелетия до н. э. свидетельствует о переходе математики от практических задач к абстрактным идеям. Великие греческие умы, такие как Пифагор, Евклид и Платон, внесли значительный вклад в формирование математических концепций.

В Древней Греции возникла аксиоматико-дедуктивная математика. Именно такой подход используется современными математиками для построения теорий. Греки переняли многие знания египтян и вавилонян и впоследствии обогнали их по темпам развития математической мысли. Древнегреческая математическая школа сильно развилась по двум причинам. Во-первых, ей свойственен философский взгляд на роль математики, который отражается в высказывании “Числа правят миром”. Это означает, что познание математики приравнено к познанию реального бытия. Во-вторых, пифагорейская школа разработала свою методологию. Согласно ей составлялся список аксиом, то есть первичных математических истин, на которых зиждутся остальные положения. Из аксиом с помощью логических рассуждений выводились новые утверждения, которые также должны быть верными. Это положило начало дедуктивной математике.

Первым математиком Древней Греции принято считать Фалеса Милетского. Он открыл, что вертикальных углы при пересечении двух прямых равны; диаметр делит круг пополам; вписанный в полуокружность угол является прямым. Последнее открытие стало ключевым моментом в эволюции техники геометрических построений и геометрии как науки в целом.

Пифагор Самосский организовал знаменитый пифагорейский союз, многие члены которого внесли серьезный вклад в развитие науки. К достижениям Пифагора традиционно относят доказательство в общем виде теоремы о том, что сумма квадратов катетов равна квадрату гипотенузы прямоугольного треугольника. Помимо этого, он открыл учение о пропорциях.

Ещё одним выдающимся греческим ученым был Платон. Его математическая школа концентрировалась на геометрическом разделе математики. Благодаря ему были открыты правильные многогранники, позднее названные платоновыми телами. Принято считать, что ученики Платона первыми стали использовать метод доказательства от противного.

Евклид Александрийский систематизировал наработки своих предшественников в 13-томном сочинении под названием “Начала”, которое стало фундаментом для дальнейших математических открытий. В нём он вывел основные аксиомы и постулаты геометрии, а также изобрел понятия точки, прямой, плоскости, кривой, движению, всем известным геометрическим фигурам.

Стоит отметить ещё одного древнегреческого математика Герона Александрийского. Важным открытием является метод Герона - арифметического метода приближенного вычисления квадратного корня положительного числа. Он основан на итеративном процессе и используется для нахождения корней уравнения  $x^2 = a$ . Суть метода заключается в следующем:

1. Задается начальное приближение  $x_0$ .
2. Вычисляется следующее приближение с использованием формулы:

$$x_{n+1} = x_{n+1} = \frac{1}{2} \left( x_n + \frac{a}{x_n} \right)$$

3. Шаг 2 повторяется до тех пор, пока разница между последовательными приближениями не станет достаточно малой.

Чем больше итераций выполнено, тем ближе приближение к точному значению корня. Этот метод широко используется в численных вычислениях для нахождения корней уравнений.

Очевидно, что наибольший вклад в математику на этапе зарождения внесла Древняя Греция, однако не стоит забывать о том, что базой для открытий древнегреческих ученых являлись достижения вавилонян и египтян.

Таким образом, эволюция математики от древности до наших дней является захватывающим путешествием разума человечества. Развитие математики как науки в период зарождения заключалось в переходе от решения практических задач к абстрактным рассуждениям, что стало фундаментом для многих других научных областей. Сегодня математика продолжает быть неотъемлемой частью научного прогресса и технологических достижений.

\*\*\*

1. Стеклов, В. А. Математика и ее значение для человечества / В. А. Стеклов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 204 с. — (Антология мысли). — ISBN 978-5-534-08325-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/514755> (дата обращения: 14.12.2023).
2. Светлов, В. А. История и философия науки. Математика : учебное пособие для вузов / В. А. Светлов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 209 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03090-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/514075> (дата обращения: 14.12.2023).
3. Максимова, О. Д. История математики : учебное пособие для вузов / О. Д. Максимова, Д. М. Смирнов. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 319 с. — ISBN 978-5-534-17376-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/532977> (дата обращения: 14.12.2023).

**Полякова И.С.**

**«Черный ящик» и неопределенность математических операций. Уравнения и их решения**

*Кубанский государственный технологический университет  
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-01-2024-629

**Аннотация**

В статье говорится, что числа с помощью математических операций преобразуют другие числа, например, было два стало шесть. Математические операции и числа, которые мы прибавляем, вычитаем, умножаем или делим, можно представить «черным ящиком». И каждый раз, зная начальный и конечный результат, нам надо угадать математическую операцию, которую мы производим. Так в математике нарастает неопределенность. «Черный ящик» можно обозначить  $\cap$ , тогда  $2\cap 3$ , это  $2+1=3$  или  $2*1,5=3$ . Операцию сложения можно заменить умножением. Зачастую надо выполнять самую простую операцию, по разным подходам это сложение или умножение.

**Ключевые слова:** умножение, деление, сложение, вычитание, математические операции, изменчивость, «черный ящик»

**Abstract**

The article says that numbers using mathematical operations transform other numbers, for example, there were two became six. The mathematical operations and the numbers we add, subtract, multiply, or divide can be represented by a «black box». And each time, knowing the initial and final result, we need to guess the mathematical operation that we are performing. This is how uncertainty grows in mathematics. «Black box» can be denoted  $\cap$ , then  $2\cap 3$ , it is  $2+1=3$  or  $2*1.5=3$ . The addition operation can be replaced by multiplication. Often it is necessary to perform the simplest operation, according to different approaches, this is addition or multiplication.

**Keywords:** multiplication, division, addition, subtraction, mathematical operations, variability, «black box»



Числа с помощью математических операций преобразуют другие числа, при этом меняется результат математической операции, например, было два, стало три, или было шесть, стало одиннадцать. Математические операции и числа, которые мы складываем, вычитаем, делим или умножаем можно представить, как «черный ящик», который обозначим  $\Pi$ , тогда  $2\Pi 3$ ,  $6\Pi 11$ . Рассмотрим пример  $2\Pi 3$ , назовем 2 – начальное число, 3 – конечное число.  $2+1=3$ , сложение – используемая математическая операция, 1- подчиненное число, оператор [1, 2, 3, 4].

Допустим, мы работаем только с положительными числами.

Символ  $\Pi$  можно заменить на  $\rightarrow$ ,  $0\rightarrow 3$  и  $3\rightarrow 3$ . В первом случае ноль – исходное число, во втором случае ноль – оператор. То же самое с единицей,  $1\rightarrow 3$  и  $3\rightarrow 4$ .

Рассмотрим подробнее «черный ящик»:  $0\Pi 3$  и  $3\Pi 3$ , здесь «защиты» операции сложения, в первом случае  $0+3=3$ , во втором  $3+0=3$ , если  $1\Pi 3$  и  $3\Pi 4$ , тогда  $1+2=3$ , во втором  $3+1=4$ .

Рассмотрим другие математические операции:

$2\Pi 10$  – «защито» умножение на 5;

$12\Pi 3$  – «защито» деление на 4;

$23\Pi 19$  – «защито» вычитание 4;

$16\Pi 21$  – прибавляем пять.

$1\Pi 10$  – умножаем на десять.

Некоторый результат можно получить разными способами, например:

$2\Pi 4$  – или прибавляем 2, или умножаем на 2;  $2+2=4$  или  $2*2=4$ .

$9\Pi 3$  – или вычитаем 6, извлекаем квадратный корень;  $9-6=3$ ,  $9^{0.5}=3$ ;

$2\Pi 10$  – «защито» умножение на 5 или сложение 8;  $2*5=10$  или  $2+8=10$ .

$12\Pi 3$  – «защито» деление на 4 или вычитание 9;  $12/4=3$  или  $12-9=3$ .

$1\Pi 10$  – умножение на десять, или прибавление 9,  $1*10=10$  или  $1+9=10$ .

Таким образом, к делению и умножению всегда идут вторые операции вычитания и сложения, ведь из любого большего числа всегда можно получить меньшее, и наоборот:

$20\Pi 5$  – или делим на 4, или вычитаем 15;  $20/4=5$  или  $20-15=5$ ;

$7\Pi 21$  – или умножаем на 3, или прибавляем 14;  $7*3=21$  или  $7+14=21$ .

У нас есть только начальный и конечный результат, и каждый раз, глядя на начальный и конечный результат, нам надо угадать математическую операцию и число, которое мы прибавляем, вычитаем, делим или умножаем. Тем самым в математике нарастает неопределенность.

Зная начальный и конечный результат, можно только вычитать и складывать. Если мы вводим дроби, то каждое сложение и вычитание можно заменить умножением и делением:

$23\Pi 19$  – вычитаем 4, умножаем на  $19/23$  или делим на  $23/19$ ;

$16\Pi 21$  – прибавляем пять, умножаем на  $21/16$  или делим на  $16/21$ ;

Это легко с небольшими числами, но например:

$343\Pi 7$  – извлечь кубический корень, или отнять 336, или умножить на  $7/343$  ( $1/49$ ), или разделить на 49.

$10\Pi 100$  – умножение на 10, прибавление 90 или возведение в квадрат.

$4\Pi 400$  – умножение на 100, прибавление 396.

Зачастую надо выполнить самую простую операцию. И это сложение или вычитание, если мы из меньшего числа получаем большее, то это сложение, если наоборот – то вычитание. Если мы говорим о самой легкой операции, то:

$343\Pi 7$  – вычитание 336;

$10\Pi 100$  – прибавление 90;

$4\Pi 400$  – сложение 396.

Некоторые могут сказать, что умножение легче сложения, потому что операторы – меньшие числа, тогда:

$343\Pi 7$  – умножаем на  $7/343 \approx 0,2$ ;

$10\Pi 100$  – умножаем на 10;

$4\Pi 400$  – умножаем на 100;

$23\Pi 19$  – умножаем на  $19/23 \approx 0,83$ .

А если мы работаем с большими числами, то:

$1364 \cap 341$  – делим на 4 или вычитаем 1023;

$25 \cap 3050$  – умножаем на 122 или прибавляем 3025.

При работе с большими числами, самой простой операцией будет умножение/деление, потому что операторы – меньшие числа.

При умножении подчиненные числа, операторы – числа, которые мы используем, чтобы получить конечный результат – в большинстве случаев нецелые, дробные.

$4 \cap 4$  – умножение на 1, деление на 1, прибавление 0 или вычитание 0,  $4 * 1 = 4$ ,  $4 / 1 = 4$ ,  $4 + 0 = 4$ ,  $4 - 0 = 4$ . При этих четырех операциях конечный и начальный результат совпадают.

Таким образом, при одинаковом начальном и конечном результате, один и тот же конечный результат мы можем получить разными способами, с помощью разных математических операций и используемых (подчиненных) числах.

Теперь рассмотрим уравнения и множество их решений. Для облегчения понимания рассмотрим целые, рациональные и иррациональные числа. Будем считать, что натуральные числа – это часть целых. Приняв теорию множеств, не будем рассматривать комплексные числа вообще. Таким образом, мы будем работать с целыми числами, дробными и содержащими корень. Получим в правой части уравнений ноль:  $Q(x) = 0$ .

Линейные: Если линейное уравнение составлено из целых чисел, например,  $3x + 2 = 0$ ,  $x = -2/3$ , то решением может быть как целое, так и рациональное число,  $2x + 4 = 0$ ,  $x = -2$ . Иррациональное число решением быть не может. Значит, решением «целых» линейных уравнений могут быть как целые числа, так и рациональные, при этом рациональные будут получаться чаще. Значит, при решении мы из целых чисел перешли к рациональным. Или из целого множества мы получили рациональное.

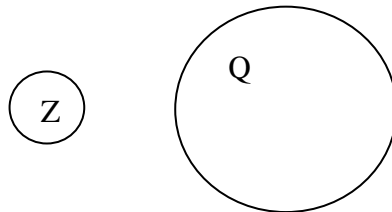


Рисунок 1. Коэффициенты и решения уравнений.

Рациональные: Если уравнение состоит из рациональных чисел,  $1/5x + 2/3 = 0$ ,  $x = -10/3$  или  $1/9x + 2/3 = 0$ ,  $x = -6$ , решением «рациональных» уравнений будут как рациональные числа, в большинстве своем, так и иногда целые числа при сокращении. Значит, при решении мы из рациональных чисел получили как рациональные, так и целые. Или из рационального множества мы вернулись в его подчасть целое.

Если уравнение состоит из рациональных или целых чисел, то мы никак не можем попасть во множество иррациональных чисел, если мы не считаем, что они являются частным случаем рациональных.

Иррациональные: При решении линейных уравнений с иррациональными коэффициентами могут получаться в ответе только иррациональные числа, если мы работаем с

уравнениями, в которых нельзя сократить коэффициенты:  $\sqrt{3}x + 6 = 0$ ,  $x = -2\sqrt{3}$ ,

$$\sqrt{7}x + \sqrt{26} = 0, x = -\sqrt{\frac{26}{7}} \quad \sqrt{7}x + \sqrt{28} = 0 \text{ можно сократить на } \sqrt{7} \text{ и получить } x + 2 = 0.$$

Это уравнение уже не будет содержать иррациональных чисел. Работая в иррациональном множестве (I), мы там и остаемся, не переходя во множество целых или рациональных чисел.

Сокращать можно и в линейных уравнениях с целыми коэффициентами,  $2x + 6 = 0$ ,  $x + 3 = 0$ , но иррациональных уравнениях это принципиально.

Таким образом, при решении линейных уравнений с иррациональными коэффициентами мы можем получать только иррациональные корни, а при решении уравнений с рациональными коэффициентами мы можем получать в ответе как рациональные корни, так и целые.

\*\*\*

1. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике / М.Я. Выгодский. – М.: АСТ, 2009. – 511 с. – ISBN: 978-5-17-053832-4.
  2. Кириллов А. А. Что такое число? / А.А.Кириллов. – М., 1993. – 80 с. – ISBN 5-02-014942-3.
  3. Полякова И.С. Ноль и единица как «недочисла». «Черный ящик» // Тенденции развития науки и образования, №104, Самара, 2023, ч.15. – С.25-27.
  4. Полякова И.С. Теория чисел. Ноль и единица. Числа как матоператоры // Тенденции развития науки и образования, №83, Самара, 2021. ч.2. – С.91-95.
-











**LJournal**

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
№105, Январь 2024**

Часть 12

Подписано в печать 25.01.2024. Тираж 400 экз.  
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.12,9  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович