

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и
окружающей среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Технологии обеспечения безопасной транспортировки
нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

Обучающийся

А.Р. Сафиуллов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.б.н., доцент Н.Ю. Мичурина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	8
Перечень сокращений и обозначений.....	11
1 Нормативное обеспечение безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.....	12
1.1. Система управления промышленной безопасности при транспортировке нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам .	12
1.2 Результаты производственного контроля транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.....	17
2 Технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.....	32
2.1. Инновационные методы и средства обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам .	32
2.2 Адаптация методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.....	41
3 Практика применения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам	47
3.1 Технология внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам .	47
3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.....	56
Заключение	69
Список используемых источников.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	74

Введение

Трубопроводный транспорт – является одним из самых экономически выгодных способов транспортировки углеводородного сырья на большие расстояния. Суммарная протяженность магистральных трубопроводов России составляет более 200 тыс. км, в том числе около 48,5 тыс. км нефтепроводов и около 15 тыс. км газопроводов.

В Российской Федерации обширный перечень нефтегазотранспортных и нефтегазодобывающих компаний, такие как: ПАО «Транснефть» и ПАО «Газпром», активно интегрирующих современные технологические решения в своей деятельности.

Обеспечение безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам является актуальным вопросом в современных реалиях технологий транспортировки и использования углеводородного сырья. Магистральные продуктопроводы являются частью обширной системы снабжения страны продуктами нефтепереработки. Система включает в себя такие основные этапы – добыча, транспортировка нефти на нефтеперерабатывающий завод, далее по продуктопроводам идет разделение по степени применения тех или иных фракций нефти.

Одним из важнейших процессов безаварийной работы является технология внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам. В частности, необходим анализ и оценка эффективности внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.

Актуальность и научная значимость: современное развитие нефтегазовой отрасли требует постоянного совершенствования технологий транспортировки нефтепродуктов, особенно по магистральным продуктопроводам. Это связано с ростом объемов перевозок, увеличением длины магистральных трубопроводов, а также с повышением требований к

безопасности и экологической безопасности. В связи с этим актуальной является проблема обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов, которая является одной из основных задач нефтегазовой отрасли.

Объект исследования: являются технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.

Предмет исследования: является процесс, методы и средства обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам.

Цель исследования: внедрить новые технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам, разработать новые рекомендаций по их применению.

Гипотеза исследования заключается в том, что разработав и применив новые технологий обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам позволит существенно снизить риски экологических аварий и улучшить качество транспортировки. Обеспечение безопасности и внедрение цифровых технологии в процесс мониторинга состояния магистральных сетей способно значительно снизить вероятность аварий и инцидентов, если использовать следующие технологии:

- внедрить аналитику данных, что позволит анализировать большие объемы данных о производственных процессах и на основе этого принимать решения для повышения безопасности транспортировки нефтепродуктов;
- использовать изменения в конструкции систем мониторинга состояния объектов перекачки нефтепродуктов;
- внедрить искусственный интеллект, что позволит автоматизировать процессы принятия решений на основе анализа данных и опыта предыдущих решений.
- разработать систему адаптации ИИ под соответствующее оборудование;
- существенно модернизировать софт нефтегазового сектора.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать технологические процессы – выявить узкие места, проблемы и возможности для повышения безопасности.
- Разработать систему обучения сотрудников, чтобы они могли эффективно работать с новыми технологиями.
- Внедрить систему мониторинга и анализа результатов - постоянный мониторинг производственных процессов и анализ данных для оптимизации работы системы.

Теоретико-методологическую основу исследования составили теории безопасности транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам, методы предотвращения аварийных ситуаций на трубопроводах, а также технологии мониторинга и контроля работы магистральных продуктопроводов.

Базовыми для настоящего исследования явились также современные технологии, нормативно-правовые и технические документы, устройство и принципы работы магистральных продуктопроводов и регулирующих устройств, а также оперативный опыт работы и управления транспортирующими системами на предприятиях и организациях в данной области.

Методы исследования: включали в себя анализ статистических данных по аварийным ситуациям на магистральных продуктопроводах, обзор литературы на тему технологий обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов, а также консультации у специалистов в области эксплуатации трубопроводов.

Опытно-экспериментальная база исследования включала в себя данные об авариях на магистральных продуктопроводах, а также результаты тестирования новых технологий и оборудования для контроля и мониторинга трубопроводов.

Научная новизна исследования заключается в том, что были разработаны новые методы обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам, что позволит работать с более высокой эффективностью и безопасностью и применять технологии в других сферах и разработках:

- метод применения ИИ;
- использование искусственного интеллекта для моделирования ситуаций и анализа информации с учетом опыта за всю историю существования нефтегазотранспортных сетей;
- обучение сотрудников работе с перспективными методами усиления безопасности продуктопроводов.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что благодаря комплексной теории безопасности транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам наблюдается:

- Повышение безопасности транспортировки нефтепродуктов по трубопроводам;
- Влияние на состояние безопасности в нефтегазовом секторе Российской Федерации;
- Повышение квалификации персонала, задействованного при перекачке нефтепродуктов по продуктопроводам.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанные технологии и методы будут использованы в работе существующих и вновь строящихся магистральных продуктопроводов с целью повышения их безопасности и эффективности. Кроме того, результаты исследования могут быть использованы при разработке новых стандартов и правил обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- систематическим и комплексным анализом литературных источников;

- проведением экспериментов;
- изучения опыта и практики работы специалистов в этой области.

Личное участие автора в организации и проведении исследований состоит в определении целей и задач, разработке методологии исследований, осуществление экспериментальной попытки внедрения системы анализа в сборе и обработке данных, анализе результатов и написании диссертации.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались соответствующим подразделениям на круглых столах, а также использовались в практической работе предприятия и организации, связанной с нефтегазовой промышленностью.

На защиту выносятся:

- Результаты исследования, изучения экспериментальных и нормативно-правовых акты в области охраны труда, промышленной, экологической, пожарной безопасности в нефтегазовом секторе.
- Результаты по разработке и адаптации новых технологических процессов к существующим магистральным сетям.
- Результаты анализа имеющихся способов обеспечения безопасности нефтегазовых объектов РФ.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав (разделов), заключения, содержит 4 рисунка, 4 таблицы, список используемых источников (44 источника), 1 приложение. Основной текст работы изложен на 72 страницах.

Термины и определения

В данном исследовании применяются определенные термины, которые несут в себе значительный смысл и важность.

Авария - это необходимый термин, относящийся к разрушению сооружений и технических устройств, используемых на опасных производственных объектах, а также к неконтролируемым взрывам и выбросам опасных веществ.

Безопасность - это свобода от неприемлемого риска нанесения вреда, а идентификация опасности - это процедура оценки и описания рисков и угроз.

Безопасная эксплуатация - это не только условия, но и принципы, используемые при исследовании и осуществлении рабочих действий.

Научно-исследовательская работа — работа научного характера, связанная с научным поиском, проведением исследований, экспериментами в целях расширения имеющихся и получения новых знаний, проверки научных гипотез, установления закономерностей, проявляющихся в природе и в обществе, научных обобщений, научного обоснования;

Опасность - причина или обстановка, которые могут нанести вред самочувствию человека, его имуществу или окружающей среде.

Продуктопровод - трубопровод, предназначенный для транспортировки искусственно синтезированных веществ, чаще всего — продуктов нефтехимического синтеза. В частном случае может означать систему, предназначенную для доставки по трубам любых пригодных для этого объектов;

Охрана труда - это система мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности работников в процессе труда.

Магистральные трубопроводы — трубопроводы и отводы от них диаметром до 1420 мм (включительно); единый производственно-технологический комплекс, включающий в себя здания, сооружения, его линейную часть, в том числе объекты, используемые для обеспечения

транспортировки, хранения и (или) перевалки на автомобильный, железнодорожный и водный виды транспорта жидких или газообразных углеводородов, измерения жидких (нефть, нефтепродукты, сжиженные углеводородные газы, газовый конденсат, широкая фракция лёгких углеводородов, их смеси) или газообразных (газ) углеводородов, соответствующих требованиям законодательства;

Охрана труда на производстве - это система действий, направленных на сохранение жизни и здоровья работников во время их трудовой деятельности.

Нефтепродукты — смеси углеводородов, а также индивидуальные химические соединения, получаемые из нефти и нефтяных газов. К нефтепродуктам относятся различные виды топлива (бензин, дизельное топливо, керосин и др.), смазочные материалы, электроизоляционные среды, растворители, нефтехимическое сырьё.

Экологическая безопасность - это уровень воздействия отрицательных факторов на окружающую среду и на человека, а также степень угроз экологической опасности.

Инциденты на опасных производственных объектах – это непредвиденные происшествия, где технические устройства, используемые на производстве, могут выйти из строя или быть повреждены, либо происходит отклонение от установленного технологического процесса.

Промышленная безопасность опасных производственных объектов представляет собой необходимое состояние, гарантирующее защищенность жизненно важных интересов личности и общества от аварий и их последствий.

Нефтяной терминал (также называемый резервуарный парк, нефтебазы, установкой масла или масла депо) представляет собой промышленный объект для хранения нефти, нефтепродуктов и нефтехимических продуктов, и из которого этих продуктов транспортируют к конечным пользователям или другим хранилищам. Нефтяной терминал

обычно имеет несколько надземных или подземных резервуаров; средства переброски; насосное оборудование; порталные погрузочные платформы для наполнения автоцистерн или барж; судовое погрузочно-разгрузочное оборудование на морских терминалах; и трубопроводные соединения.

Несчастные случаи на производстве включают в себя травмы или даже смерть работников, которые могут произойти как при выполнении рабочих задач, предписанных работодателем, так и при осуществлении работы с его разрешения в рабочее время или даже во время перерыва.

Искусственный интеллект (ИИ) - это совокупность методов, технологий и алгоритмов, задачей которых является создание программ и систем, способных повторять процессы мышления и решения проблем, которые мы обычно связываем с человеческим интеллектом. Такие системы способны анализировать большие объемы данных, формировать и прогнозировать тенденции, вырабатывать решения и уметь до некоторой степени "обучаться".

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

НИР — научно-исследовательская работа;

ИТР — инженерно-технический работник;

МПП — магистральный продуктопровод;

МНП — магистральный нефтепровод;

ИИ — искусственный интеллект;

НП — нефтепродукт;

ГОСТ — государственный стандарт;

РВС — вертикальный стальной цилиндрический резервуар;НП

РИР — ремонтно-изоляционные работы;

ПСД — проектно-сметная документация;

РНПП — разветвленный нефтепродуктопровод;

ТБО — твердые бытовые отходы;

ТО — техническое обслуживание;

УЗД — ультразвуковая дефектоскопия;

ЭХЗ — электрохимическая защита;

ОТ, ПБ и ООС — охрана труда, промышленная безопасность и охрана окружающей среды;

барр. — баррель (1 барр. = 0,134 метрической тонны);

ПДК — предельно допустимая концентрация;

ЧС — чрезвычайная ситуация.

ФЗ — Федеральный закон;

млн — миллион;

ОПО — опасный производственный объект;

СП — свод правил;

кв. км — квадратный километр

куб. м — кубический метр

1 Нормативное обеспечение безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

1.1. Система управления промышленной безопасности при транспортировке нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

Система промышленной безопасности нефтегазового сектора при транспортировке нефтепродуктов включает комплекс мер и средств для обеспечения безопасной эксплуатации транспортных средств, трубопроводов и других инфраструктурных объектов, связанных с перевозкой нефтепродуктов, а также обеспечения безопасности персонала и окружающей среды. Она включает в себя такие элементы, как:

- разработку правил, норм и стандартов по безопасности на всех этапах транспортировки нефтепродуктов;
- проведение строгого контроля за техническим состоянием транспортных средств и качеством нефтепродуктов;
- применение современных технологий и оборудования для контроля и предупреждения аварийных ситуаций;
- обеспечение качественной подготовки персонала, работающего в нефтегазовом секторе;
- разработка и внедрение программ по предотвращению аварий и минимизации ущерба в случае чрезвычайных ситуаций.

Целью системы промышленной безопасности является не только обеспечение безопасности перевозки и переработки нефтепродуктов, но и предотвращение потенциальной угрозы для окружающей среды и биологических сообществ, а также защита жизни и здоровья персонала и предотвращение аварий.

Система управления промышленной безопасности при транспортировке нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам – это комплекс мер и действий, направленных на обеспечение безопасности и

защиты окружающей среды [14] в процессе транспортировки нефтепродуктов через магистральные продуктопроводы. Она включает в себя организационные, технические, производственные и экологические меры, а также работу с персоналом, направленные на минимизацию возможных рисков и предотвращение аварийных ситуаций в процессе транспортировки нефтепродуктов.

Бесперебойная поставка нефтепродуктов по магистральным сетям трубопроводов является критически важным аспектом функционирования многих секторов экономики [39], особенно тех, которые зависят от топлива, таких как авиационная, автомобильная и железнодорожная промышленности.

Неполадки в поставке нефтепродуктов могут привести к серьезным экономическим потерям и проблемам безопасности. Недавний пример - например, прерывание поставок нефтепродуктов во время глобальной пандемии COVID-19 [34], что повлияло на экономику и принудило многие компании к сокращению своей деятельности.

Бесперебойная поставка нефтепродуктов также критически важна для поддержания национальной обороноспособности, так как многие военные технологии и транспортные средства требуют топлива.

В целом, обеспечение бесперебойной поставки нефтепродуктов по магистральным сетям трубопроводов является критически важным фактором для стабильности экономики и национальной безопасности.

На объектах транспортировки нефти и газа могут происходить различные аварии [38], такие как:

Утечка нефти или газа в результате повреждения трубопроводов.

Пожары и взрывы на нефтегазоперерабатывающих заводах и других объектах транспортировки.

Неправильная эксплуатация и технические неисправности оборудования [40].

Нарушения технологического процесса, приводящие к перепадам давления и температуры в системах транспортировки нефти и газа[36].

Неблагоприятные метеорологические условия, такие как ураганы, сильный ветер, гололед и снегопады.

Столкновения транспортных средств с нефтепроводами и газопроводами[27].

Акты вандализма и террористические атаки на объекты транспортировки нефти и газа.

Такие аварии могут привести к серьезным последствиям, таким как взрывы, пожары, загрязнение окружающей среды и угроза здоровью людей. Для предотвращения аварий важно соблюдать все нормы и правила техники безопасности и проводить регулярные проверки оборудования.

В июне 1989 года произошла трагедия с транспортировкой сжиженного газа по нефтепроводу под Уфой в России. Нефтепровод, который использовался для транспортировки нефти, был перестроен под газопровод без соответствующей модернизации. Это привело к тому, что в результате несоответствия конструкции газопровода трещина появилась на стенке трубы, благодаря которой сжиженный газ начал вытекать в окружающую среду[36].

Быстро развивающееся облако газа охватило большую территорию, достигнув даже центра города Уфы. По оценкам специалистов, в результате трагедии спастись пришлось около 60 тыс. человек, причем почти 3,5 тысячи человек были госпитализированы. Среди пострадавших оказались работники нефтегазовой отрасли, проезжающие мимо машины, а также жители, находившиеся на рабочих местах и в домах.

Трагический инцидент вызвал серьезное беспокойство в обществе и стал предметом расследования правоохранительных органов. В результате выяснилось, что произошедшее стало результатом недобросовестного отношения к ремонту участков нефте- и газопроводов. В итоге несколько чиновников получили сроки, а общество пришлось нести огромный убыток в виде нанесенного ущерба и потерь жизней людей.

Компании в разных сферах производства периодически внедряют новые средства автоматизированного управления промышленной безопасности. Лидерами производства систем являются такие фирмы как:

Honeywell Safety Suite - модульная система для управления промышленной безопасностью, включающая в себя функции мониторинга и анализа, управления операциями, обучения персонала и создания отчетности.

Rockwell Automation Safety Automation Builder - инструментальное ПО для автоматизации безопасности, которое позволяет быстро создавать проекты с промышленной безопасностью [44].

Siemens Safety Integrated - интегрированная система безопасности, которая объединяет в себе функции управления, обнаружения и оценки рисков, защиты от аварий и обучения персонала.

Schneider Electric EcoStruxure Safety Expert - программное обеспечение для разработки и управления промышленной безопасностью, основанное на стандартах IEC 61508 и IEC 61511 [42].

ABB Jokab Safety - инновационная система безопасности, предназначенная для защиты работников и оборудования в экстремальных условиях.

Phoenix Contact SafetyBridge - модульная система, которая позволяет создавать безопасные процессы и связывать их с управляющими ПЛК или контроллерами [43].

Pilz Safety Automation - комплексные решения для безопасности, включающие программное обеспечение, контроллеры, сенсоры и другое оборудование.

Omron NX Safety - интеллектуальная система безопасности, которая обладает более чем 80 различными функциями для обеспечения безопасности производственных процессов.

Bosch Rexroth SafeMotion - интегрированная система безопасности, способная обнаруживать риски и принимать меры для их предотвращения.

Danfoss VLT SafetyDrive - система безопасного управления двигателями, предназначенная для защиты работников и оборудования от аварийных ситуаций.

При внедрении подобных систем в нефтегазовые компании, организации требуется пройти определенные стадии формирования системы промышленной безопасности на предприятии:

Оценка рисков - первоначальная оценка рисков, связанных с деятельностью предприятия, чтобы определить наиболее опасные ситуации и области.

Разработка плана мер по обеспечению промышленной безопасности - дальнейшая разработка планов изоляции, снижения и управления риском, базирующихся на результатах оценки рисков.

Разработка системы управления безопасностью - разработка политик и процедур, которые предоставят рабочей команде необходимые инструменты для обеспечения безопасной рабочей среды.

Обучение персонала - обучение персонала о техниках безопасной работы и о технических решениях, направленных на общую защиту персонала и оборудования.

Разработка системы контроля безопасности - создание системы следящих за безопасностью мероприятий, которые остановят процесс, если ситуация становится слишком рискованной.

Аудит системы безопасности - периодическая проверка работающих систем безопасности, чтобы убедиться, что они соответствуют потребностям предприятия и правилам.

Постоянное совершенствование - процесс улучшения и инноваций существующих систем безопасности, основанный на полученных опытом и развитием технологий безопасности.

Введение системы промышленной безопасности на нефтегазовых предприятиях является критически важным шагом для минимизации рисков и защиты работников, экологии [1] и общества в целом. Нефтегазовая

промышленность характеризуется высокими уровнями опасности и комплексностью технологий, которые требуют наличия надежных и эффективных систем безопасности [2].

Выбор правильной системы промышленной безопасности на нефтегазовых предприятиях должен основываться на анализе рисков, представленных на производстве, и потенциальных угрозах, связанных с безопасностью охраны труда и окружающей среды. Необходимо обеспечить соответствие всех производственных процессов со стандартами и нормативными требованиями [3], а также предусмотреть меры по предотвращению и минимизации вероятности аварийных ситуаций, как например взрывы, пожары, утечки газов, несанкционированный доступ на объект и другие.

Эффективная система промышленной безопасности должна также включать в себя необходимые тренинги, включая обучение сотрудников и обеспечение знаний по правилам безопасности, процедурам и технике безопасности.

Таким образом, правильный выбор системы промышленной безопасности на нефтегазовых предприятиях является необходимым условием для обеспечения безопасности, предотвращения аварий и минимизации рисков не только для работников, но и для общества в целом.

1.2 Результаты производственного контроля транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

В современном мире производственный контроль транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам является одной из самых важных задач не только для производителей, но и для потребителей. На этапе транспортировки нефтехимических продуктов возможны различные проблемы, такие как утечки, коррозия, старение трубопроводов и прочее.

Поэтому контроль и мониторинг качества транспортировки нефтепродуктов становится все более важным для сведения рисков к минимуму.

В этой связи, применение новых технологий для контроля транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам может стать большим прорывом в этой области. Среди этих технологий можно выделить системы мониторинга давления [21], температуры, вибрации, акустические методы и т.д. Эти технологии могут значительно усилить производственный контроль, а также уменьшить количество проблем, возникающих во время транспортировки.

Одним из примеров таких новых технологий является использование нанокристаллов в мониторинге трубопроводов. Этот метод основан на использовании малых размеров наночастиц, которые могут быть помещены внутрь трубопровода и использоваться для мониторинга его состояния. Этот метод может быть использован для поиска трубопроводов, которые подвержены коррозии, а также для обнаружения места потенциальных утечек.

Большое количество патентов было получено в последнее время в области контроля транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам. Эти патенты [41] включают различные виды датчиков, систем мониторинга, включая системы, основанные на использовании искусственного интеллекта и машинного обучения. Эти патенты отражают стремление к созданию более надежных и эффективных систем контроля транспортировки нефтепродуктов. В таблице 1 представлены передовые решения, которые возможно использовать в будущем для повышения надежности трубопроводнотранспортной сети.

Таблица 1 – Способы увеличения безопасности при транспортировке нефтепродуктов

№ п/п	Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений
1	Способ мониторинга внутренних коррозионных изменений магистрального трубопровода и устройство для его осуществления	Представлены в следующих известных технических решениях: - патенте РФ RU2514822C2 (опубликован 15.06.2012)	Изобретение относится к области диагностики линейной части трубопроводных систем и может быть использовано для диагностики технического состояния внутренней стенки магистральных трубопроводов. [4] Размещают на внешней поверхности трубопровода возбуждающие и измерительную катушки, генерируют гармонический испытательный сигнал и передают его в возбуждающие катушки, усиливают напряжение, наводимое в измерительной катушке, и определяют по комплексной амплитуде толщину стенки трубопровода. Периодически осуществляют измерение толщины стенки трубопровода, полученные значения сравнивают с ранее накопленными и полученными в результате моделирования. В результате регрессионной обработки осуществляют прогнозирование времени истончения трубопровода до предельного значения и осуществляют контроль изменений условий наблюдения и корректировку измеренных параметров. Устройство содержит возбуждающий генератор, блок измерительных преобразователей, включающий возбуждающие и измерительную катушки, и усилитель. Устройство снабжено цифровым датчиком температуры, расположенным в непосредственной близости от любой из катушек возбуждения на поверхности трубопровода, цифровым вычислителем, состоящим из центрального процессора, оперативного и постоянного запоминающих устройств, аналого-цифрового преобразователя и порта ввода-вывода [9]. Техническим результатом является повышение безопасности эксплуатации магистрального трубопровода.

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений
2	Способ определения остаточного ресурса металла магистрального трубопровода	Известны из следующих патентных документов: - патента РФ на технология RU2221231C2 (опубликован 05.03.2002); - патента США US20110054840 A1 (опубликован 26.08.2009); - патента США US10990873B2 (опубликован 22.06.2016);- Европейского патента на изобретение EP3475769B1 (опубликован 13.05.2020); - международно й заявки на изобретение WO2017223326 A1 (опубликован 28.17.2017)	Изобретение относится к методикам оценки остаточного ресурса металла магистрального трубопровода. Предложенный способ заключается в том, что из нормативно- технической документации выбирают параметры механических свойств металла трубопровода, определяют участки трубопровода с максимальным уровнем окружных напряжений [13], из этих участков изготавливают образцы, по результатам испытаний которых определяют значения выбранных параметров механического состояния металла трубопровода. Дополнительно изготавливают образцы из пластин металла трубопровода [8], определяют значения выбранных параметров механических свойств металла трубопровода для каждого выбранного параметра механических свойств металла трубопровода, определяют величину пластической деформации металла трубопровода [7], которую он имеет на момент исследования, для каждого выбранного параметра механических свойств металла трубопровода определяют ресурс металла исследуемого трубопровода до достижения заданного нормативного показателя, для каждого выбранного параметра механических свойств металла трубопровода определяют величину остаточного ресурса, а в качестве остаточного ресурса метала исследуемого трубопровода принимают минимальный остаточный ресурс, соответствующий одному из выбранных параметров механических свойств металла трубопровода [22].

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений
3	Метод оценки целостности конструкции	Такого плана технические методы описаны в следующих патентных документах: - патенте Великобритани и на изобретение GB0204932D0 (опубликован 17.04.2002); - патенте Испании на изобретение ES2336904T3 (опубликован 19.04.2010); - заявке Германии на изобретение DE60330120D1 (опубликован 31.12.2009).	Система оценки целостности конструкции, снабженная процессором, содержащим компьютерную модель анализируемой конструкции и использующим данные, относящиеся к нагрузке на конструкцию в компьютерной модели, при расчете значения, представляющего целостности конструкции, при этом система снабжена первыми датчиками для измерения данных, относящихся к размерам конструкции в зонах высокого напряжения, в которых можно ожидать проблем в будущем, и вторыми датчиками для измерения нагрузки на конструкцию в указанных зоны повышенного напряжения, при этом датчики подключены к регистратору данных, подключенному к процессору, для передачи упомянутых данных о нагрузке и размерах в режиме реального времени в процессор [37]. При этом средства обработки приспособлены для обновления компьютерной модели конструкции и повторного расчета в компьютерной модели значения представление целостности конструкции с использованием указанных данных о нагрузке и размерах.

Из анализа патентов можно заключить, что современные технологии, такие как датчики, дроны, облачные технологии и др., могут эффективно использоваться в нефтегазовой промышленности для повышения безопасности. В сочетании с искусственным интеллектом, они могут дать максимальную эффективность и улучшить надежность систем мониторинга и контроля. Например, технологии обнаружения утечек газа и нефти и

предотвращения возможных взрывов могут эффективно работать в связке с AI-алгоритмами, которые могут быстро обрабатывать данные и выявлять угрозы в режиме реального времени. Также дроны [36], оснащенные системами видео-наблюдения и тепловыми камерами, могут использоваться для контроля за сложными объектами и промышленными сооружениями, а также для выявления потенциально опасных зон [13].

Таким образом, использование современных технологий в нефтегазовой промышленности может помочь значительно повысить безопасность на производствах и предотвратить возможные катастрофы и аварии.

Как пример контроля состояния трубопроводной сети, можно привести расчет трубопровода на прочность и устойчивость выполнен согласно СП 36.13330.2012[11] газопровода компании ООО "Газпром газораспределение Самара". Этот расчет может быть включен в базу алгоритма анализа газопроводов, аналогично действующей нормативной базе и для нефтепродуктопроводов и нефтепроводов. Такой контроль устанавливается для обеспечения безопасности и надежности работы трубопроводов, что важно для предотвращения аварийных ситуаций и защиты окружающей среды. На данном этапе, расчет выполнялся отдельной цепочкой при помощи искусственного интеллекта, в программу расчета были занесены действительные характеристики трубопровода, применена актуальная методика расчета. Расчет в ручную и расчет при помощи ИИ показал единый результат, что подтвердило точность расчетов и возможность применения для анализа данных.

Расчет на прочность и устойчивость трубопровода необходим для гарантирования безопасной транспортировки нефти, газа и нефтепродуктов. Прочность трубопровода определяет его способность выдерживать механические нагрузки, вызванные воздействием внешних факторов (например, давления и температуры), а также внутреннего давления с течением газа или жидкости. Устойчивость же гарантирует надежность

трубопровода в экстремальных условиях, например при землетрясениях или наводнениях.

Если трубопровод не прошел соответствующий анализ с расчетом на прочность и устойчивость, то это может привести к возникновению различных аварий, которые, в свою очередь, могут привести к значительным материальным и экологическим потерям, а также угрожать жизни людей. Поэтому проведение подобных расчетов является обязательным требованием для всех трубопроводных систем, протекающих по территории какой-либо страны.

Рассчитаем трубопровод на прочность и устойчивость по исходным данным из таблицы 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета трубопровода на прочность и определение толщины стенки трубопровода

Обозначение	Наименование параметра	Значение
P	Расчетное давление по ТЗ	1,2 МПа
D_H	Наружный диаметр трубопровода по ТЗ (марка стали – К56, по ТУ 40/48/56-79[15])	720мм
R_1''	Нормативное сопротивление растяжению металла по ТУ	550 МПа
R_2''	Нормативное сопротивление сжатию металла трубы по ТУ	372 МПа
m	Коэффициент условий работы трубопровода принимаем по СП 36.13330.2012.	0,825
K_1	Коэффициент надежности по материалу принимаем по ТУ 40/48/56-79.	1,34
k_H	Коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимаемый по табл. 11 СП 36.13330.2012.	1,100
n	Коэффициент надежности по нагрузке принимаем по табл. 14 СП 36.13330.2012.	1,1
K_2	Коэффициент надежности по материалу принимаем по табл. 10 СП 36.13330.2012.	1,10
$\mu_{упр}$	Коэффициент Пуассона упругой стадии работы металла	0,3
E	Модуль упругости металла	206000МПа
α	Коэффициент линейного расширения	0,000012 град ⁻¹

Нормативные сопротивления растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений R_1'' и R_2'' принимаем равным соответственно минимальным значениям временного сопротивления и предела текучести,

указанных в государственных стандартах и технических условиях на трубы [7].

Расчетные сопротивления растяжению (сжатию) R_1 и R_2 определим по формулам:

$$R_1 = \frac{R_1^H m}{k_1 k_H} = \frac{550 \cdot 0,825}{1,34 \cdot 1,1} = 307,83 \text{ МПа} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_2^H m}{k_2 k_H} = \frac{372 \cdot 0,825}{1,1 \cdot 1,1} = 253,63 \text{ МПа} \quad (2)$$

где: m – коэффициент условий работы трубопровода, по табл. 1 п. 2.3 СП 36.13330.2012;

k_1, k_2 – коэффициенты надежности по материалу, принимаемые соответственно по табл.9 и пункта 8.3 СП 36.13330.2012;

k_H – коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимаемый по табл. 11 пункта 8.3 СП 36.13330.2012;

Расчетную толщину трубопровода δ , определим по формуле:

$$\delta = \frac{n_p \cdot P \cdot D_H}{2 \cdot (R_1 + n_p \cdot P)} = \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,72}{2 \cdot (307,83 + 1,1 \cdot 1,2)} = 0,0076 \text{ м.} \quad (3)$$

Примем толщину стенки труб газопровода равной 8мм.

При наличии продольных осевых сжимающих напряжений толщину стенки следует определять из условия:

$$\delta = \frac{npD_H}{2 \cdot (R_1 \Psi_1 + np)}, \quad (4)$$

где:

n - коэффициент надёжности по нагрузке – внутреннему рабочему давлению в трубопроводе; принимаемый по табл. 13 пункта 8.3 СП 36.13330.2012;

p – рабочее давление в трубопроводе, МПа;

D_H – наружный диаметр трубы, м;

Ψ_1 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб, определяемый по следующей формуле:

$$\Psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|\sigma_{np.N}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \frac{|\sigma_{np.N}|}{R_1} \quad (5)$$

где: σ_{npN} – продольное осевое сжимающее напряжение, МПа.

Продольные осевые напряжения σ_{npN} МПа, определяются от расчетных нагрузок и воздействия (температура и давление) с учетом упругопластической работы металла. В частности, для прямолинейных и упруго-изогнутых участков подземных и надземных (в насыпи) [5] трубопроводов при отсутствии продольных и поперечных перемещений, просадок и пучения грунта продольные осевые напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_{np.N} = -\alpha E \Delta t + \mu \frac{np D_{вн}}{2 \delta_n} \quad (6)$$

где:

α – коэффициент линейного расширения металла трубы, $град^{-1}$;

E – переменный параметр упругости (модуль юнга), МПа

Δt – расчетный температурный перепад, $^{\circ}C$;

μ – переменный коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона).

δ_n – номинальная толщина стенки трубы, см.

Абсолютное значение максимального положительного $\Delta t_{(+)}$ или отрицательного $\Delta t_{(-)}$ температурного перепада, при котором толщина стенки определяется только из условия восприятия внутреннего давления определяются по формулам:

$$\begin{aligned} t_h^x &= t_1 - 20 = -9,9 - 20 = -29,9^\circ\text{C} \\ t_h^T &= t_{VII} + 6 = 23,5 + 6 = 29,5^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} t^x &= t_h^x - 6 = -29,9 - 6 = -35,9^\circ\text{C} \\ t^T &= t_h^T + 3 = 29,5 + 3 = 32,5^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Delta t^x &= +9 - t^x = +9 - (-35,9) = +44,9^\circ\text{C} \\ \Delta t^T &= +9 - t^T = +9 - (+32,5) = -23,5^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (9)$$

где $t_1 = -9,9^\circ\text{C}$ и $t_{VII} = +23,5^\circ\text{C}$ средние значения температуры наружного воздуха января и июля для района прокладки трубопровода, принимаемые по СП 36.13330.2012.

В качестве расчетного температурного перепада принимаем наибольшее значение

$$\Delta t^x = +44,9^\circ\text{C};$$

$$\sigma_{np.N} = -\alpha E \Delta t + \mu \frac{np D_{вн}}{2 \delta_h} = -0,000012 \cdot 206000 \cdot 10^6 \cdot 44,9 + 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,704}{2 \cdot 0,008} = -110,99 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Выражение (5) примет вид:

$$\Psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|\sigma_{np.N}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \frac{|\sigma_{np.N}|}{R_1} = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{110,99 \cdot 10^6}{307,83 \cdot 10^6} \right)^2} - 0,5 \frac{110,83 \cdot 10^6}{307,83 \cdot 10^6} = 0,769.$$

Толщина стенки при наличии продольных осевых сжимающих напряжений будет равна по формуле (1.4):

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,720}{2 \cdot (307,83 \cdot 0,769 + 1,1 \cdot 1,2)} = 7,4 \text{ мм.}$$

Толщина стенки труб должна быть не менее 1/100 наружного диаметра труб, т.е. не менее $1/100 \cdot 720 = 7,2$ мм. Полученное расчетное значение

толщины стенки округляем до ближайшего большего по сортаменту, получаем $\delta_n = 8$ мм

Проверку на прочность подземного трубопровода в продольном направлении проведем из условия:

$$|\sigma_{np.N}| \leq \Psi_2 R_1 \quad (10)$$

где: $\sigma_{np.N}$ - продольное осевое напряжение от расчетных нагрузок и воздействий, МПа, определяемое согласно п. 8.25 СП 36.13330.2012;

Ψ_2 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб [19], при растягивании осевых продольных напряжениях ($\sigma_{np.N} \geq 0$) принимаемым равным единице, при сжимающих ($\sigma_{np.N} < 0$) определяемый по формуле:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0.75 \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1} \right)^2} - 0.5 \frac{\sigma_{кц}}{R_1}, \quad (11)$$

где: $\sigma_{кц}$ - кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{кц} = \frac{npD_{вн}}{2\delta_n} = \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,704}{2 \cdot 0,008} = 58,08 \text{ МПа} \quad (12)$$

Тогда:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{58,08}{307,83 \cdot 10^6} \right)^2} - 0,5 \frac{58,08 \cdot 10^6}{307,83 \cdot 10^6} = 0,9056, \quad (13)$$

Где: δ_n – номинальная толщина стенки трубы, м.

$$|\sigma_{np.N}| \leq \psi_2 R_1 \quad (14)$$

$$|\sigma_{np.N}| \leq 0,9056 \cdot 307,83$$

$$|-110,99| \leq 278,77$$

Условие выполняется.

Проверку общей устойчивости подземного трубопровода в продольном направлении в плоскости наименьшей жесткости системы произведем из условия:

$$S \leq m N_{кр} \quad (15)$$

где: S – эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода, H , определяемое согласно п. 8.29;

$N_{кр}$ – продольное критическое усилие (H), при котором наступает потеря продольной устойчивости трубопровода. $N_{кр}$ следует определять согласно правилам строительной механики с учетом принятого конструктивного решения и начального искривления трубопровода в зависимости от глубины его заложения, физико-механических характеристик грунта [6], наличия балласта[23], закрепляющих устройств с учетом их податливости [17].

Эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода S определяем от расчетных нагрузок и воздействий [19] с учетом продольных и поперечных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики [7].

В частности, для прямолинейных участков трубопроводов и участков, выполненных упругим изгибом [16], при отсутствии компенсации продольных перемещений [20], просадок и пучения грунта фактическое эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода S , H , определяется по формуле:

$$S = [(0,5 - \mu) \sigma_{кш} + \alpha E \Delta t] F \quad (16)$$

F – площадь поперечного сечения металла трубы:

$$F = \frac{\pi}{4} (D_{н}^2 - D_{вн}^2) = \frac{3,14}{4} (0,72^2 - 0,704^2) = 0,0178 \text{ м}^2 \quad (17)$$

$$S = \left[(0,5 - \mu) \sigma_{\kappa\kappa} + \alpha E \Delta t \right] F = \left[(0,5 - 0,3) \cdot 58,08 \cdot 10^6 + 0,000012 \cdot 206000 \cdot 10^6 \cdot 44,9 \right] \cdot 0,0178 = 2,182 \cdot 10^6 \text{ Н};$$

Расчет осевого момента инерции поперечного сечения трубы:

$$J = \frac{\pi}{64} (D_{\text{н}}^4 - D_{\text{вн}}^4) = \frac{3,14}{64} (0,72^4 - 0,704^4) = 1,133 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4. \quad (18)$$

Расчет нагрузки от собственного веса 1 м металла трубы:

$$q_M = n_{CB} \cdot \gamma_M \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2) = 0,95 \cdot 78500 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (0,72^2 - 0,704^2) = 1352,5 \text{ Н / м}, \quad (19)$$

где n_{CB} – коэффициент надежности по нагрузкам от действия собственного веса при расчете на продольную устойчивость положения равный 0,95;

γ_M – удельный вес металла, из которого изготовлены трубы, для стали 78500 Н/м³;

Нагрузку от веса изоляции принимаем равной 10% от собственного веса 1 м металла трубы $q_{\text{и}} = 135,25 \text{ Н/м}$.

Нормативный вес транспортируемого газа в 1 м трубопровода вычислим по формуле (20) СП 36.13330.2012:

$$q_{\text{газ}} = 10^{-2} \cdot P \cdot D_{\text{вн}}^2 = 10^{-2} \cdot 1,2 \cdot 0,704^2 = 59,47 \text{ Н/м} \quad (20)$$

где: $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы, м;

То есть нагрузка от собственного веса заизолированного трубопровода с транспортируемым газом:

$$q_{\text{тр}} = q_M + q_{\text{из}} + q_{\text{газ}} = 1352,5 + 135,25 + 59,47 = 1547,22 \text{ Н/м}. \quad (21)$$

Расчет сопротивления грунта продольным перемещениям трубопровода:

$$P_{zp} = \frac{2n_{гр} \gamma_{гр} D_n \left[\left(h_0 + \frac{D_n}{8} \right) + \left(h_0 + \frac{D_n}{2} \right) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_{zp}}{2} \right) \right] + q_{тр}}{\pi D_n} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 19000 \cdot 0,72 \left[\left(1 + \frac{0,72}{8} \right) + \left(1 + \frac{0,72}{2} \right) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{20^\circ}{2} \right) \right] + 1547,5}{3,14 \cdot 0,72} =$$

$$= 17525,514 \text{ Па} \quad (22)$$

где:

$n_{гр}$ - коэффициент надежности по нагрузке от веса грунта,
принимается равным 0,8;

$\gamma_{гр}$ - удельный вес суглинистого грунта 19000 Н/м^3 ;

h_0 – высота слоя засыпки от верхней образующей трубопровода
до поверхности грунта, м ;

$\phi_{гр}=20^\circ$ – угол внутреннего трения суглинистого грунта;

Сопротивление грунта продольным перемещениям отрезка
трубопровода единичной длины:

$$P_0 = \pi D_n (C_{гр} + P_{zp} \cdot \operatorname{tg} \phi_{гр}) = 3,14 \cdot 0,72 (15000 + 17525,514 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) = 122552,07 \text{ Па}; \quad (23)$$

где: $C_{гр}$ – коэффициент сцепления грунта, 15 кПа ;

Сопротивление вертикальным перемещениям отрезка трубопровода
единичной длины:

$$q_{верт} = n_{гр} \cdot \gamma_{гр} \cdot D_n \left(h_0 + \frac{D_n}{2} - \frac{\pi D_n}{8} \right) + q_{тр} =$$

$$= 0,8 \cdot 19000 \cdot 0,72 \left(1 + \frac{0,72}{2} - \frac{3,14 \cdot 0,72}{8} \right) + 1547,22 = 13338,28 \text{ Н / м} \quad (24)$$

Продольное критическое усилие для прямолинейных участков в случае
пластической связи трубы с грунтом находим по формуле:

$$N_{кр}^{(1)} = 4 \sqrt[11]{P_0^2 \cdot q_{верт}^4 \cdot F^2 \cdot E^5 \cdot J^3} =$$

$$= 4 \sqrt[11]{40717,52^2 \cdot 11002,096^4 \cdot 0,016^2 \cdot (206000 \cdot 10^6)^5 \cdot 0,00113^3} = 7,35 \cdot 10^6 \text{ Н} \quad (25)$$

Следовательно по условию (1.17):

$$S \leq mN_{\text{кр}}^{(1)},$$

$$m \cdot N_{\text{кр}}^{(1)} = 0,825 \cdot 7,35 \cdot 10^6 = 6,06 \cdot 10^6 \text{ Н};$$

$$2,1824 \cdot 10^6 \leq 6,06 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

Условие выполняется.

Продольное критическое усилие для прямолинейных участков в случае упругой связи с грунтом находим по формуле:

$$N_{\text{кр}}^{(2)} = 2\sqrt{k_0 \cdot D_H \cdot E \cdot J} = 2\sqrt{30 \cdot 10^6 \cdot 0,72 \cdot 206000 \cdot 10^6 \cdot 1,133 \cdot 10^{-3}} = 142,006 \text{ Н}$$

где: k_0 - коэффициент постели грунта при сжатии, для глины тугопластичной 30 МН/м³;

Следовательно:

$$S \leq mN_{\text{кр}}^{(2)}$$

$$m_0 N_{\text{кр}}^{(2)} = 0,825 \cdot 142,006 = 117,155 \text{ Н},$$

$$2,1824 \cdot 10^6 \leq 117,155 \cdot 10^6,$$

Условие выполняется.

Вывод: Расчет показал, что обеспечена общая устойчивость прямолинейных участков трубопровода. Толщина стенки составляет 8 мм, что обеспечивает необходимые прочностные свойства и соответствует фактическому значению.

2 Технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

2.1. Инновационные методы и средства обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

Существует несколько технологий, которые обеспечивают безопасную транспортировку нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам:

Системы мониторинга и контроля – это технология, которая использует сенсоры и инструменты, чтобы наблюдать за потоком нефтепродуктов в реальном времени. Эта система позволяет операторам уведомляться о любых отклонениях в работе и производить регулярный мониторинг.

Искусственный интеллект – это технология, которая способна автоматически анализировать данные и совершать решения без участия оператора. Интеллектуальные системы могут быстро перехватывать и обрабатывать большое количество информации, что позволяет действовать быстрее и точнее, что повышает безопасность транспортировки.

Регулярные проверки и обслуживание – это технологии профилактического характера. Системы регулярных проверок и обслуживания помогают избежать различных проблем, связанных с потерей или утечкой нефтепродуктов, а также снижают вероятность поломок и аварий [12].

Однако необходимо понимать, что ни одна технология не может обеспечить абсолютную безопасность. Все системы и технологии должны использоваться в сочетании с человеческой экспертизой и профессионализмом операторов, чтобы гарантировать безопасность транспортировки.

Согласно статистике аварий в нефтегазовой отрасли за 2011-2021 год представленном на рисунке 1, демонстрируется достаточно серьезный процент величины разрушений.

Статистика аварий в нефтегазовой отрасли за 2011-2021 год

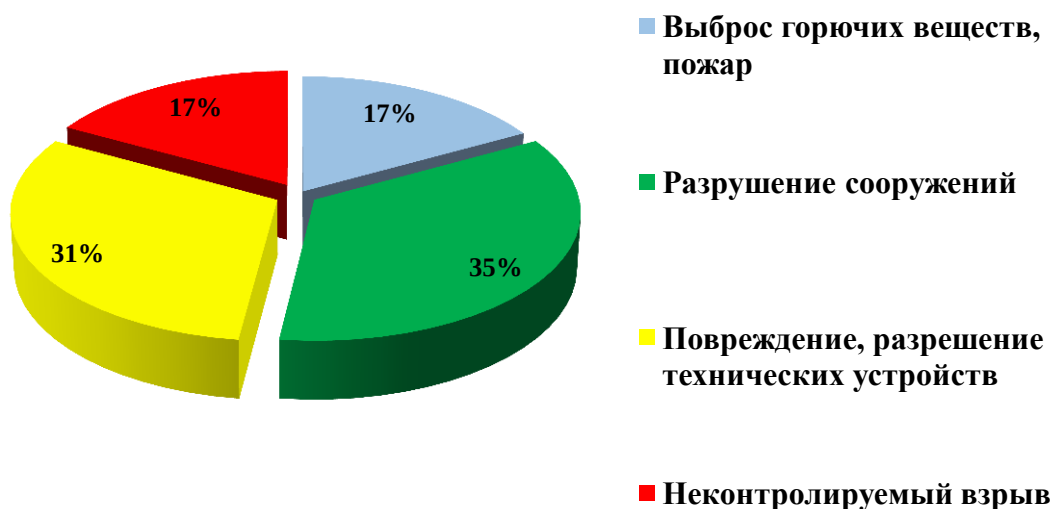


Рисунок 1 Статистика аварий в нефтегазовой отрасли за 2011-2021 год

В ходе анализа также были выявлены основные причины этих аварий. Они делятся на две группы:

Технические аварии:

- разрушение или неисправность оборудования из-за коррозионного износа (27 случаев);
- разрушение вследствие внешнего механического воздействия (37 случаев);
- несчастные случаи в результате нарушений при проведении ремонтных работ (2 случая);
- потеря герметичности оборудования (9 случаев);
- отказ оборудования (9 случаев).

Организация:

- отсутствие надлежащего производственного контроля (34 случая) [30];
- работа без необходимых соглашений и уведомлений от организации (22 случая);
- нарушение порядка проведения ремонтных работ (3 случая);
- нарушение порядка проведения работ по пожарной безопасности (3 случая);
- недостаточная квалификация персонала (8 случаев);
- несоблюдение правил промышленной безопасности (4 случая).

Анализируя количество и характер несчастных случаев за этот период, можно сделать вывод, что их количество уменьшается из года в год, но общий экономический ущерб увеличивается. Этот факт, наряду с увеличением числа жертв, указывает на то, что некоторые несчастные случаи с каждым годом становятся все более опасными и разрушительными.

Внедрение технологии искусственного интеллекта в качестве вспомогательного инструмента для анализа и управления является значимым фактором для обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов и природного газа по трубопроводам. Выработанные ИИ алгоритмы способны просчитать вероятности аварий и несчастных случаев после каждого совершенного действия, после чего персоналу придет уведомление от системы. Понимая величину риска и степень его роста по мере совершения тех или иных действий, складывается точная оценка действий персонала. Согласно теоретическим исследованиям, внедрение ИИ сократит количество аварий посредством упреждающих мер, в виде предупреждения сотрудников и немедленном уведомлении вышестоящего руководства, с целью предотвращения действия в стрессовом состоянии сотрудников нефтегазовой компании. Величина снижения аварийности приведена на рисунке. 2

Статистика аварий в нефтегазовой отрасли за 2011-2021 год

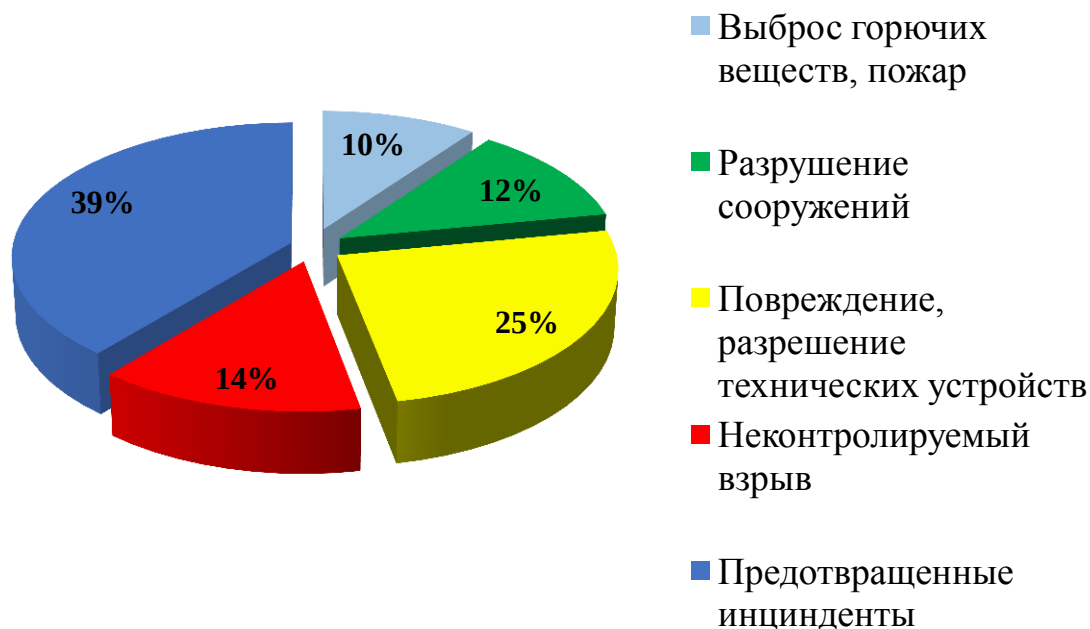


Рисунок 2 Предварительные данные с участием ИИ в тех. процессах

Значимыми результатами можно обозначить следующие пункты:

- Персонал обучается и способен детально ознакомить с последствиями тех или иных последствия своих действий при подборе параметров транспортировки нефтепродуктов и природного газа;
- Аварийность значительно снизится, поскольку анализ ЧС прошлых лет будет заложен в программу, которая в свою очередь составляет алгоритмы и актуализирует их в соответствии с новыми стандартами [18];
- Своевременное информирование о состоянии трубопровода позволит получать достоверную информацию и вовремя проводить соответствующие ремонтные мероприятия ;

- Создание новых рабочих мест, поскольку ИИ является автономным только в заданных границах использования. Обновление баз данных, стандартов, профилактика функционирования – базовый и требуемый перечень для бесперебойной работы системы.

Для безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам можно комбинировать следующие способы и методы:

Контроль давления в трубопроводах с помощью датчиков давления. Они могут автоматически перекрыть поток продукта, если давление в трубопроводе превышает допустимое значение, что поможет предотвратить возможные аварии [32].

Пожарные установки, которые определяются вдоль длины продуктопровода. Это может быть система пассивного пожаротушения, с помощью которой производится химическая обработка и закрытие трубы при пожаре, а также система активного пожаротушения, в которой используются водные, пенные и газовые средства для тушения пожара.

Методы перекачки, которые позволяют избежать резких изменений давления и температуры, что может привести к разрыву трубопровода. Например, можно использовать гидравлические затворы или клапаны, которые позволяют регулировать скорость перекачки.

Важным является также регулярная проверка состояния трубопровода и его ремонт, чтобы предотвратить возможность утечки продукта или повреждения трубы [26].

Системы мониторинга и контроля, которые позволяют отслеживать состояние трубопровода, давление, температуру и другие параметры в режиме онлайн, также могут существенно повысить безопасность транспортировки нефтепродуктов.

Внедрение технологий искусственного интеллекта поможет не только повысить эффективность работы отрасли, но и уменьшить риски человеческих ошибок и негативного влияния на окружающую среду.

Искусственный интеллект может быть использован для оптимизации процессов нефтегазовой транспортировки. Например, для улучшения маршрутной оптимизации и планирования доставки, производственных расчетов и управления запасами.

Использование алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей может помочь в прогнозировании инцидентов и аварий на транспорте, что повысит безопасность перевозок.

Также, искусственный интеллект может быть использован для оптимизации процессов мониторинга состояния трубопроводов и оборудования и для автоматического определения неисправностей и потенциальных угроз для безопасности и производительности.

Наконец, искусственный интеллект может помочь в улучшении прогнозирования и анализа рыночных тенденций, что поможет компаниям быстрее реагировать на изменения в окружающей среде и принимать более эффективные бизнес-решения.

Искусственный интеллект может помочь в повышении безопасности трубопроводов путем анализа большого объема данных, включая информацию о состоянии труб, метаданные, окружающую среду и другие параметры.

Алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа данных и выявления потенциальных проблем, которые могут стать угрозой безопасности трубопроводов. Например, искусственный интеллект может помочь в обнаружении утечек, коррозии, механических повреждений и других проблем, которые могут потенциально повлиять на безопасность трубопроводов.

Кроме того, искусственный интеллект может использоваться для прогнозирования будущих проблем на основе уже существующих данных. Это позволяет оперативно реагировать на опасные ситуации и минимизировать потенциальные риски.

В целом, использование искусственного интеллекта в анализе баз данных может значительно повысить безопасность трубопроводов и защитить окружающую среду от возможных аварий.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в России может быть выгодным для различных отраслей экономики, начиная от производства и заканчивая медициной и финансами.

В производстве ИИ может быть использован для оптимизации процессов производства, автоматизации и улучшения качества продукции и повышения безопасности на производстве.

В медицине ИИ может помочь в диагностике заболеваний и прогнозировании развития болезней, что может значительно улучшить качество жизни пациентов.

В финансовой сфере ИИ может использоваться для анализа рынка, предсказания цен на акции и принятия решений по инвестициям.

Кроме того, использование ИИ может снизить затраты на трудовые ресурсы и повысить производительность, что может быть выгодным для большинства компаний и организаций.

Однако, перспективы использования ИИ в России зависят от развития технической базы, наличия высококвалифицированных специалистов и инвестиций в данную сферу. Несмотря на это, Россия уже имеет некоторые достижения в сфере ИИ, и, судя по развитию глобальной экономики, этот тренд будет продолжаться в будущем.

Существуют и определенные методики расчета, формула безопасности эксплуатации трубопровода при транспортировке нефтепродуктов зависит от многих факторов, включая материал трубопровода, давление и температуру внутри трубопровода, атмосферное давление, климатические условия, географическое положение трубопровода и др.

Однако, некоторые основные формулы, используемые для расчета безопасной эксплуатации трубопровода при транспортировке нефтепродуктов, могут включать следующие параметры:

Расчет гидравлических параметров – например, расчет давления, скорости, расхода жидкости внутри трубопровода при помощи уравнения Бернулли, уравнения сохранения массы, уравнения сохранения энергии и др.

Расчет термических параметров – например, расчет температуры жидкости и трубопровода, определение тепловых потоков, коэффициентов теплоотдачи и др.

Расчет общей механической прочности трубопровода – например, расчет толщины стенки трубы, допускаемых напряжений в материале трубы, расчет возможных деформаций и др.

Расчет стойкости трубопровода к коррозии – например, оценка скорости коррозионного износа, прогнозирование времени эксплуатации трубопровода до достижения допустимого уровня коррозии, выбор методов защиты от коррозии и др.

Это только некоторые из возможных формул для расчета безопасности эксплуатации трубопровода при транспортировке нефтепродуктов. Надежность расчетов зависит от точности учета всех факторов, влияющих на эксплуатацию трубопровода.

Работа на предприятиях нефтегазовой промышленности связана с опасными производственными процессами, которые порождают риски, связанные с чрезвычайными ситуациями, и требуют быстрого реагирования высококвалифицированного персонала., в учебных центрах и лабораториях образовательных учреждений энергетической и нефтегазовой промышленности возникает проблема недостаточной насыщенности современным оборудованием, и в то же время на ограниченных территориях имеется большое количество громоздких, устаревших макетов и наглядных пособий.: Также большие проблемы возникают при организации дистанционного обучения по части практических занятий.

Важным фактором является мышление молодежи, погруженной в цифровые технологии, поэтому цифровая система обучения станет эффективным инструментом для подготовки будущих кадров нефтегазового

сектора восточного региона. учитывая нынешний уровень развития информационных технологий, очевидным решением является симбиоз "компьютеризации" и обучения в сфере транспортировки, хранения и переработки нефти и газа:

В связи с этим авторы предлагают модель компьютерного тренажера, направленную на подготовку высококвалифицированных кадров, отвечающих новым требованиям к основным компетенциям цифровой экономики, повышение эффективности теоретической подготовки, приобретение практических навыков тех, кто обладает цифровыми компетенциями, обучающихся по программам соответствующего высшего и среднего профессионального образования., которые ориентированы на цифровой образовательный комплекс, состоящий из вышеуказанных модулей, в дальнейшем может быть интегрирован в виде цифровой рабочей среды в "рабочие программы по предметам" профиля "Нефтегазовое дело".

Основной ощутимой проблемой является недостаточная разработка системы обучения, направленной на действия оператора коммерческой нефтебазы, поскольку нефтяная база является стратегически и экономически важным объектом, отвечающим за приемку, хранение и зачку готовых нефтепродуктов., на этой основе и с учетом неоспоримой эффективности и полезности использования компьютерных систем обучения разработка компьютерного тренажера для оператора коммерческой нефтяной базы является важной и осуществимой задачей., учитывая это, авторы, взяв за основу существующую технологию и конструкцию, не только смоделировали собственную программу, но и внесли в нее изменения, существенно отличающиеся от аналогов. примером такого изменения является добавление функции "принцип работы" к режиму "Анатомия оборудования нефтебазы, аналогов такого отображения нет, но эта функция очень важна для освоения основ изучения оборудования в эксплуатации (задвиги, шаровые краны, центробежные насосы и т.д.). Разработанные

авторами тренажеры основаны на изучении использования аварийных ситуаций и методов их устранения.

Таким образом, можно сделать вывод, что нефтегазовая промышленность выиграет от использования искусственного интеллекта как средства повышения производительности и оптимизации процессов. Хотя интеграция ИИ в существующие системы может быть не слишком сложной задачей, крайне важно, чтобы компании адаптировали свои подходы с учетом индивидуальных особенностей. Хотя разработка и внедрение систем ИИ может потребовать значительных затрат как ресурсов, так и времени, потенциальный выигрыш в эффективности и снижении затрат делает такие затраты оправданными в долгосрочной перспективе. Хотя обучение систем искусственного интеллекта может потребовать значительных затрат времени и ресурсов, по мере роста объема данных и усложнения алгоритмов скорость и эффективность систем ИИ будут расти.

Для реализации безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным трубопроводам с использованием искусственного интеллекта необходимо начать с установки датчиков и устройств контроля по всей трубопроводной системе. Эти устройства собирают данные, которые затем анализируются с помощью компьютерных алгоритмов, способных выявлять любые потенциальные проблемы, которые могут возникнуть при транспортировке нефтепродуктов.

2.2 Адаптация методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

Адаптация методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам - это процесс, который имеет целью приспособить уже существующие методы и средства транспортировки к требованиям безопасности транспортировки нефтепродуктов.

Одним из основных методов безопасной транспортировки является мониторинг состояния магистральных продуктопроводов. Для этого на продуктопроводах могут быть размещены датчики, которые могут измерять такие параметры, как давление, температура и дебит нефтепродуктов. Данные датчики могут передавать информацию на центральный сервер для анализа и мониторинга состояния продуктопроводов.

Важными элементами при транспортировке нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам также являются системы противоаварийной защиты. В случае аварийной ситуации они могут быстро отключить транспортную систему и предотвратить возможные аварийные ситуации, такие как протечки нефти или опасные токсичные выбросы.

Важным элементом безопасной транспортировки нефтепродуктов является обучение персонала, осуществляющего эксплуатацию продуктопроводов, и проведение регулярных технических инспекций и обслуживаний магистральных продуктопроводов [28].

Адаптация методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам также может включать использование современных технологий, таких как искусственный интеллект и интернет вещей, для обнаружения и предотвращения возможных аварийных ситуаций.

Таким образом, адаптация методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам является важным фактором, который позволяет обеспечить безопасность транспортировки нефтепродуктов и снизить риски возникновения аварийных ситуаций и экологических катастроф.

Адаптация искусственного интеллекта и вспомогательных систем обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам является важным шагом в повышении эффективности и безопасности транспортировки. Данные системы могут обеспечить постоянный мониторинг трубопроводов, отслеживая любые

изменения в процессе транспортировки продуктов, такие как изменение температуры, давления и скорости потока.

Использование систем искусственного интеллекта также позволяет быстро реагировать на любые возможные аварийные ситуации, и предпринимать необходимые действия для предотвращения негативных последствий. Такие системы могут автоматически принимать решения и управлять работой трубопровода, используя алгоритмы машинного обучения и искусственные нейронные сети.

Кроме того, системы вспомогательного оборудования, такие как сенсоры и контрольные устройства, также могут использоваться для обеспечения безопасности и эффективности транспортировки нефтепродуктов. Например, системы мониторинга технического состояния могут использоваться для предотвращения утечек нефти и газа, а также для обеспечения соответствия стандартам безопасности и экологическим нормам.

Искусственный интеллект можно разделить на несколько типов, в зависимости от времени появления:

Символьный ИИ (1950-е годы) - представительство знаний исходило из высокоуровневых символов, например, из языка программирования [29].

Коннекционный ИИ (1980-е годы) - представление знаний исходило из низкоуровневых соединений и взаимодействия нескольких элементов.

Гибридный ИИ (1990-е годы) - сочетание символьных и коннекционных методов.

Машинное обучение (2010-ные годы) - методы, которые позволяют системе учиться самостоятельно, на основе больших объемов данных.

Глубокое обучение (2010-ые годы) - методы машинного обучения, использующие многоуровневые нейронные сети, для обработки и анализа сложных данных.

В настоящее время, благодаря развитию технологий и новым подходам к обучению, ИИ становится все более широко применяемым в различных

сферах нашей жизни - от медицины, до финансов и автомобильной промышленности.

В итоге, применение искусственного интеллекта и вспомогательных систем оборудования становится все более важным для обеспечения безопасности и эффективности транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам. В процессе развития технологий автоматизации и умных систем, эти решения будут только усовершенствоваться и обеспечивать более высокий уровень безопасности в отрасли нефтегазовой промышленности.

Существует несколько способов объединить системы безопасности транспортировки нефтепродуктов по трубопроводу для максимального эффекта и подготовки к разным сценариям:

Использование одной единой платформы управления безопасностью трубопроводов, которая будет объединять все системы безопасности и позволит оперативно реагировать на любые возможные угрозы.

Установка дополнительных защитных устройств на всем протяжении трубопровода, которые будут срабатывать в случае утечек или других аварийных ситуаций.

Регулярное обучение персонала, ответственного за безопасность трубопровода, при помощи симуляторов и тренингов.

Проведение регулярного технического осмотра трубопроводов и его компонентов с помощью специального оборудования, что позволит выявить возможные проблемы на ранних стадиях.

Разработка и регулярное обновление планов эвакуации и аварийного реагирования, которые будут готовить персонал к различным возможным ситуациям.

Разработка протоколов для работы с различными подрядчиками в рамках транспортировки нефтепродуктов по трубопроводу, чтобы убедиться, что все подрядчики соблюдают стандарты безопасности и не создают никаких угроз для трубопровода.

Все эти меры должны быть объединены в единую стратегию безопасности, которая позволит максимально защитить трубопровод от любых угроз и обеспечить безопасную транспортировку нефтепродуктов.

Блок схема одного из вариантов применения искусственного интеллекта в качестве редактора алгоритмов и возможного их применения на практике. Пример разработанной блок схемы представлен на рисунке 3.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что искусственный интеллект имеет потенциал для улучшения производительности и оптимизации процессов в нефтегазовой промышленности. Его внедрение может быть относительно легким, но для успешной адаптации он должен быть интегрирован в существующие системы и процессы с учетом особенностей каждой конкретной компании. Разработка и внедрение систем искусственного интеллекта может требовать высоких затрат как по времени, так и по финансам, но эти затраты могут окупаться за счет повышения эффективности и снижения издержек. Обучение систем искусственного интеллекта может потребовать времени и усилий, но с возрастанием объема данных и улучшением качества алгоритмов, скорость адаптации и эффективность систем искусственного интеллекта будут расти.

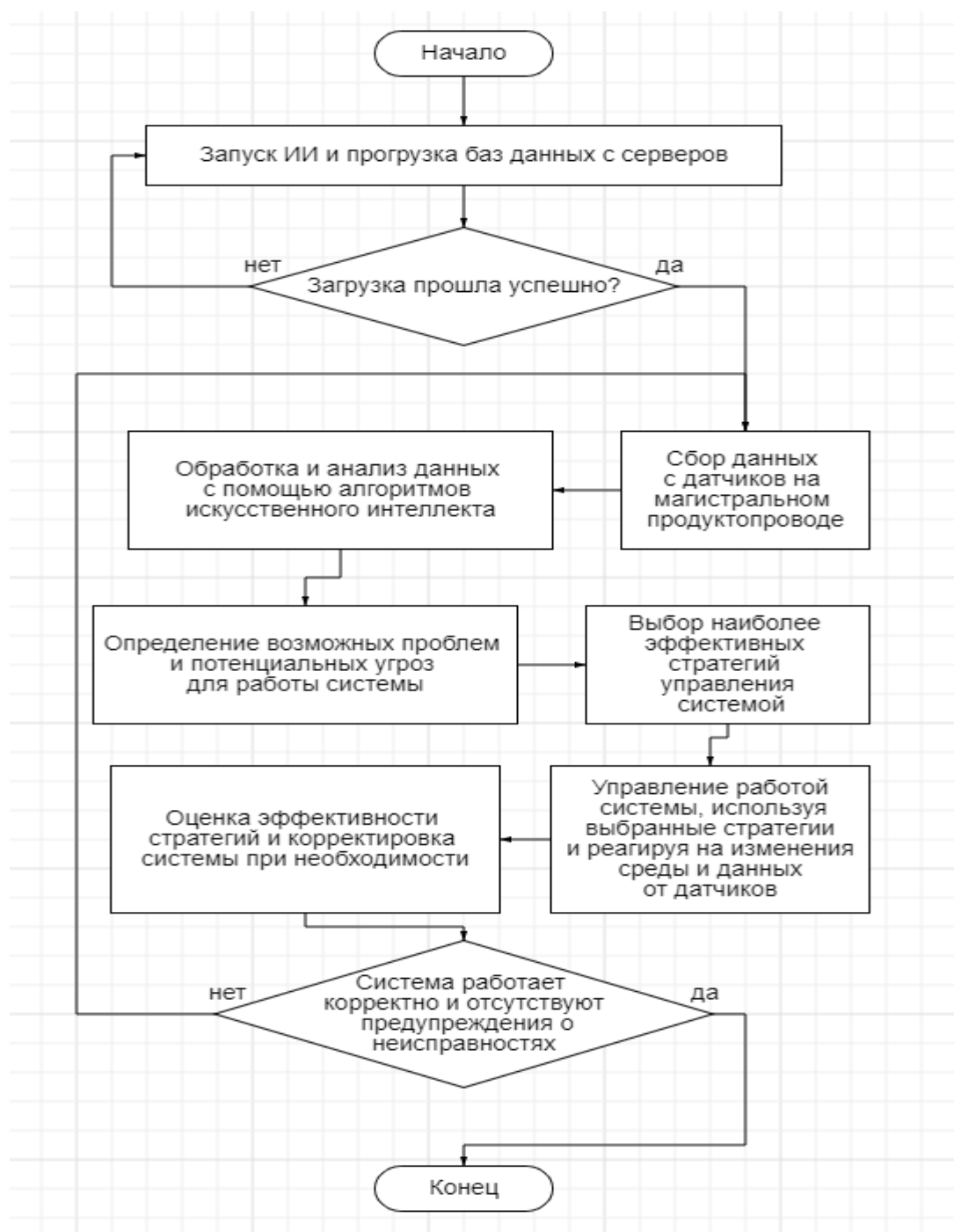


Рисунок 3 Блок-схема алгоритмизации процесса с использованием искусственного интеллекта

3 Практика применения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

3.1 Технология внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

Внедрение искусственного интеллекта и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам начинается с установки датчиков и сенсоров на всей трубопроводной системе для мониторинга. Данные, полученные от этих устройств, анализируются с использованием компьютерных алгоритмов, которые позволяют выявить возможные проблемы при транспортировке нефтепродуктов. Для анализа и мониторинга состояния нефтепроводов и газопроводов, искусственный интеллект может использовать данные с датчиков, установленных на оборудовании и в различных точках транспортной сети. На основе этих данных, алгоритмы машинного обучения могут определить характеристики транспортной системы и выявлять признаки ухудшения ее состояния. Использование искусственного интеллекта позволяет более точно определить прогнозируемые проблемы и ошибки перед тем, как они приведут к аварии. Например, при обнаружении отклонения от заданных параметров, таких как давление, температура и поток чрезвычайного газа, система автоматически выдаст предупреждение оператору. Средства обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам также включают автоматические системы управления, которые могут регулировать скорость потока продукта, чтобы предотвратить перенапряжение на трубопроводном оборудовании. Эти системы также имеют возможность быстро реагировать на аварийные ситуации и автоматически приостанавливать транспортировку нефтепродуктов, если это необходимо.

В результате внедрения искусственного интеллекта и средств обеспечения безопасной транспортировки повышается эффективность использования ресурсов, снижается количество аварий и рисков для окружающей среды [31]. Кроме того, это позволяет сэкономить время и средства на обслуживание и ремонт оборудования.

Существует множество алгоритмов и моделей искусственного интеллекта, которые могут использоваться для вычисления вероятности аварий на магистральных продуктопроводах и управления системами предохранения от аварий. Некоторые из них включают в себя нейронные сети, генетические алгоритмы, кластерный анализ и байесовские сети.

Для предотвращения аварий и повышения безопасности транспортировки нефти и газа, системы искусственного интеллекта могут применять различные методы анализа и прогнозирования, например, основанные на анализе статистических данных и моделировании возможных аварийных ситуаций.

Для внедрения систем искусственного интеллекта в нефтегазотранспортную компанию необходимо оборудование, способное собирать и передавать данные с датчиков, а также сервера и облачная инфраструктура для обработки больших объемов данных и обучения алгоритмов машинного обучения. Стоимость такого оборудования может значительно отличаться в зависимости от объемов транспортируемых ресурсов и области применения систем искусственного интеллекта.

Исследование в магистерской диссертации на тему технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам важно по нескольким причинам.

Во-первых, нефтепродукты являются одними из самых опасных грузов, которые перевозят по магистральным продуктопроводам, из-за высокой воспламеняемости и токсичности. Незнание или неправильное применение технологий обеспечения безопасности при их транспортировке может

привести к авариям и катастрофам, которые могут иметь серьезные последствия для окружающей среды и людей.

Во-вторых, магистральные продуктопроводы являются чрезвычайно важными объектами, поскольку нефтегазовая промышленность является стратегически важным сектором экономики для многих стран. Ущерб, причиненный аварией на магистральном продуктопроводе, может привести к значительным экономическим потерям.

В-третьих, технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам постоянно развиваются, и их улучшение может сделать транспортировку нефтепродуктов более надежной и безопасной.

В-четвертых, степень безопасности транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам может оказать влияние на принятие решений, связанных с развитием и строительством новых продуктопроводов. Правильное применение технологий обеспечения безопасности может уменьшить риски аварий и катастроф и, следовательно, способствовать дополнительному расширению транспортной инфраструктуры.

В будущем на нефтегазовых предприятиях можно будет развивать технологии обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам, используя следующие методы:

Использование инновационных материалов для строительства продуктопроводов. Это может быть использование полимерных материалов, которые обладают высокой коррозионной стойкостью и высокой прочностью. Такие материалы позволят увеличить долговечность продуктопровода и снизить расходы на его ремонт.

Развитие системы мониторинга продуктопроводов. Мониторинг, осуществляемый с помощью сенсоров и датчиков, позволяет оперативно выявлять любые неисправности и аварийные ситуации на продуктопроводе. Это позволит оперативно предпринимать меры по устранению проблем и обеспечивать безопасную транспортировку нефтепродуктов.

Использование систем автоматизации транспортировки нефтепродуктов. Современные системы автоматизации обеспечивают прецизионный контроль за транспортировкой нефтепродуктов и позволяют быстро реагировать на любые аварийные ситуации. Это позволит снизить риск возникновения непредвиденных ситуаций на продуктопроводах.

Разработка программы по обучению сотрудников. Обучение сотрудников позволит им повысить квалификацию и получить необходимые знания по безопасной эксплуатации продуктопроводов. В результате улучшится безопасность транспортировки нефтепродуктов со стороны персонала, что поможет снизить количество аварийных ситуаций и повысить эффективность работы устройств.

В современных нефтегазовых компаниях компьютерные алгоритмы широко применяются в процессах транспортировки нефти и газа. Это связано с тем, что эти процессы являются сложными и требуют точной координации многих параметров, которые могут влиять на эффективность и безопасность перевозки.

Одним из наиболее распространенных алгоритмов для оптимизации транспорта нефти и газа является алгоритм маршрутизации. Он позволяет выбирать наиболее эффективные маршруты для перевозки нефти и газа, учитывая различные факторы, такие как расстояние, стоимость перевозки, необходимость проезда через промышленные или населенные пункты, наличие конкурирующих перевозчиков и т.д.

Еще одним важным алгоритмом для нефтегазовых компаний является алгоритм управления запасами. С его помощью можно оптимизировать запасы нефти и газа на транспортерах, складах и терминалах. Алгоритм учитывает спрос на нефть и газ, текущие запасы, сезонные колебания и т.д. Это позволяет компаниям минимизировать затраты на хранение и управление запасами, уменьшать маржинальные затраты и повышать эффективность всей системы транспортировки нефти и газа.

Однако, наряду с перечисленными алгоритмами, в нефтегазовых компаниях применяются и другие алгоритмы, такие как алгоритмы прогнозирования спроса, алгоритмы управления состоянием и техническим обслуживанием транспортеров, алгоритмы управления рисками и многие другие. В целом, компьютерные алгоритмы являются неотъемлемой частью производственных процессов в нефтегазовых компаниях, которые позволяют управлять сложными процессами транспортировки нефти и газа, снижать затраты и повышать эффективность всей системы.

Технология, которая позволяет машинам обучаться, анализировать данные и принимать решения на основе определенных правил и алгоритмов. В России AI начинает все чаще применяться в различных компаниях и отраслях, таких как медицина, финансы, производство и т.д.

Процесс внедрения AI в компании обычно начинается с анализа бизнес-процессов и определения задач, которые могут быть улучшены с помощью AI. Далее необходимо собрать данные и разработать модели машинного обучения, которые будут использоваться для решения задачи. Важно, чтобы данные были полными и достоверными, иначе результаты могут быть неточными.

После этого необходимо наладить инфраструктуру, которая будет использоваться для работы с AI, например, сервера и программное обеспечение. Компании могут либо покупать готовые решения у поставщиков AI, либо разрабатывать свои собственные.

Чтобы обучить модель AI, необходимо провести тренировочный процесс, который включает в себя обучение, тестирование и оптимизацию модели. Компания может использовать собственную команду специалистов по AI или нанимать внешних экспертов.

Как только модель AI полностью обучена и оптимизирована, ее можно использовать в бизнес-процессах компании, что позволит ускорить работу, оптимизировать ресурсы и повысить качество продукции или услуг.

Некоторые компании, которые успешно внедрили AI в свои бизнес-процессы и смогли систематически получать от этого прибыль, начали активно инвестировать в AI и создавать свои собственные AI-лаборатории. Например, Сбербанк создал AI-лабораторию, которая занимается разработкой продуктов, использующих искусственный интеллект, а Российские Железные Дороги создали ООО "Цифровая ЖД", которая разрабатывает свои собственные решения на базе AI. Объем инвестиций в фин-тех направлении ИИ в ковидном 2020 году составил порядка 70 млн. долларов – порядка 5 млрд. рублей, что уже является крупным финансовым и техническим проектом на территории РФ.

Подробная статистика распределения средств за 2020 год в AI – сфере РФ представлена на рисунке 4.

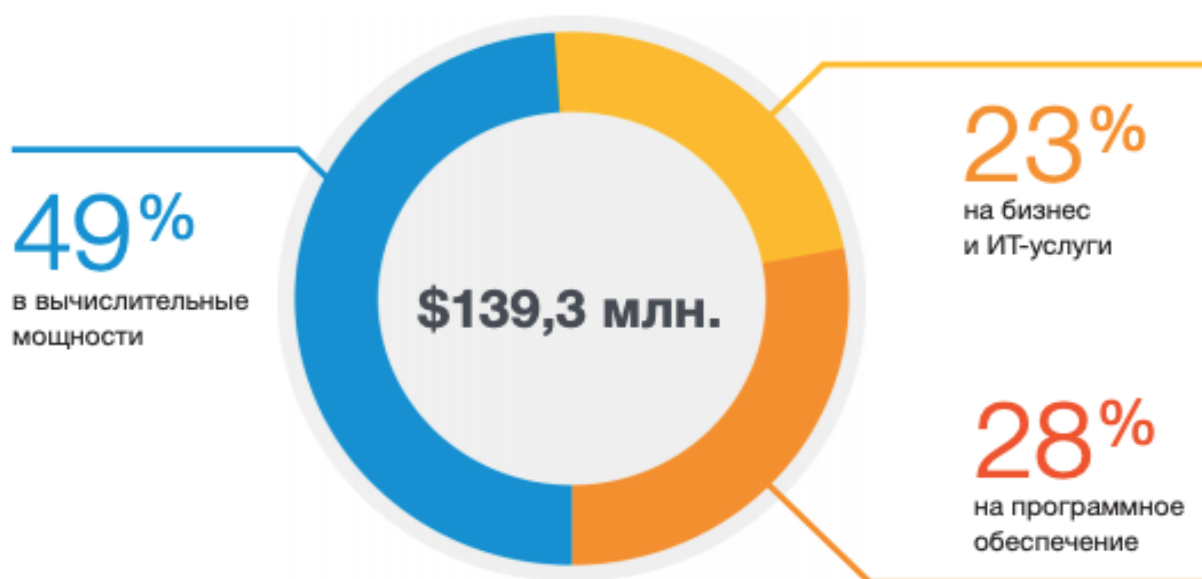


Рисунок 4 Количество инвестиций в развитие искусственного интеллекта в Российской Федерации на 2020 год.

Внедрение искусственного интеллекта и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам начинается с установки датчиков и сенсоров на всей трубопроводной системе для мониторинга. Данные, полученные от этих

устройств, анализируются с использованием компьютерных алгоритмов, которые позволяют выявить возможные проблемы при транспортировке нефтепродуктов. Для анализа и мониторинга состояния нефтепроводов и газопроводов, искусственный интеллект может использовать данные с датчиков, установленных на оборудовании и в различных точках транспортной сети. На основе этих данных, алгоритмы машинного обучения могут определить характеристики транспортной системы и выявлять признаки ухудшения ее состояния. Использование искусственного интеллекта позволяет более точно определить прогнозируемые проблемы и ошибки перед тем, как они приведут к аварии. Например, при обнаружении отклонения от заданных параметров, таких как давление, температура и поток чрезвычайного газа, система автоматически выдаст предупреждение оператору. Средства обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам также включают автоматические системы управления, которые могут регулировать скорость потока продукта, чтобы предотвратить перенапряжение на трубопроводном оборудовании. Эти системы также имеют возможность быстро реагировать на аварийные ситуации и автоматически приостанавливать транспортировку нефтепродуктов, если это необходимо.

Развитие технологий обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам в будущем будет основываться на использовании современных инновационных технологий, систем мониторинга и автоматизации, а также на обучении персонала.

Внедрение искусственного интеллекта в нефтегазовую компанию может принести огромную пользу, как для компании, так и для окружающей среды. Искусственный интеллект может повысить эффективность процессов добычи, улучшить мониторинг и контроль за техническим обслуживанием и эксплуатацией оборудования, а также помочь в управлении рисками и предотвращении аварий.

Внедрение системы мониторинга и прогнозирования технических нарушений может помочь предотвратить аварии и негативное влияние на окружающую среду, связанное с нефтепродуктами. Искусственный интеллект может определять потенциальные угрозы и автоматически активировать процедуры по реагированию на них, что поможет предотвратить утечки нефти и других вредных веществ.

Кроме того, применение искусственного интеллекта в нефтегазовой компании может снизить экологические риски на различных этапах процесса добычи, переработки и транспортировки нефти и других ресурсов. Использование инновационных технологий, таких как машинное обучение и нейронные сети, может помочь оптимизировать процессы добычи, снизить потребление ресурсов и уменьшить выбросы в атмосферу, что в свою очередь, способствует экологической безопасности.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в нефтегазовую компанию может принести значительную пользу как самой компании, так и окружающей среде, предотвращая аварии и снижая экологические риски, связанные с нефтяной промышленностью.

В 2022 году общий объем инвестиций в собственный капитал стартапов в области энергетических технологий, включая капитал роста для всех типов инвесторов, составил 21,5 миллиарда долларов.. Из них венчурный капитал на ранних стадиях, поддерживающий инновационные компании на стадии наивысшего риска, оценивается в 44 миллиарда долларов. Эта сумма меньше, чем правительства и компании тратят на исследования и разработки в области энергетики, но этот частный венчурный капитал играет важную роль в создании рынков и расширении ассортимента наиболее востребованных технологий. Однако, необходимо заметить, что инвестиции в области энергетических технологий и искусственного интеллекта имеют не только позитивные, но и негативные аспекты. Например, производство и утилизация электроники, которая является неотъемлемой частью технологий искусственного интеллекта, влечет за

собой большие экологические проблемы, такие как выбросы токсичных веществ и загрязнение почвы. Возможное увеличение объемов добычи нефти и газа в рамках использования новых технологий также может привести к увеличению экологических рисков и угрозам для окружающей среды.

Поэтому, при внедрении новых технологий необходимо учитывать их экологические последствия и работать над их минимизацией. Также, важно направлять инвестиции в развитие более экологически чистых технологий, таких как солнечные и ветряные электростанции, биотопливо и другие возобновляемые источники энергии.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в нефтегазовую компанию и инвестиции в области энергетических технологий могут принести множество пользы для компании и окружающей среды, однако необходимо учитывать их экологические последствия и работать над их минимизацией. Важно продолжать инвестировать в развитие более экологически чистых технологий, чтобы снизить экологические риски и улучшить качество промышленного производства в целом.

Доля традиционных энергетических организаций (ископаемое топливо, коммунальные услуги, оборудование и энергетические услуги) составляет все более незначительную долю инвестиций. около 23% в 2017-20 годах по сравнению с 28% в 2016-2019 годах. На долю нефтегазовых компаний пришлось около 70% инвестиций существующих энергетических компаний, и эти расходы были на 330 миллионов долларов ниже, чем в 2019 и 2020 годах.

В целом, внедрение систем искусственного интеллекта в нефтегазотранспортную компанию может значительно повысить эффективность и безопасность процесса транспортировки и сократить расходы на обслуживание и ремонт транспортных средств.

3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам

Результаты внедрения методов и средств обеспечения безопасной транспортировки нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам показали значительное улучшение показателей безопасности. Введение искусственного интеллекта позволило автоматизировать процесс контроля качества, быстро выявлять проблемы и реагировать на них. Увеличение количества датчиков на трубопроводе помогло более точно отслеживать состояние системы и своевременно реагировать на возможные угрозы[32].

Мониторинг и анализ результатов являются важной частью управления производственными процессами, так как позволяют находить проблемы в реальном времени и принимать меры для их устранения. Это также помогает оптимизировать работу системы, улучшить качество продукции и повысить эффективность производства.

Мониторинг может включать в себя проверку параметров процессов (температуры, давления, скорости потока, уровня заполнения и т.д.) и сбор данных с помощью различных сенсоров и приборов. Полученные данные анализируются в режиме реального времени для выявления аномалий и отклонений от нормальной работы. Если обнаружены проблемы, то операторы могут быстро принять меры для их устранения.

Анализ результатов позволяет определить сильные и слабые стороны производственных процессов и системы в целом. Это может включать в себя анализ данных о выпуске продукции, качестве, затратах на материалы и энергию, а также о простое оборудования и других факторах, влияющих на эффективность производства. На основе полученных данных можно разрабатывать стратегии оптимизации процессов и выбирать лучшие решения для повышения производительности и снижения издержек[33].

Постоянный мониторинг и анализ результатов являются необходимыми элементами для успешного управления производством. Они позволяют быстро выявлять проблемы и находить решения, которые помогают повысить качество продукции и обеспечить эффективную работу системы в целом.

Использование искусственного интеллекта в системах безопасности перекачки нефтепродуктов и природного газа может значительно повлиять на улучшение процессов мониторинга и управления. Автоматизированный мониторинг и управление системой, предоставляемые искусственным интеллектом, помогут снизить вероятность возникновения человеческих ошибок, таких как невнимательность и недооценка угрозы [24].

За счет быстрой обработки больших объемов данных и анализа на предмет необычных событий или внешних воздействий, алгоритмы искусственного интеллекта способны обнаружить предупреждающие сигналы о возможных проблемах. В случае обнаружения угрожающей ситуации, система может автоматически выполнять определенные действия, например, снижать давление или даже отключаться, чтобы предотвратить аварию.

Кроме того, искусственный интеллект может быть использован для обучения работников и специалистов в области безопасности на основе случаев, произошедших в прошлом. Это поможет минимизировать количество ошибок и необходимость ремонтов и замен оборудования.

В целом, применение искусственного интеллекта в безопасности перекачки нефтепродуктов и природного газа позволит значительно повысить эффективность и безопасность таких процессов. Системы, основанные на анализе прошлых аварий и использовании искусственного интеллекта для контроля текущего состояния системы, помогут снизить количество аварий на трубопроводах и обеспечить безопасность перевозки нефтепродуктов.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в безопасности перекачки нефтепродуктов и природного газа является эффективным и важным средством для обеспечения безопасной транспортировки по магистральным продуктопроводам.

Во-первых, датчики являются важной составляющей для мониторинга магистральных продуктопроводов. Установка более чувствительных датчиков на различных участках трубопровода позволит увеличить точность и скорость обнаружения любых отклонений в работе системы и быстро выявлять опасные ситуации. Такие датчики могут измерять различные параметры, такие как температура, давление, уровень жидкости и прочие.

Во-вторых, ИИ может помочь персоналу производить анализ полученных данных с датчиков, чтобы отслеживать изменения и предупреждать о нарушениях работы системы. Система ИИ будет постоянно производить анализ данных, определять степень и вероятность наступления аварийной ситуации и предпринимать действия по ее предотвращению. Система также будет учитывать и анализировать данные из всех других доступных источников (например - погодных условий, и т.д.) [25]. Это позволит быстро доставать информацию о возможных угрозах и в случае необходимости принимать меры по их устранению.

В-третьих, ИИ может помочь в проработке алгоритмов для более эффективного управления системой. Он будет учитывать большое количество данных, включая информацию об изменениях погодных условий, сезонных колебаниях спроса на продукцию и т.д., что позволит более точно и эффективно контролировать процессы транспортировки продукции по трубопроводу. Наконец, ИИ может быть полезен и в обучении персонала, работающего с магистральными продуктопроводами. Путем анализа полученных данных система ИИ сможет выявлять частые ошибки и рекомендовать лучшие практики в решении проблем.

В целом, использование ИИ для автоматизации и упрощения контроля за магистральными продуктопроводами может значительно повысить

безопасность и эффективность процесса транспортировки продукции. Реализация этих методов будет способствовать более быстрому выявлению и предотвращению аварийных ситуаций, что поможет компаниям экономить ресурсы и сохранять жизни. Все вышеуказанные меры привели к повышению безопасности и улучшению качества мониторинга процесса, а также снижению влияния человеческого фактора на него. Кроме того, обновленная система телеметрии соответствует современным технологическим стандартам, что позволяет более точно контролировать работу оборудования по транспортировке нефтепродуктов и природного газа по трубопроводам.

При несчастных случаях/инцидентах, коэффициент общего травматизма, сумма всех случаев потери рабочего времени, LTIFR, LWCIR и другие. Данные показатели позволяют сделать выводы об эффективности проводимых мероприятий и эффективности функционирования системы охраны труда.

В рамках исследования возможностей обеспечения безопасности при транспортировке нефтепродуктов в магистральных трубопроводах был проведен экономический расчет с целью определения целесообразности применения технологии искусственного интеллекта в операциях нефтегазовой компании Российской Федерации. Кроме того, учитывались сложности, связанные с поставкой и высокой стоимостью оборудования, необходимого для внедрения новых технологий.

Для 2023 года в нашей экономической ситуации назревают определенные трудности в снабжении необходимым вычислительным оборудованием. Кроме того, значительно выросли цены на необходимые компоненты и услуги по наладке технологических процессов, что может свести на нет инвестиционную привлекательность технологий искусственного интеллекта, а также соответствующих компонентов и устройств. Поскольку стоимость компонентов и устройств существенно влияет на целесообразность работы нефтегазовых компаний Российской Федерации, это может затруднить внедрение новых технологических

процессов и в целом возможности совершенствования методов безопасного транспортировки нефтепродуктов через магистральные трубопроводы.

Оценка экономической эффективности является важным этапом при принятии решения о внедрении новых технологических процессов в нефтегазовую компанию. Расчеты, в ходе которых проводится представление плана финансового обеспечения мероприятия и сметы на работу и оборудование, позволяют более точно определить затраты на внедрение новых технологических процессов и оценить их эффективность. Такой подход позволяет не только лучше организовать бизнес-процессы в предприятии, но и повысить общий уровень безопасности при транспортировке нефтепродуктов через магистральные трубопроводы за счет использования новых технологий и оборудования.

Для расчета показателей экономической эффективности предлагаемых мероприятий составлен план финансового обеспечения таблица 3 и смета расходов на мероприятие таблица 4.

Таблица 3 – План финансового обеспечения мероприятия

п/п	Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
	Установка вычислительного оборудования, серверов и подготовка персонала	План мероприятий по внедрению новых технологий обеспечения безопасности при транспортировке нефтепродуктов по трубопроводам 2023 г.	27 040 000,00	2 кв. 2024г.	Главный инженер

Таблица 4 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Ед. измерения	Кол-во	Стоимость за ед. (руб.)	ИТОГО (руб.)
Покупка высокопроизводительных серверов для обработки больших объемов данных и быстрого принятия решений	Шт.	10	1 250 000,00	12 500 000,00
Стоимость подготовки софта, настройка серверов	Шт.	1	500 000,00	500 000,00
Обучение персонала работе с оборудованием	Ед.	1	350 000,00	350 000,00
Покупка дронов и сопутствующего оборудования	Шт.	3	240 000,00	720 000,00
Приобретение высокочувствительных датчиков вибрации, температуры, колебаний и многих других специализированных сенсоров	Шт.	30	417 000,00	12 510 000
Стоимость монтажных работ, руб.	Ед.	1	460 000,00	460 000,00
Итоговая стоимость оснащения, руб.				27 040 000,00

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в нефтегазовой компании может существенно повысить эффективность и оптимизировать процессы работы в различных областях. Одним из главных преимуществ ИИ является его способность обработки больших объемов данных. Это может быть полезно для оптимизации процессов добычи нефти и газа, а также для

контроля и управления техническими параметрами оборудования, что может существенно повысить безопасность и снизить риск аварий.

Использование ИИ в нефтегазовой компании может положительно сказаться на экологии. Например, анализ данных об эмиссии парниковых газов и выбросах вредных веществ может помочь оптимизировать процессы и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Оценка эффективности внедрения ИИ в нефтегазовой компании может быть проведена путем сравнения показателей до и после внедрения технологии. Например, можно оценить сокращение затрат на излишние мероприятия и уменьшение времени, необходимого для обработки данных и принятия решений. Также можно оценить влияние ИИ на производительность, снижение затрат на обслуживание и ремонт оборудования, а также повышение качества продукции и обслуживания.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в нефтегазовой компании может значительно повысить эффективность работы, оптимизировать процессы и существенно снизить затраты на излишние мероприятия. Однако перед внедрением ИИ необходимо провести тщательную оценку рисков и возможных проблем, связанных с этой технологией, а также обучить сотрудников работе с ИИ для достижения максимальной эффективности его применения.

Экономический эффект от реализации мероприятия – это конечный результат, который возникает после реализации мероприятий и приводит к улучшению безопасности в организации за счет предотвращения возможного ущерба. Выявляя скрытые и значимые неисправности в работе трубопроводной сети, становится возможным выполнение ремонта значительно меньшими финансовыми ресурсами, в отличие от ситуаций, когда происходит неконтролируемое разрушение объекта с частичной или полной потерей его работоспособности, несущая угрозу остановки деятельности отдельно взятого участка или организации в целом. В качестве примера мы рассмотрим железнодорожную катастрофу под Уфой 1981 года с

двумя поездами - два встречных поезда № 211 «Новосибирск — Адлер» и № 212 «Адлер — Новосибирск». Причиной аварии стал взрыв газообразной смеси широких фракций лёгких углеводородов в результате неконтролируемой скрытой утечки. Человеческие потери составили 575 человек, инвалидами стали 623, экономические потери от аварии несли долговременные последствия, окончательные суммы не оглашены до сих пор. Однако, очевидным становится тот факт, что намного выгоднее экономически и значимо социально предотвращение подобных катастроф. В связи с этим, применение технологии ИИ с мониторингом являются инвестиционным вкладом организации в безопасность людей.

Экономический эффект измеряется разностью между денежным доходом от предотвращенного ущерба после реализации мероприятия и денежными расходами на осуществление мероприятия:

$$\mathcal{E}_r = Y - Z \quad (26)$$

$$\mathcal{E}_r = 90\,731\,750,43 - 27\,040\,000,00$$

$$\mathcal{E}_r = 63\,691\,750,43$$

где $\mathcal{E}_r$ – годовой экономический эффект, руб.;

Y – величина предотвращенного ущерба, руб.;

Z – затраты на реализацию мероприятия, руб.

Основной целью расчета экономического эффекта является определение эффективности. Она является одной из составляющих качества мероприятия, оценивающей отношение затрат и результатов внедрения в экономическом аспекте. Также, она позволяет определить целесообразность реализации мероприятия и его влияние на обеспечение безопасности в организации:

$$\mathcal{E} = \frac{P}{Z} \quad (27)$$

$$\mathcal{E} = \frac{63\,691\,750,43}{27\,040\,000,00}$$

$$\mathcal{E} = 235,5 \%$$

где $\mathcal{E}$ – экономическая эффективность мероприятия (предотвращение ущерба).

Чистый экономический эффект (чистый доход) представляет собой (другие названия - ЧД, Net Value, NV) сальдо денежного потока за расчетный период, т.е. превышение стоимостных оценок конечных экономических результатов над совокупными затратами трудовых, материальных, финансовых и пр. ресурсов за расчётный период и рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \mathcal{E}_t - \mathcal{Z}_t, \quad (28)$$

$$\text{ЧЭЭ} = 63\,691\,750,43 - 27\,040\,000,00$$

$$\text{ЧЭЭ} = 36\,651\,750,43 \text{ руб.}$$

где $\mathcal{E}_t$ – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

$\mathcal{Z}_t$ – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения.

Чистый дисконтированный доход ЧДД (другие названия - ЧДД, интегральный эффект, Net Present Value, NPV), это накопленный дисконтированный эффект за расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\mathcal{E}_t - \mathcal{Z}_t + A_t) \frac{1}{(1+E)^t},$$

$$\text{ЧДД} = (90\,731\,750,43 - 27\,040\,000,00) / (1 + 0,1 + 27\,040\,000,00) \quad (29)$$

$$\text{ЧДД} = 16\,801\,417,58 \text{ руб за 5 лет}$$

где $\mathcal{E}_t$ – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

Z_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге;

T – горизонт расчета;

E – норма дисконта.

Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект. При отрицательном значении ЧДД проект неэффективен.

Срок окупаемости – минимальный временной интервал (от начала осуществления мероприятия), за пределами которого ЧДД становится и в дальнейшем остается положительным:

$$T_{ок} = T - \frac{ЧДД_T}{ЧДД_{T+1} - ЧДД_T}, \quad (30)$$
$$T_{ок} = 2 - \frac{22\,546\,694,21}{29\,317\,401,15 - 22\,546\,694,21},$$
$$T_{ок} = 1,33 \text{ года} = 16 \text{ месяцев}$$

где T – год, в котором значение чистого дисконтированного дохода последний раз отрицательное;

$ЧДД_T$ – последнее отрицательное значение чистого дисконтированного дохода в период времени T ;

$ЧДД_{T+1}$ – первое положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Индекс доходности ИД, или индекс рентабельности капиталовложений, рассчитывается как:

$$ИД = \frac{\sum_{t=0}^T (\Theta_t + A_t)(1+E)^{T-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1+E)^{T-1}}, \quad (31)$$

Предположим, что годовая норма доходности составляет 10%. Тогда дисконтированные денежные потоки будут следующими:

$$\text{Год 1: } 15\,250\,000 \div (1 + 0,1) = 13\,863\,636,36 \text{ руб.}$$

$$\text{Год 2: } 11\,302\,000 \div (1 + 0,1)^2 = 8\,683\,057,85 \text{ руб.}$$

$$\text{Год 3: } 9\,890\,000 \div (1 + 0,1)^3 = 6\,770\,706,94 \text{ руб.}$$

$$\text{Год 4: } 32\,760\,000 \div (1 + 0,1)^4 = 22\,724\,194,24 \text{ руб.}$$

$$\text{Год 5: } 18\,270\,000 \div (1 + 0,1)^5 = 11\,650\,155,04 \text{ руб.}$$

Сумма дисконтированных денежных потоков равна 63 691 750,43 руб.

Первоначальные инвестиции составляют 27 040 000 руб.

Тогда ИД равен:

$$\text{ИД} = 63\,691\,750,43 \div 27\,040\,000 = 2,36$$

Индекс доходности равен 2,36, что означает, что каждый вложенный рубль принесет 2 рубля 36 копеек дохода.

ИД > 1, программа мероприятий в пределах горизонта планирования окупается, и соответственно, проект утверждается.

По результатам расчетов об эффективности предлагаемого решения можно сделать следующие выводы:

Если ориентироваться на показатели ЧДД и индекса доходности, то данный проект рентабелен, так как ЧДД с нарастающим итогом положительный и индекс доходности выше единицы. Это означает, что вложения в проект окупятся в течение рассматриваемого периода.

Применяемый принципиально новый подход к безопасности позволяет предотвращать аварии на стадии зарождения благодаря использованию заранее предусмотренных и продуманных алгоритмов, что дает возможность значительно снизить риски и повысить надежность деятельности перекачивающей организации. Все меры привели к улучшению

производственного процесса и созданию условий для более эффективной работы. Изучение финансовых показателей проекта позволяет сделать вывод о том, что данный проект, рассматриваемый на основании ЧДД и индекса доходности, приносит прибыль, и является рентабельным. Немаловажным фактором для утверждения проекта является и его социальная составляющая, решение несет в себе исключительно положительные меры, т.к. происходит существенная автоматизация рабочего процесса и трудозатрат сотрудника, ответственного за выполнение. Появляется возможность унификации кадрового резерва организации, с целью обучить каждого сотрудника данного направления, для существенного расширения функционала алгоритмов искусственного интеллекта в дальнейшем. Экологическая значимость проекта выражается в существенном усилении контроля над мерами безопасности при транспортировке нефти, газа и нефтепродуктов по магистральным сетям. Выявленный дефект сегодня – это предотвращенная авария в обозримом будущем, т.к. не всегда обходчики и существующее оборудование способны предоставить достоверную картину состояния транспортировочной сети. В случае данного проекта можно отметить применение нового подхода к безопасности, который позволяет предотвращать аварии на стадии зарождения благодаря использованию заранее продуманных алгоритмов. Это значительно снижает риски и, повышает надежность деятельности перекачивающей организации.

Также можно отметить, что вопрос безопасности и сохранности окружающей среды в наше время становится все более актуальным, и многие компании и организации стараются уделять этому внимание. Реализация данного проекта, который направлен на улучшение производственного процесса и создание условий для более эффективной работы, может позитивно сказаться на имидже компании, а также снизить риски для окружающей среды и общества в целом.

Таким образом, можно сделать вывод, что экономическая, социальная и экологическая составляющая проекта позволяют сделать вывод о

целесообразности применения новых технологий для усиления безопасности и качества надзора за существующими сетями магистральных трубопроводных участков нефтепроводов, газопроводов и продуктопроводов.

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в нефтегазовой сфере носит ряд положительных тенденций, что было подтверждено на примере частичных расчетов по объекту ООО "Газпром газораспределение Самара".

Во-первых, использование ИИ позволяет значительно улучшить эффективность процессов нефтегазовой добычи и распределения. С помощью алгоритмов ИИ можно анализировать большие объемы данных, оптимизировать затраты и повысить производительность работы. Это позволяет сократить временные и финансовые затраты на разведку и разработку месторождений.

Во-вторых, применение ИИ способствует улучшению безопасности в нефтегазовой отрасли. Системы машинного обучения и анализа данных могут автоматически обнаруживать аномалии и предотвращать возможные аварии или протечки. Роботизированные системы контроля работоспособности оборудования позволяют оперативно определять и исправлять неисправности, что снижает риск человеческого фактора.

В-третьих, ИИ способствует оптимизации процессов обслуживания клиентов. Автоматизация и интеллектуализация служб поддержки и управления помогает обрабатывать большие объемы данных и анализировать поведение и запросы клиентов. Благодаря этому можно предоставлять персонализированные рекомендации и услуги, а также повышать удовлетворенность клиентов.

В целом, применение ИИ в нефтегазовой сфере имеет значительный потенциал для оптимизации процессов, снижения затрат и повышения безопасности. Пример частичных расчетов по объекту ООО "Газпром газораспределение Самара" является лишь одним из множества подтверждений этих положительных тенденций.

Заключение

Применение новых технологий в обеспечении безопасности на нефтегазовых объектах является критически важным, так как это может существенно уменьшить риски производственных аварий и создать более безопасное окружающее пространство для работников и окружающей среды. Такие технологии, как системы мониторинга и контроля, дистанционного управления и аварийной защиты, позволяют эффективно управлять рисками и минимизировать возможные последствия аварий на объектах нефтегазовой промышленности. Это повышает эффективность работы компаний и помогает им сохранять свои репутации и выполнить свои обязательства перед законодательством и обществом в целом. Все это делает применение новых технологий в обеспечении безопасности на нефтегазовых объектах настоятельной необходимостью.

Искусственный интеллект становится все более востребованным в нефтяной сфере. Он может использоваться для различных задач, таких как прогнозирование работы оборудования, оптимизация работы скважин, управление производственными процессами и многие другие.

Применение искусственного интеллекта позволяет повысить эффективность работы и снизить затраты компаний на производство нефти и газа. Благодаря анализу больших объемов данных, искусственный интеллект может выделить закономерности и предсказать возможные отказы оборудования, что позволяет провести ремонт до того, как произойдет авария.

Также стоит отметить, что искусственный интеллект может помочь уменьшить воздействие на окружающую среду, например, путем оптимизации процессов добычи и переработки нефти и газа.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в нефтяной сфере может значительно повысить производительность, безопасность и экологичность процессов.

Список используемых источников

1. Абязов М.Л. Экологические аспекты при транспортировке и перекачке нефтепродуктов в России. URL: <http://neftegaztrade.ru/transport-nefteproduktov/jekologicheskie-aspektytransportirovki-nefteproduktov.html> (дата обращения: 05.10.2022).
2. Большая энциклопедия нефти и газа. Транспортировка. URL: <http://www.ngpedia.ru/transportirovka/htm> (дата обращения 05.03.2023)
3. ВСН 008-88 Ведомственные строительные нормы. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция.
4. ВСН 012-88 Ведомственные строительные нормы. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ.
5. Гаргадзе У.О. Краткий обзор ключевых показателей деятельности ПАО «Транснефть» и сопоставимых компаний за 2016-2019 года, АО «КПИМГ», ноябрь 2021 г.
6. ГОСТ 25100-2020 Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация.
7. ГОСТ 17.4.3.02-85 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
8. ГОСТ 17.5.3.06-85 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
9. ГОСТ 7512-82 Межгосударственный стандарт. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
10. ГОСТ 16037-80 Межгосударственный стандарт. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

11. ГОСТ Р 51164-98 Национальный стандарт Российской Федерации. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.

12. Дрозд К.К., Гуревич Э.С. Влияния систем трубопроводной сети на экологическую обстановку. URL: <http://neftrossia.ru/vzaimovlijanie-sistem-truboprovodnogo-transporta-i-3/> (дата обращения 03.03.2023)

13. Кудимов П.А. География нефти и газа Российской Федерации. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/neftyanaya-i-gazovaya.html> (дата обращения: 23.07.2022).

14. Малышкина Л.А. Обеспечение экологической безопасности промысловых трубопроводов в нефтедобывающих районах Западной Сибири РФ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36- геоэкология. 42 с.

15. Полозов М.Б. «Экология нефтегазодобывающего комплекса», Учебнометодическое пособие. Ижевск. Изд-во «Удмуртский университет», 2012 г. - 174 с.

16. Приказ Федеральной службы Российской Федерации по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 ноября 2017 года № 515 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации внутрипромысловых трубопроводов».

17. Правила разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, утверждённых приказом от 28 декабря 2004 года N 621.

18. РД 102-011-89 Регламентирующий документ. Охрана труда.

19. Сафиуллов А.Р., Мичурина Н.Ю. Магистральный продуктопровод как способ транспортировки продуктов переработки нефти. Интернаука: научный журнал. 2022. № 43 (266), с. 18-19.

20. Сергеев Л.А., Курбанов В.С. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов. URL: <http://www.eg-oil.ru/articles/150-truboprovodnyy-transport-nefteproduktov.html> (дата обращения: 06.02.2023).
21. СП 48.13330.2019 Свод правил. Организация строительства.
22. СП 36.13330.2012 Свод правил. Магистральные трубопроводы.
23. СНиП 12-04-2002 Свод правил и норм. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
24. СП 86.13330.2014 Свод правил. Магистральные трубопроводы.
25. СТО Газпром 2-2.3-173-2007 Стандарт организации. Инструкция по комплексному обследованию и диагностике магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжение.
26. СТО Газпром 2-2.2-136-2007 Стандарт организации. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
27. СТО Газпром 2-2.3-137-2007 Стандарт организации. Инструкция по технологии производства работ на газопроводах врезкой под давлением.
28. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 Стандарт организации. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
29. СТО Газпром 2-3.5-354-2009 Стандарт организации. Порядок проведения испытаний магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях.
30. СТО Газпром 2-2.2-382-2009 Стандарт организации. Правила производства и приемки работ.
31. СТО Газпром 9.2-003-2009 Стандарт организации. Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений.
32. СТО Газпром 2-2.3-130-2007 Стандарт организации. Технические требования к наружным антикоррозионным полиэтиленовым покрытиям

труб заводского нанесения для строительства, реконструкции и капитального ремонта подземных и морских газопроводов.

33. ТУ 40/48/56-79 Технические условия. Труба стальная.

34. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. №7-ФЗ (в действующей редакции на текущую дату).

35. Федеральный закон Российской Федерации «Об экологической экспертизе» от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ (в действующей редакции на текущую дату).

36. Федеральный закон Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 N 116-ФЗ (в действующей редакции на текущую дату).

37. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), URL: <http://www.gosnadzor.ru>.

38. Office of Pipeline Safety under the Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration – OPSPHMSA, URL: <http://www.phmsa.dot.gov>. (дата обращения: 06.01.2023).

39. CONCAWE (CONservation of Clean Air and Water in Europe), URL: <http://www.concawe.be>. (дата обращения: 09.01.2023).

40. Energy Infrastructure and Security in the United States: The Role of Pipelines. USA, D.C. Washington, 2002. 243 с.

41. Morgan Downey Oil 101 First Edition. USA, Texas, 2009. 452 с.

42. E.G.I.G. European Gas Pipeline Incident Data Group, URL: <http://www.egig.nl>. (дата обращения: 06.12.2022).

43. The Future of US Oil and Gas Pipelines: Emerging Technologies and Trends. USA, Texas, 2019. 116 с.

44. The History of US Oil and Gas Pipelines: From Discovery to Delivery. USA, Texas, 2016. 406 с.

Приложение А

Публикация



«ИНТЕРНАУКА»

Научный журнал

№ 43(266)
Ноябрь 2022 г.

Часть 3

Издается с ноября 2016 года

Москва
2022

Продолжение Приложения А

Содержание	
Статьи на русском языке	5
Технические науки	5
ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА Мырадов Юсуп Ханмырадович Акыныязова Ширин Бердимырадовна Ягмыров Байрам Агаспарович	5
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОЛЬЦА НА МИКРОУРОВНЕ Нестеров Николай Сергеевич	8
ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ, АСФАЛЬТЕНОВ ФЕНОЛОВ И ПАРАФИНОВ ИЗ СМОЛЫ УЗГЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С МЕТОДОМ ЭКСТРАКЦИИ Осекова Гулбара Арыновна Ысманов Эшкозу	11
АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ Пириева Наджиба Мелик Рзаева Сона Вагиф Талыбов Саяд Новрузали	14
МАГИСТРАЛЬНЫЙ ПРОДУКТОПРОВОД КАК СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ Сафиуллов Адиль Радикович Мичурина Надежда Юрьевна	18
ВИНТОВЫЕ И ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССИОННЫЕ УСТАНОВКИ Токарев Андрей Дмитриевич	20
АНАЛИЗ РИСКОВ ВЫХОДА ПРОДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА НА МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЫНОК Ыдрысова Аерке Уажанова Раушан Улангазиевна Ержигитов Еркин Сабралиевич	22
КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ – ПРАКТИКА ЗАЩИТЫ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИИ Эсенгулыева Огулширин Мамедовна Бекмяммедов Перман Байрамьядович Маммеджумаев Бегендик Арнаджумаевич Амангелдиева Гульбахар Рахмановна	25
Физика	28
ОЗНАЧАЕТ ЛИ КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ СПЕКТРА ГАЛАКТИК РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ? Мамедов Искендер Биньямин оглы	28
Филология	33
РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ СРЕДСТВАМИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Емельянова Надежда Дмитриевна Ефимова Юлия Александровна	33
СЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СПОРТИВНЫХ ТЕРМИНОВ Мухаммедова Акнур Агамырадовна	35
ВЛИЯНИЯ СПОРТИВНОГО СЛЕНГА НА РУССКИЙ ЯЗЫК Оразова Шасолтан Джумагулова Биби	37
ПОЭТИКА СИМВОЛИЗМА В РАННИХ ПРОИЗВЕДЕНИЯХ АЛЕКСЕЯ РЕМИЗОВА Проскуряков Максим Русланович	39
ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ БЛОГОВ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ТВИТТЕР Рыжкович Анна Чеславовна Карпинчик Анна Николаевна	46

**МАГИСТРАЛЬНЫЙ ПРОДУКТОПРОВОД
КАК СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

Сафиуллов Адиль Радикович
студент,

*Тольяттинского государственного университета,
РФ, г. Тольятти*

Мичурина Надежда Юрьевна

*канд. биол. наук,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

**MAIN PRODUCT PIPELINE AS A METHOD OF TRANSPORTATION
OF OIL REFINING PRODUCTS**

Adil Safiullov

*Student,
Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

Nadezhda Michurina

*Candidate of Sciences,
Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

АННОТАЦИЯ

В статье затрагивается тема прокладки и эксплуатации магистральных продуктопроводов, их географических и ландшафтных особенностей залегания и описание процесса противодействия возникшим чрезвычайным ситуациям.

ABSTRACT

The article touches upon the topic of laying and operation of main product pipelines, their geographical and landscape features of occurrence and description of the process of countering emergencies that have arisen.

Ключевые слова: магистральный, нефть, нефтепродукты, продукты, продуктопровод, нефтепродукты, транспортировка.

Keywords: trunk, oil, petroleum products, products, product pipeline, transportation.

Развитие инженерных процессов в энергетике, возникновение новых технологий, совершенствование производственного процесса при осуществлении различных видов технической деятельности, расширение географии присутствия нефтепродуктовых сетей и увеличение потребления нефтепродуктов требуют своевременного получения качественной информации о состоянии и эффективности использования долгосрочных проектов по транспортировке продуктов переработки в целом и нефтеперерабатывающих заводов (далее – НПЗ) с установками для крекинга в частности.

В связи с этим одной из актуальных проблем дальнейшего совершенствования магистральных продуктопроводов (далее – МПП) является достоверная оценка безопасной эксплуатации объектов на каждом из этапов их жизненного цикла, отражение которой позволит существенно повысить качество информации о состоянии МПП в целом.

Жидкую нефть и нефтепродукты транспортируют, хранят, и обрабатывают в их естественном жидком агрегатном состоянии.

Продуктопроводы

Как правило, сырая нефть и нефтепродукты, в какой-то момент своего пути от скважины поступают на НПЗ, затем на терминал и, в конце концов, к потребителю.

Наземные, подводные и подземные продуктопроводы, являющиеся транспортными артериями для перекачки существенных объемов нефтепродуктов (Российский экспорт нефтепродуктов по итогам 2021 года составил порядка 144,3 млн тонн) [1], могут различаться не только диаметром трубопровода, зачастую сечение, которых может варьироваться от нескольких сантиметров до одного метра и более, но и климатическими условиями эксплуатации. МПП присутствуют в большинстве точек земного шара, от бескрайней Сибири до горячих песков Среднего Востока и Азии.

Географическое разнообразие в свою очередь изменяет и условия прокладки и залегания МПП, например:

- моря, реки, озера, болота;
- равнины (поля, леса), скалистая местность (горы);
- под большими и малыми городами.

Строительство МПП процесс трудоемкий и затратный. Но когда строительство завершено, при правильном обслуживании, эксплуатации и соблюдении требований охраны труда и промышленной безопасности, они являются одним из самых безопасных и самых экономически выгодных возможностей транспортировки выше перечисленного энергетического сырья.

Расстояние между насосными агрегатами зависит от их непосредственной мощности, вязкости продукта, диаметра трубы продуктопровода и рельефа местности, через который проложен МПП. Не зависимо от величины этих факторов, давление в трубе и скорость потока контролируется системой таким образом, чтобы поддерживать непрерывное движение продукта внутри трубопровода.

Защита окружающей среды

В силу того, что по МПП транспортируются большие объемы продуктов на безостановочной основе, существует опасность причинения ущерба окружающей среде вследствие утечки. В зависимости от соблюдения норм и правил промышленной безопасности, а также от качества выбора места расположения, погоды, доступности и выполняемых в конкретный момент операций, значительное количество нефтепродукта при разрыве трубопровода или утечке может попасть в окружающую среду. Обслуживающая и контролирующая МПП компания должна иметь план чрезвычайных мероприятий в случае возникновения пролива нефтепродукта, а также обеспечить достаточный запас материалов для локализации масштабов и очистки места аварии, соответствующий обученный персонал и необходимое оборудование в наличии. Для удержания и отвода пролитых продуктов нефтепереработки можно

употребить построение земляных запруд или дренажных каналов, обученными операторами.

Операторы и сотрудники терминалов обязаны исполнять положения нормативных документов.

Попадание нефтепродуктов на почву и в воду. Государственные органы и частные компании вправе требовать, чтобы на предприятиях, обладающих мощностями для хранения продуктов нефтепереработки и нефти, имелись алгоритмы предотвращения утечек и клапаны контрмер. Помимо вышеперечисленного, обязательно, чтобы персонал был аттестован, и знал о возможных рисках, процедурах уведомления и о мерах, которые необходимо предпринять при обнаружении утечки или выбросе нефтепродукта. Помимо обучения мерам обращения с пролитым продуктом нефтепереработки на территории компаний, сотрудники часто обучаются и обеспечиваются оборудованием для ликвидации аварий вне территории предприятий.

Проблемы безопасности и здоровья на терминалах и нефтебазах

Необходимо разрабатывать, совершенствовать, применять безопасные методы работы и выполнять правила охраны труда, чтобы операторы терминалов и нефтебаз персонал служб технического обслуживания, водители автоцистерн и персонал подрядчиков могли работать, не подвергая жизнь опасности. В первую очередь, необходимо обеспечить базовую информацию о причинах возможного возгорания продуктов нефтепереработки, способах локализации и ликвидации пожаров, факторах риска и средствах защиты от воздействия токсических веществ, немедленных действиях в случае возникновения чрезвычайной ситуации, а также о физических и климатических факторах риска, связанных с выполняемой ими работой в обычных условиях.

Изоляционные материалы используются для защиты резервуаров в резервуарных парках и труб. Необходимо разрабатывать и выполнять меры охраны труда и защиты персонала при обращении, удалении и утилизации таких материалов.

Список литературы:

1. Сайт национального рейтингового агентства. URL: <http://www.ra-national.ru/> (дата обращения 11.11.2022).