

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 Анализ эксплуатации МГ (магистральных газопроводов) и ГРС
(газораспределительных станций) и мероприятия по снижению
профессиональных рисков

Обучающийся

Ю.Н. Сковородина

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н., профессор Н.Г. Яговкин

(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)

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	10
Перечень сокращений и обозначений.....	12
1 Анализ обеспечения безопасности при эксплуатации МГ и ГРС.....	14
1.1 Нормативные требования к средствам обеспечения безопасности МГ и ГРС.....	14
1.2 Анализ профессиональных рисков, возникающих при эксплуатации МГ и ГРС.....	24
2 Совершенствование мер по обеспечению безопасности МГ и ГРС	28
2.1 Анализ возможных решений по обеспечению безопасности МГ и ГРС.....	28
2.2 Разработка мер по повышению безопасности МГ и ГРС	43
3 Результаты апробации предложенных решений по повышению безопасности МГ и ГРС.....	67
3.1 Реализация мер по повышению безопасности.....	67
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	72
Заключение	95
Список используемой литературы	98

Введение

Актуальность исследования, посвященного анализу эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС), а также разработке мероприятий по снижению профессиональных рисков, обусловлена рядом факторов. Газовая промышленность играет ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности страны. МГ и ГРС являются объектами повышенной опасности, где любые аварии могут привести к катастрофическим последствиям, включая угрозу жизни и здоровью людей, экологические катастрофы и значительные экономические потери. Согласно статистике «РИА Новости» в России в 2023 году было 4 аварии, а в 2022 году зафиксировано 11 аварий, что подчеркивает необходимость разработки новых подходов по снижению профессиональных рисков.

Основными профессиональными рисками на объектах газовой инфраструктуры являются воздействие высокого давления, взрывоопасность, токсичность транспортируемого газа, а также человеческий фактор, связанный с ошибками персонала. В условиях старения инфраструктуры и увеличения объемов транспортировки газа существующие методы снижения рисков становятся недостаточно эффективными. Это требует внедрения инновационных технологий и современных практик управления рисками.

Объект исследования: магистральные газопроводы и газораспределительные станции.

Предмет исследования: профессиональные риски на ГРС и МГ.

Цель исследования: снижение профессиональных рисков на МГ и ГРС за счёт внедрения современных методов защиты персонала, работающего на объектах МГ и ГРС.

Мы можем выдвинуть гипотезу, что снижение профессиональных рисков на магистральных газопроводах (МГ) и газораспределительных станциях (ГРС) возможно, если:

- будет проводиться тщательный и всесторонний анализ нормативных требований к средствам обеспечения безопасности МГ и ГРС;
- будет на постоянной основе проводиться анализ профессиональных рисков, возникающих при эксплуатации МГ и ГРС;
- будут разрабатываться меры снижения профессиональных рисков, основанные на сравнительном анализе современных технологий, доступных в отрасли;
- будут разрабатываться меры по повышению безопасности эксплуатации МГ и ГРС, основанные на инновационных методах и передовых инструментах;
- будут анализироваться результаты внедрения предложенных компенсирующих мер и уменьшения уровня профессиональных рисков;
- эффективность предлагаемых мер безопасности будет оцениваться путем тщательного тестирования в реальных условиях эксплуатации. Эта оценка должна включать анализ того, насколько эффективно эти меры снижают выявленные профессиональные риски, предотвращают чрезвычайные ситуации и смягчают последствия потенциальных инцидентов.

Исходя из этого разумно предположить, что при применении комплексного подхода, объединяющего технические инновации, усовершенствованные методы управления рисками и эффективные методы оценки, можно добиться значительного повышения безопасности. Такой подход не только решает насущные проблемы безопасности, но и способствует долгосрочной устойчивости и надежности работы МГ и ГРС.

Для достижения поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- изучить нормативные требования к средствам обеспечения безопасности МГ и ГРС;

- провести анализ профессиональных рисков, возникающих при эксплуатации МГ и ГРС;
- провести анализ возможных решений по обеспечению безопасности МГ и ГРС;
- разработать меры снижения профессиональных рисков, основанные на анализе современных технологий, доступных в отрасли, а также по повышению безопасности эксплуатации МГ и ГРС, основанные на инновационных методах и передовых инструментах;
- проанализировать результаты внедрения и уменьшения уровня профессиональных рисков;
- реализовать предложенные компенсирующие меры по уменьшению уровня профессиональных рисков и оценить их эффективность.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: научные труды широкого круга отечественных и зарубежных ученых. В области механики сплошных сред можно выделить работы таких авторов, как Кочин Н.Е., Леонтьев А.И., Лойцянский Л.Г., Работнов Ю.Н., Седов Л.И. и других. В области численных методов механики сплошных сред – труды Андерсона Д., Белоцерковского О.М., Давыдова Ю.М., Патанкара С., Плетчера Р., Самарского А.А., Таннехилла Дж., Флетчера К., Шевелева Ю.Д. и других. Кроме того, важны исследования в области моделирования струйных течений Абрамовича Г.Н., Вулиса Л.А., Дулова В.Г., Ершина Ш.А., Лукьянова Г.А., Хинце И.О., Шеца Дж., Ярина Л.П. и других. Важную роль также играют работы в области моделирования трубопроводных систем, выполненные Айнбиндером А.Б., Алешиным В.В., Пряловым С.Н., Селезнёвым В.Е., Сухаревым М.Г., Харионовским В.В. и другими; а также исследования в области моделирования пожара и анализа огнестойкости конструкций, такие как труды Астапенко В.М., Баратова А.Н., Брушлинского Н.Н., Драйздейла Д., Есина В.М. и других.

Базовыми для настоящего исследования явились также: нормативные документы и регламенты, регулирующие эксплуатацию МГ и ГРС, включая

ГОСТы, СНИПы, а также внутренние стандарты и методики, применяемые в ООО «ОРИОН». Кроме того, учтены результаты предыдущих исследований в области безопасности труда и управления рисками на объектах нефтегазовой отрасли.

Методы исследования: анализ литературных источников и нормативных документов, моделирование процессов риск-менеджмента и эксплуатации систем с использованием современных программных средств, статистический анализ данных, сбор и обработка эмпирических данных с объектов исследования, проведение экспериментов и тестирования на базе оборудования ООО «ОРИОН», а также опрос сотрудников компании для идентификации ключевых проблем безопасности.

Опытно-экспериментальная база исследования: ООО «ОРИОН». Здесь будут проводиться практические эксперименты, тестирования и сбор данных для анализа состояния эксплуатации МГ и ГРС, а также оценка предложенных методов снижения профессиональных рисков.

Научная новизна: впервые проведена апробация инновационных средств обеспечения безопасности МГ и ГРС и профессиональных рисков, возникающих при их эксплуатации в реальных условиях с оценкой её эффективности по критериям снижения количества аварий и производственного травматизма.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- обогащении научной базы данных в области эксплуатации и безопасности МГ и ГРС;
- разработке теоретических моделей и алгоритмов для анализа рисков и формирования мер по их снижению;
- систематизации существующих знаний в области обеспечения безопасности газотранспортной системы и выявлении ключевых направлений для дальнейших исследований;
- создании базы для разработки образовательных программ и курсов в области безопасной эксплуатации газопроводной системы.

Теоретическая значимость заключается в том, что исследование способствует углублению понимания сложных процессов, происходящих в системах транспортировки газа, предоставляя возможность для разработки новых подходов и методологий снижения профессиональных рисков, связанных с эксплуатацией МГ и ГРС.

Практическая значимость исследования заключается в том, что результаты могут быть использованы для совершенствования систем мониторинга и управления безопасностью на действующих объектах МГ и ГРС, а также для разработки новых нормативных актов и руководств, направленных на снижение профессиональных рисков в отрасли.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- использованием проверенных и общепринятых методик анализа и моделирования процессов при эксплуатации трубопроводных систем;
- применением статистических методов для обработки и интерпретации данных, полученных в ходе экспериментов и наблюдений;
- проведением полевых испытаний и экспериментов на базе ООО «ОРИОН», что позволяет подтвердить применимость результатов в реальных условиях;
- сравнением полученных данных с результатами других исследований в этой области.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в непосредственном проведении анализа, разработке методик оценивания рисков, организации и контроле выполнения экспериментальных исследований, а также обобщении полученных данных для формулирования выводов и рекомендаций.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующей конференции:

XIV Международная научно-практическая конференция «Научные исследования студентов и учащихся» в г. Пенза, 2024.

На защиту выносятся:

- результаты анализа нормативных требований к средствам обеспечения безопасности МГ и ГРС, которые показали, что соблюдение указанных требований позволяет не только снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на МГ и ГРС, но также обеспечивает эффективное реагирование в случае их возникновения, тем самым минимизируя потенциальный вред для персонала, окружающей среды и объектов инфраструктуры;
- результаты анализа профессиональных рисков, возникающих при эксплуатации МГ и ГРС, которые показали, что основными являются технические риски, такие как утечки газа из-за износа трубопроводов или неправильной эксплуатации оборудования и операционные риски, которые включают ошибки персонала при управлении оборудованием или реакции на аварийные ситуации, а также неправильную интерпретацию данных, получаемых от систем мониторинга. Износ материалов трубопроводов из-за коррозии, усталости металла и недостаточного количества защитных покрытий привел к увеличению частоты утечек и разрывов. Например, согласно отчету «Газпрома» за 2023 год, примерно 30% эксплуатируемых трубопроводов старше 30 лет, при этом более 15% имеют признаки критического износа;
- результаты анализа возможных решений по обеспечению безопасности МГ и ГРС, которые показали, что одним из современных методов анализа состояния и функционирования МГ и ГРС является применение систем мониторинга в режиме реального времени;
- разработанные меры по повышению безопасности МГ и ГРС, которые показали, что регулярные обследования, техническое

освидетельствование, а также применение современных методов мониторинга состояния металлоконструкций и будущих технологий, таких как автоматизированные системы диагностики, становятся критически важными для предотвращения возможных угроз;

- результаты внедрения и уменьшения уровня профессиональных рисков, которые показали, что проведение плановых осмотров каждые 6 месяцев снижает вероятность аварий на 30%, установка газоанализаторов на основе инфракрасной спектроскопии позволяет предотвратить взрывоопасные ситуации;
- результаты расчетов затрат на внедрение предложенных мероприятий и оценки их экономической эффективности, которые показали, что инвестиции в новые технологии составили около 120 миллионов рублей, однако они окупились за 2 года благодаря экономии на штрафах, ремонтах и снижении нештатных ситуаций.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 3 рисунка, 7 таблиц, список используемой литературы (40 источников). Основной текст работы изложен на 102 странице.

Термины и определения

Газораспределительные станции (ГРС) – объекты, на которых происходит распределение и регулирование потока природного газа, поступающего в распределительные сети или непосредственно к потребителям. Они обеспечивают необходимое давление и объем подачи.

Диагностика трубопроводов – процесс оценки состояния газопровода с целью выявления дефектов и предупреждения аварий. Включает внутреннюю и внешнюю инспекцию, в том числе с использованием роботов и других технологических инструментов.

Коррозия – химическое или электрохимическое разрушение металлов и их сплавов под воздействием окружающей среды, что представляет серьезную угрозу для целостности трубопроводов.

Культура безопасности – совокупность принципов и практик, направленных на формирование ответственного отношения работников к соблюдению норм и правил безопасности на производстве.

Магистральные газопроводы (МГ) – это основные трубопроводные системы, предназначенные для транспортировки природного газа на большие расстояния от мест добычи до конечных пользователей или распределительных узлов.

Мониторинг – непрерывное наблюдение за параметрами и состоянием объектов в режиме реального времени, чтобы предотвратить аварийные ситуации и своевременно реагировать на изменения.

Опасность – источник потенциального ущерба, вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба.

Охрана труда – вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-

профилактических, реабилитационных и иных мероприятий.

Профессиональные риски – вероятные неблагоприятные воздействия на здоровье и безопасность работников, связанные с выполнением их профессиональных обязанностей в условиях эксплуатации МГ и ГРС.

Профилактические меры – заблаговременные меры (мероприятия) по устранению причины/причин потенциально возможного возникновения случаев воздействия опасных и /или вредных производственных факторов на работающего или другой нежелательной, но потенциально возможной, неблагоприятной ситуации.

Ремонтно-восстановительные работы – действия, направленные на устранение повреждений и неисправностей оборудования и инфраструктуры газопроводных систем, обеспечение их безопасной и эффективной эксплуатации.

Системы автоматизированного управления (САУ) – комплекс аппаратного и программного обеспечения, используемый для автоматизации управления процессами администрирования и контроля над объектами ГРС и МГ.

Техническое обслуживание – комплекс мероприятий, включающих профилактический и текущий ремонт, регулировку, настройку и другие работы, выполняемые для поддержания объектов МГ и ГРС в рабочем состоянии.

Перечень сокращений и обозначений

В работе используется следующий перечень сокращений и обозначений:

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

БПЛА – беспилотные летательные аппараты.

ГРС – газораспределительная станция.

ГЧП – государственно-частное партнерство.

ИСЗ – индивидуальные средства защиты.

МГ – магистральный газопровод.

МЭА – Международное энергетическое агентство.

ОСУР – общекорпоративная система управления рисками.

ОТ – охрана труда.

ПО – программное обеспечение.

САУ – системы автоматизированного управления.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

СОУТ – специальная оценка условий труда.

СУБ – система управления безопасностью.

СУОТ – системы управления безопасностью.

ТО – техническое обслуживание.

ТПА – трубопроводная арматура.

ТУ – технические условия.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

AR – дополненная реальность.

СВА – анализ затрат и выгод.

ERP – системы управления предприятием.

ESD – система аварийного отключения.

FMEA – анализ надежности

IDS – системы обнаружения вторжений.

IoT – интернет вещей.

LCC – жизненный цикл средств обеспечения безопасности.

LMS – система управления обучением.

MES – системы управления производством.

MTBF – средняя продолжительность безотказной работы.

NPV – метод дисконтирования денежных потоков.

PHA – анализ вероятности и последствий.

PLC – программируемые логические контроллеры.

QRA – метод оценки рисков.

ROI – анализ возврата инвестиций.

SCADA – система управления и сбора данных.

VR – виртуальная реальность.

1 Анализ обеспечения безопасности при эксплуатации МГ и ГРС

1.1 Нормативные требования к средствам обеспечения безопасности МГ и ГРС

Эксплуатация МГ и ГРС – это процесс управления и поддержания функционирования системы транспортировки и распределения природного газа от мест добычи к конечным потребителям [6]. Процесс включает в себя ряд операций, связанных с техническим обслуживанием, ремонтом, модернизацией и контролем безопасного и надежного состояния газотранспортной инфраструктуры [12].

Основные аспекты эксплуатации МГ и ГРС заключаются в следующем:

- мониторинг и контроль состояния газопроводов: постоянное наблюдение за параметрами транспортируемого газа (давление, температура, объемные потоки), а также за состоянием самого оборудования (трубы, арматура, компрессорные станции) с помощью систем автоматического управления и датчиков [23];
- техническое обслуживание: регулярное проведение профилактических работ, направленных на предотвращение износа труб и компонентов ГРС, а также на идентификацию и ремонт повреждений;
- профилактика и ремонт: оперативное обнаружение и устранение дефектов, в том числе коррозии, трещин и прочих повреждений, которые могут повлиять на пропускную способность и безопасность газопроводов;
- управление аварийными ситуациями: реализация четко продуманных процедур для реагирования на утечки, разрывы труб и другие чрезвычайные ситуации;
- обеспечение безопасности: разработка и внедрение мероприятий по минимизации рисков, связанных с эксплуатацией газовой

инфраструктуры, включая подготовку персонала и использование защитных систем;

- документирование и отчетность: ведение тщательной документации, касающейся операций по эксплуатации, а также подготовка отчетов для регуляторных органов;
- соответствие нормативным требованиям: соблюдение законодательства, технических норм и стандартов, регулирующих функционирование МГ и ГРС;
- логистика и планирование: оптимизация маршрутов транспортировки газа и балансировка нагрузок на систему для эффективного распределения ресурсов;
- взаимодействие с другими системами: координация с местными системами газоснабжения, другими магистральными газопроводами и смежными отраслями для обеспечения синергии и непрерывности поставок газа.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков:

- разработка и реализация программ обучения и повышение квалификации сотрудников, в том числе по вопросам безопасности и оказанию первой помощи;
- проведение регулярных технических инспекций и профилактических осмотров оборудования и трубопроводов;
- использование современных технологий диагностики, включая внутритрубные инспекционные устройства (пиги), визуальный осмотр с использованием дронов, неразрушающий контроль;
- применение современных технических средств защиты, таких как автоматические системы управления и аварийного отключения;
- оптимизация процессов эксплуатации на основе анализа данных и моделирования потенциальных ситуаций, связанных с эксплуатацией МГ и ГРС;
- укрепление материально-технической базы и обновление

устаревшего оборудования для соответствия современным требованиям безопасности;

- соблюдение стандартов охраны труда и использование ИСЗ работниками.

Таким образом, эксплуатация МГ и ГРС – это сложный, многогранный процесс, требующий комплексного подхода к обеспечению безопасности и надежности транспортировки газа.

Безопасность в контексте эксплуатации МГ и ГРС предполагает комплекс мер, направленных на предотвращение аварий, инцидентов и нештатных ситуаций, которые могут привести к травмам, заболеваниям или смерти персонала, а также вызвать ущерб окружающей среде и имуществу [20]. Безопасность важна, так как она обеспечивает стабильное функционирование объектов энергетической инфраструктуры, является ключом к сохранению жизни и здоровья работающих на них людей, а также защищает природную среду и экономические активы от повреждений [17].

Нормативные требования к средствам обеспечения безопасности на МГ и ГРС включают следующие аспекты:

- законодательные и нормативные акты: в каждой стране действуют свои законы, стандарты и нормы, регулирующие эксплуатацию МГ и ГРС. В России, например, базовыми документами являются Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», нормы и правила в сфере промышленной безопасности, технические регламенты и стандарты ГОСТ;
- система управления безопасностью: создание и функционирование системы менеджмента безопасности, включающей в себя политику в области безопасности, процедуры, протоколы и инструкции, определяющие порядок действий персонала на МГ и ГРС;
- технологическое оборудование: наличие и исправность средств контроля и измерения, автоматики безопасности, аварийного

- запираания, дистанционного управления и других технических средств, обеспечивающих безопасную эксплуатацию МГ и ГРС;
- техническое обслуживание и ремонт: соблюдение установленных сроков и процедур технического обслуживания и ремонта оборудования и инфраструктуры газотранспортных систем;
 - противоаварийная готовность: разработка и постоянное совершенствование планов предупреждения и ликвидации аварий на МГ и ГРС;
 - подготовка персонала: обучение и проверка знаний работников в области безопасности, проведение учений и тренировок по действиям в аварийных ситуациях;
 - средства индивидуальной и коллективной защиты: обеспечение персонала средствами защиты, соответствующими условиям и специфике работы на МГ и ГРС;
 - мониторинг и управление рисками: внедрение процессов для идентификации, анализа и контроля профессиональных рисков, связанных с деятельностью на опасных производственных объектах;
 - экологическая безопасность: выполнение мероприятий по предотвращению утечек газа, минимизации выбросов и снижению воздействия на окружающую среду;
 - психофизиологическое обеспечение: обеспечение условий труда, которые учитывают психофизиологические особенности человека и не оказывают отрицательного воздействия на его здоровье.

Соблюдение указанных требований позволяет не только снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на МГ и ГРС, но также обеспечивает эффективное реагирование в случае их возникновения, тем самым минимизируя потенциальный вред для персонала, окружающей среды и объектов инфраструктуры [32].

Федеральный закон Российской Федерации «О промышленной

безопасности опасных производственных объектов» №116-ФЗ является основным законодательным актом, который регулирует отношения в сфере обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах, в том числе магистральных газопроводах и газораспределительных станциях [18]. Он был принят Государственной Думой и одобрен Советом Федерации в 1997 году, последующие изменения и дополнения вносились различными федеральными законами.

Основные характеристики и положения этого закона включают:

- объект применения: закон применяется к отношениям, связанным с эксплуатацией опасных производственных объектов, к их проектированию, строительству, реконструкции, консервации и ликвидации;
- опасные производственные объекты. Закон определяет, что такое опасные производственные объекты, устанавливает критерии их отнесения к определенным категориям опасности и требует соответствия установленным критериям безопасности;
- права и обязанности субъектов. Закон устанавливает права и обязанности субъектов промышленной безопасности, включая владельцев опасных производственных объектов, их руководителей, работников, представителей государственных органов и иных лиц;
- государственное регулирование. Предусматривается государственное регулирование в области промышленной безопасности, в том числе лицензирование отдельных видов деятельности, государственный надзор и контроль, а также расследование и учет аварий на опасных производственных объектах;
- обязательное страхование. Вводит обязанность по страхованию ответственности за причинение вреда в результате аварии на опасном производственном объекте;

- техническое регулирование. Закон обязывает следовать техническим регламентам, стандартам и нормам, касающимся обеспечения промышленной безопасности;
- обязательные мероприятия по обеспечению безопасности. Разработка деклараций промышленной безопасности, проведение экспертизы промышленной безопасности, подготовка и обучение в области безопасности;
- ответственность за нарушение закона. Устанавливает административную, гражданско-правовую и уголовную ответственность за нарушение законодательства в области промышленной безопасности.

Федеральный закон №116-ФЗ направлен на минимизацию рисков, связанных с возможными авариями и инцидентами на опасных производственных объектах, обеспечение защиты жизни и здоровья людей, окружающей среды и имущества при эксплуатации данных объектов [18].

Рассмотрим правила безопасности в газовом хозяйстве.

Этот нормативный документ установлен для регулирования вопросов безопасности при эксплуатации газового оборудования и сетей. Он содержит требования по обеспечению безопасности при транспортировке, хранении, распределении и использовании природного и сжиженного углеводородных газов. Правила касаются вопросов проектирования, строительства, ремонта и обслуживания газовых сетей и оборудования.

Рассмотрим правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Данные правила устанавливают требования к устройству, эксплуатации, ремонту, монтажу и техническому диагностированию сосудов, работающих под избыточным давлением. Они охватывают такие объекты, как реакторы, колонны, барабаны, котлы и другие аналогичные устройства. Основной акцент сделан на обеспечении безопасности персонала и предотвращении аварий, связанных с высоким давлением.

Рассмотрим нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления» (ПБ 12-529-03).

Этот нормативный документ содержит требования по обеспечению безопасности систем газораспределения и газопотребления. Он включает в себя указания по безопасной эксплуатации газораспределительных сетей и газопотребляющих установок, меры по предотвращению аварий и обеспечению пожарной безопасности, а также требования к подготовке персонала.

Рассмотрим ГОСТ «Транспорт газа системами газораспределения. Требования безопасности».

Этот стандарт устанавливает требования к безопасности при транспортировке газа по системам газораспределения. Он включает в себя требования к проектированию, строительству, эксплуатации, обслуживанию и ремонту газораспределительных сетей, а также нормы по обеспечению экологической безопасности и защите от воздействия газа на человека и окружающую среду.

Эти документы являются обязательными для исполнения организациями и предприятиями, осуществляющими свою деятельность в соответствующих областях, и направлены на предотвращение аварий, снижение рисков для здоровья и жизни людей, а также минимизацию негативного влияния на окружающую среду.

Рассмотрим ГОСТ «Газораспределительные системы. Требования к системе управления безопасностью».

Этот стандарт устанавливает требования к системе управления безопасностью для организаций, эксплуатирующих газораспределительные системы. ГОСТ Р 54908-2012 вырабатывает подходы к оценке рисков, управлению изменениями, обучению персонала, аварийному реагированию и другим критически важным аспектам безопасности. Система управления безопасностью призвана минимизировать риски аварий, повысить

надежность работы систем и обеспечить защиту людей и окружающей среды от возможных вредных воздействий газа.

Рассмотрим ГОСТ «Газ горючий природный. Методы расчета физических свойств».

Данный стандарт содержит методы расчета физических свойств газа, таких как плотность, вязкость, калорийность, состав и давление насыщенных паров. Методы рассчитаны на различные условия эксплуатации и позволяют точно определить характеристики газа для обеспечения эффективной и безопасной его переработки, транспортировки и использования.

Рассмотрим ГОСТ «Газораспределительные системы. Термины и определения».

Это нормативный документ, который устанавливает термины и определения в области газораспределительных систем. Он облегчает взаимопонимание между специалистами, занятыми в газовой отрасли, и способствует единому подходу при проектировании, строительстве, эксплуатации и обслуживании газораспределительных сетей и оборудования.

Рассмотрим Федеральные Нормы и Правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения промышленной безопасности при транспортировании газа по газораспределительным сетям».

Эти правила представляют собой комплекс нормативных требований, направленных на обеспечение промышленной безопасности при транспортировании газа через газораспределительные сети. Правила включают в себя положения по проектированию, строительству, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту, реконструкции и ликвидации газораспределительных сетей, а также меры по предотвращению аварий и инцидентов. Важной частью является также подготовка и повышение квалификации персонала, работающего с газовыми системами.

Рассмотрим Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Требования пожарной безопасности в Российской Федерации».

Это нормативный документ, устанавливающий требования к обеспечению пожарной безопасности на территории Российской Федерации. Он содержит меры по предотвращению пожаров и обеспечению безопасного эвакуирования людей и имущества в случае возникновения пожара. Документ важен для всех организаций и предприятий, включая те, что работают с легковоспламеняемыми и горючими веществами, такими как газ.

Рассмотрим РД 153-34.0-20.552-00 «Инструкция по эксплуатации газопроводов».

Эта инструкция содержит указания по эксплуатации магистральных и распределительных газопроводов. В ней прописаны требования к обслуживанию, мониторингу, диагностике, ремонту, а также меры по обеспечению безопасности при эксплуатации газопроводов.

Рассмотрим РД 153-39-013-97 «Правила технической эксплуатации сетей газораспределения».

Данный регламент устанавливает правила, которым должны следовать организации, осуществляющие эксплуатацию газораспределительных сетей. Здесь описаны общие положения эксплуатации, а также требования к ремонту, техобслуживанию и реконструкции газовых сетей.

Рассмотрим Ростехнадзор Приказ №116 «О порядке проведения технической диагностики промышленного оборудования на опасных производственных объектах».

Приказ регулирует порядок технической диагностики оборудования, используемого на опасных производственных объектах, включая нефтехимическую, газовую и другие отрасли. Цель диагностики - своевременно выявить дефекты и принять меры для предотвращения аварий и инцидентов.

«СНиП 42-01-2002 Газораспределительные системы».

Строительные нормы и правила, описывающие требования к проектированию и строительству распределительных газовых сетей. Они устанавливают параметры для правильного монтажа газопроводов,

газорегулирующего оборудования и узлов учета газа для обеспечения их эффективной и безопасной работы.

«СП 46.13330.2012 СНиП II-35-76 Газоснабжение. Актуализированная редакция».

Это свод правил, актуализирующий старые СНиПы, связанные с системами газоснабжения. Документ включает современные требования к проектированию и эксплуатации систем газоснабжения, учитывая новые технологии, материалы и нормативные требования.

Нормативные требования к средствам обеспечения безопасности включают в себя законодательные и технические положения, направленные на защиту здоровья и жизни людей, а также на сохранение окружающей среды и имущества. Эти требования разрабатываются с целью идентификации потенциальных опасностей и рисков, а также определения мер по их предотвращению или снижению.

В общем виде, нормы включают требования к проектированию, изготовлению и выбору средств индивидуальной и коллективной защиты, таких как средства пожаротушения, аварийного освещения, сигнализации и эвакуации. Указываются параметры качества и надежности оборудования, его соответствие определённым стандартам безопасности. Регулируются технологические процессы, обслуживание, ремонт и эксплуатация оборудования, уровень подготовки персонала и ряд других аспектов.

Необходимо следить за обновлениями нормативной базы, так как требования могут меняться в зависимости от технологического развития, статистики происшествий и других факторов. При введении в эксплуатацию нового оборудования или технологий проводятся оценка рисков и принятие мер, соответствующих последним законодательным требованиям в сфере безопасности [18]. Для обеспечения выполнения этих требований, на предприятии может быть создана служба (отдел) охраны труда, которая будет контролировать весь спектр вопросов, связанных с безопасностью работы. Кроме того, важно проводить обучение сотрудников, инструктажи и

учения для повышения уровня безопасности и снижения вероятности возникновения опасных ситуаций.

Приказ №517 включает в себя ряд положений, направленных на повышение безопасности газопроводов, включая усиление надзора и инспекции трубопроводов, ужесточение наказаний за нарушения и создание национальной базы данных по безопасности трубопроводов. Одним из ключевых положений является требование к операторам оценивать риски, которые могут возникнуть в результате эксплуатации распределительной системы при давлении (слишком низком или слишком высоком), что делает небезопасной работу любого оборудования низкого давления [8].

1.2 Анализ профессиональных рисков, возникающих при эксплуатации МГ и ГРС

Анализ эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций представляет собой важное направление исследований в области энергетики, обеспечивающее безопасность и эффективность функционирования газотранспортной системы. Актуальность данной работы обусловлена возрастающей зависимостью современных экономик от природного газа как источника энергии, а также необходимостью внедрения новых технологий и мероприятий, направленных на снижение профессиональных рисков для работников, связанных с трудовой деятельностью на этих объектах.

Магистральные газопроводы играют ключевую роль в транспортировке природного газа от мест добычи до потребителей, обеспечивая надежное и эффективное снабжение. Тем не менее, эксплуатация МГ и ГРС предопределяет ряд потенциальных рисков – от технологических сбоев до экстренных ситуаций, связанных с утечкой газа. Эти риски могут привести к серьезным последствиям как для человеческого здоровья, так и для окружающей среды. Поэтому важным аспектом работы является

систематический анализ текущего состояния эксплуатации этих объектов, который включает в себя оценку надежности, работоспособности и безопасности их функционирования [22].

Важным аспектом является идентификация профессиональных рисков, связанных с эксплуатацией МГ и ГРС. Для оценки этих рисков применяются как качественные, так и количественные методы.

Эксплуатация магистральных газопроводов и газораспределительных станций представляет собой важнейший элемент энергетической инфраструктуры. Тем не менее, с этой деятельностью сопряжены профессиональные риски, которые могут угрожать безопасности как работников, так и окружающей среды. Важно подойти к вопросу снижения профессиональных рисков всесторонне и системно, чтобы минимизировать вероятность аварий и инцидентов [29].

Профессиональные риски при эксплуатации МГ и ГРС могут быть разнообразными. Основными из них являются:

- технологические риски. Они связаны с возможностью аварий на оборудовании, утечками газа, неправильной эксплуатацией механизмов;
- огнеопасность. Газ является горючим веществом, и любые утечки могут привести к взрывам и пожарам;
- экологические риски. Утечки газа могут нанести вред экосистемам, а также привести к загрязнению воздуха;
- психологические риски. Работа в условиях повышенной опасности может вызвать стресс у работников, что также увеличивает вероятность ошибок.

Среди профессиональных рисков можно выделить технические риски, такие как утечки газа из-за износа трубопроводов или неправильной эксплуатации оборудования. Операционные риски включают ошибки персонала при управлении оборудованием или реакции на аварийные ситуации, а также неправильную интерпретацию данных, получаемых от

систем мониторинга. Не стоит забывать и о экологических рисках, которые возникают в результате утечек газа и могут иметь долгосрочные негативные последствия для окружающей среды.

Эксплуатация магистральных газопроводов и газораспределительных станций связана с высокими профессиональными рисками, которые могут повлиять как на безопасность труда работников, так и на надежность системы в целом. Основными направлениями для идентификации рисков являются оценка физической и психологической нагрузки на персонал, технические риски, а также внешние факторы, такие как погодные условия или сейсмическая активность [24].

Одним из основных факторов, влияющих на безопасность эксплуатации газопроводов и ГРС, является состояние инженерных сооружений и оборудования. С течением времени, под воздействием внешней среды, материалов и технологий, может происходить деградация инфраструктуры, что повышает вероятность аварийных ситуаций. Поэтому регулярные обследования, техническое освидетельствование, а также применение современных методов мониторинга состояния металлоконструкций и будущих технологий, таких как автоматизированные системы диагностики, становятся критически важными для предотвращения возможных угроз.

Не менее значимым является и человеческий фактор. Проблемы, связанные с недостаточной квалификацией работников, недостатком обучения и инструктажей о правилах безопасной работы, могут стать причиной несчастных случаев [16].

Безопасность при эксплуатации МГ и ГРС является приоритетным направлением для обеспечения надежности энергетической системы. Инциденты и аварии могут привести не только к человеческим жертвам, но и к значительным финансовым потерям и ущербу окружающей среде. Таким образом, обеспечение безопасности требует комплексного подхода и внедрения современных технологий.

Выводы по разделу

В разделе определено, что безопасность в контексте эксплуатации МГ и ГРС предполагает комплекс мер, направленных на предотвращение аварий, инцидентов и нештатных ситуаций, которые могут привести к травмам, заболеваниям или смерти персонала, а также вызвать ущерб окружающей среде и имуществу. Безопасность важна, так как она обеспечивает стабильное функционирование объектов энергетической инфраструктуры, является ключом к сохранению жизни и здоровья работающих на них людей, а также защищает природную среду и экономические активы от повреждений.

В общем виде, нормы включают требования к проектированию, изготовлению и выбору средств индивидуальной и коллективной защиты, таких как средства пожаротушения, аварийного освещения, сигнализации и эвакуации. Указываются параметры качества и надежности оборудования, его соответствие определённым стандартам безопасности. Регулируются технологические процессы, обслуживание, ремонт и эксплуатация оборудования, уровень подготовки персонала и ряд других аспектов.

Соблюдение указанных требований позволяет не только снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на МГ и ГРС, но также обеспечивает эффективное реагирование в случае их возникновения, тем самым минимизируя потенциальный вред для персонала, окружающей среды и объектов инфраструктуры.

2 Совершенствование мер по обеспечению безопасности МГ и ГРС

2.1 Анализ возможных решений по обеспечению безопасности МГ и ГРС

Одним из ключевых мероприятий по снижению профессиональных рисков является создание системы управления безопасностью на предприятиях, занимающихся эксплуатацией МГ и ГРС [8].

Станции и устройства для регулирования давления используются в газовой промышленности уже более 200 лет для контроля или регуляции давления в распределительной сети. Упрощенно говоря, нижележащие распределительные сети предназначены для работы при более низких давлениях. Неспособность регулировать давление газа до надлежащего рабочего уровня может привести к катастрофическому превышению давления или дорогостоящим перебоям в подаче газа, что может сказаться на всей сети газоснабжения и потенциально затронуть тысячи потребителей.

Как отмечает Кевин Хемингуэй (Kevin Hemingway), менеджер по продуктам Synergi Gas и Synergy Liquid, DNB,: «С учетом растущего внимания к надежности поставок и безопасности, газовые компании все больше заинтересованы в инвестировании и поддержании безопасности своей инфраструктуры. Любой ценой операторы не хотят, чтобы из-за избыточного давления произошел какой-либо инцидент, который мог бы привести к повреждению самой трубопроводной сети или, что еще хуже, к взрывам или утечкам. В то же время они не хотят рисковать финансовыми последствиями незапланированного отключения газа или перебоев в поставках. Станции регулирования давления должны постоянно поддерживать этот тонкий баланс».

Станции регулирования являются важным, хотя и сложным элементом инфраструктуры газопровода. В случае аварии они могут привести как к локальным, так и к удаленным воздействиям на газовую сеть. Это делает

важным для коммунальных служб понимание рисков, их вероятности и того, как они повлияют на их клиентов, чтобы быть по-настоящему подготовленными.

Но, учитывая такие проблемы, как различия в типах станций и регуляторов и их многочисленных конфигурациях, различия в зависимости от конкретного объекта, усугубляемые ограниченными данными, и многочисленные механизмы сбоев в работе регулирующих станций, традиционные методы и модели управления рисками часто оказываются неадекватными.

Секрет надежного управления рисками и избыточным давлением на регулирующих станциях заключается в сочетании возможностей анализа рисков, целостности и гидравлического анализа. Анализ целостности и рисков имеет решающее значение для оценки состояния, оценки надежности каждой регулирующей станции в сети. С другой стороны, гидравлический анализ дополняет эту оценку и помогает оценить воздействие и масштабы в случае возникновения избыточного давления или отключения электроэнергии и принять меры по смягчению последствий для уменьшения или ликвидации этих последствий [25].

Сегодня операторы часто используют базовые модели рисков и значения последствий по умолчанию для моделирования рисков на регулирующих станциях. Но Гуаньлан Лю (Guanlan Liu), старший инженер DNB, объяснил необходимость целенаправленного комбинированного подхода: «Гидравлическая модель позволяет определить такие факторы, как количество абонентов, на которых оказано влияние, и длина трубопровода с избыточным давлением, на каждой регулирующей станции в сети. Сопоставление этой информации с данными о целостности, такими как вероятность отказа на каждой станции регулирования, вероятность возгорания и надежность домашнего регулятора, позволяет оператору оценить, сколько клиентов пострадает в случае возникновения избыточного давления на конкретной станции регулирования. Это большой шаг вперед по

сравнению с использованием значений последствий по умолчанию без более точной гидравлической модели».

Сочетание анализа рисков и гидравлических продуктов создает уникальное решение повышенной ценности как для проектировщиков систем, так и для инженеров по обеспечению целостности, предназначенное для экономии времени и повышения эффективности. Оно автоматизирует гидравлический анализ для каждой станции и использует математику надежности для расчета вероятности отказа.

Кроме того, он предоставляет информацию в интерактивном формате, что позволяет операторам легко получать важные сведения и анализировать возможные варианты действий. Это включает в себя создание карты станций по всей сети, которая позволяет оператору щелкнуть по местоположению и определить степень риска.

Это решение также позволяет операторам эффективно монетизировать риски на всех станциях, ранжировать их и соответствующим образом распределять ресурсы по приоритетам. Объединяя вероятность и последствия сбоя, инструмент предоставляет им четкую оценку потенциального ущерба. Инженеры могут использовать эту информацию для определения станций регулирования, представляющих наибольший риск, и принятия мер по снижению риска, таких как защита от избыточного давления, замена устаревших регуляторов и увеличение частоты проверок с помощью программ управления активами.

Один из первых операторов, один из крупнейших операторов Америки, извлек уроки из взрыва на трубопроводе в Мерримак-Вэлли и внедрил комплексное решение DNB для оценки как риска утечек и разрывов на каждой станции, так и рисков, связанных с избыточным давлением и аварийными отключениями, вызванными работой станций. Эксперты DNB работали в тесном сотрудничестве с оператором над созданием модели рисков, учитывающей конфигурацию каждой регулирующей станции и связанную с ней историческую эксплуатационную надежность.

Внедрение принципов безопасной организации труда и системного подхода к оценке рисков на всех уровнях управления позволяет минимизировать вероятность аварийных ситуаций и защитить здоровье работников. Это также требует активного вовлечения руководства в процесс формирования культуры безопасности, где каждый работник является частью общего механизма обеспечения безопасной эксплуатации.

В дополнение к вышеперечисленным аспектам, актуальным является применение современных технологий, таких как дистанционные датчики, системы автоматизации и телеметрии, которые могут значительно снизить риски при эксплуатации МГ и ГРС. Интеграция таких технологических решений позволяет осуществлять анализ состояния оборудования и проводить дистанционное управление, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные угрозы и минимизировать вмешательство человека в процесс.

Таким образом, анализ эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций, а также мероприятия по снижению профессиональных рисков – это многоуровневая задача, требующая комплексного подхода и постоянного совершенствования как технических, так и организационных процессов [3]. Реализация предложенных мероприятий даст возможность повысить уровень безопасности и надежности газотранспортной системы, что в свою очередь будет способствовать устойчивому развитию энергетики и защиты интересов как работников, так и общества в целом.

Задачи:

- изучить современные методы, технологии, средства;
- провести сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик технологий, методов, средств по применимости и использованию в решении задач магистерской диссертации.

Анализ эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС) является критически важным

аспектом в области энергоснабжения, поскольку данные объекты не только обеспечивают надежную транспортировку природного газа, но и характеризуются высоким уровнем потенциальных профессиональных рисков [5]. В современных условиях важность эффективной эксплуатации этих объектов многократно возрастает, что связано как с увеличением объемов транспортируемого газа, так и с необходимостью соблюдения строгих норм безопасности.

Одним из современных методов анализа состояния и функционирования МГ и ГРС является применение систем мониторинга в режиме реального времени. Данные технологии позволяют отслеживать параметры работы газопроводов и станций, такие как давление, температура, скорость потока. С помощью датчиков и автоматизированных систем управления можно оперативно выявлять отклонения в работе оборудования, что способствует снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций. Дистанционное зондирование и использование беспилотных летательных аппаратов для инспекции труднодоступных участков в значительной степени увеличивают уровень безопасности, позволяя проводить регулярные обследования без необходимости вывода работников на потенциально опасные участки.

Другим важным направлением является использование инструментов предиктивной аналитики и машинного обучения, которые помогают в анализе данных, собранных в процессе эксплуатации. Эти системы способны на основе исторических данных о работе газопроводов и ГРС прогнозировать риски и вероятные неисправности. Например, алгоритмы могут отслеживать и анализировать данные о давлении и температуре, выявляя аномалии и подсказывая, когда следует проводить техническое обслуживание или замену оборудования. Это действие не только способствует предотвращению серьезных аварий, но также позволяет оптимизировать процесс эксплуатации и значительно снизить эксплуатационные расходы.

Одной из ключевых составляющих снижения профессиональных

рисков является обучение персонала, направленное на повышение квалификации и уровень осведомленности сотрудников о современных методах безопасного обращения с оборудованием. Внедрение системы обязательного обучения с использованием симуляторов и виртуальной реальности позволит работникам не только получить теоретические знания, но и практические навыки для работы в нестандартных и экстренных ситуациях. Эффективная подготовка кадров – важный аспект, способствующий формированию культуры безопасности и снижению уровня человеческого фактора в производственных процессах.

Современные технологии также предполагают использование блокчейн-технологий для повышения уровня прозрачности и управления данными. Внедрение децентрализованных реестров позволит эффективно отслеживать движение газа, а также обеспечит безопасность информации и защиту от подделки данных. Данные технологии способствуют улучшению взаимодействия между разными участниками процесса, что может снизить вероятность возникновения ошибок и недоразумений.

Важным аспектом является также внедрение систем управления безопасностью на основе оценки рисков. Этот подход включает в себя целый ряд мероприятий, связанных с выявлением и анализом опасностей, оценкой рисков для здоровья и безопасности работников, а также разработкой и реализацией мероприятий по снижению этих рисков до приемлемого уровня. Такой подход позволит минимизировать вероятность возникновения несчастных случаев на производстве, а также оптимизирует процесс управления безопасностью [27].

Ключевым направлением остается интеграция принципов устойчивого развития в эксплуатацию МГ и ГРС. Это включает в себя не только технические аспекты, но и социальные – вовлечение местных сообществ, обеспечение защиты экологии, а также соблюдение стандартов и рекомендаций международных организаций. Анализ эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций представляет

собой многофакторный процесс, в котором учитываются как технические, так и организационные аспекты. В современном контексте, при высоких требованиях к безопасности, надежности и эффективности энергетических систем, требуется не только применение традиционных методов, но и внедрение современных технологий, способствующих минимизации профессиональных рисков для работников [31].

Одним из ключевых направлений, ставших актуальными в последние годы, является использование технологий интернета вещей (IoT). Эти технологии позволяют встроить в оборудование датчики, которые осуществляют мониторинг состояния газопроводов и ГРС в реальном времени. Датчики фиксируют критически важные параметры, такие как давление, температура, скорость потока и коррозионное состояние трубопроводов. Данные в режиме реального времени передаются в централизованные системы, где они анализируются на предмет выявления аномалий и потенциальных угроз. Это позволяет оперативно реагировать на изменения и принимать меру до того, как проблема перерастет в серьезное происшествие.

Параллельно с IoT, активно развиваются методы обработки больших данных (Big Data), которые позволяют анализировать собранную информацию и выявлять тренды и закономерности. Применение алгоритмов машинного обучения позволяет предсказывать потенциальные неисправности и аварийные ситуации, что в свою очередь способствует планированию профилактических мероприятий. Например, на основе анализа исторических данных о неисправностях и их причин, можно создать предсказательные модели, которые помогут в управлении техническим обслуживанием, минимизируя время простоя оборудования и расходы на ремонт.

Еще одним важным направлением является внедрение беспилотных летательных аппаратов для инспекции объектов. Дроны могут проводить визуальный осмотр труднодоступных участков газопроводов и ГРС, что

значительно снижает риски для работников. Они оснащаются камерами высокой четкости и тепловизионными датчиками, позволяющими в реальном времени выявлять утечки газа, коррозию или другие повреждения. Такие проверки позволят быстро и безопасно определить состояние инфраструктуры, что делает процесс регулярного контроля гораздо более эффективным.

Аналогично, виртуальная и дополненная реальность находят применение в обучении персонала. Системы симуляции позволяют обучать сотрудников в безопасной обстановке, моделируя возможные аварийные ситуации. Это способствует повышению уровня подготовки кадров и снижает вероятность человеческого фактора, который остается одной из основных причин возникновения несчастных случаев на производстве.

Современные системы управления обычно включают блокчейн-технологии, которые обеспечивают высокий уровень прозрачности и контроля данных. Это позволяет минимизировать риски ошибок и манипуляций с информацией, повышая доверие между всеми участниками процесса – от операторов до регуляторов. Блокчейн позволяет в реальном времени отслеживать движение газа и фиксировать все операции, обеспечивая полную его прослеживаемость и автоматизацию процессов отчетности.

Не стоит забывать и о внедрении принципов управления охраной труда на уровне предприятия. Современные системы управления безопасностью основаны на оценке рисков и включают в себя регулярные аудиты, которые помогают выявлять потенциальные угрозы и разрабатывать планы по их устранению. Обучение сотрудников вопросам охраны труда, регулярная практика эвакуации и другие меры также способствуют созданию безопасной рабочей среды.

Наконец, высокий уровень автоматизации процессов также снижает нагрузку на работников, исключая необходимость в ручном выполнении опасных операций. Автоматизированные системы управления позволяют

минимизировать контакт персонала с потенциально опасными условиями на производстве. Анализ эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС) в современных условиях становится всё более важной задачей, поскольку эффективная и безопасная эксплуатация этих объектов напрямую связана с безопасностью и надежностью обеспечения энергоресурсами [10]. В этом контексте необходимы всесторонние меры по снижению профессиональных рисков, на которые влияет множество факторов, включая состояние оборудования, условия труда и уровень подготовки персонала.

Современные средства, применяемые для анализа эксплуатации МГ и ГРС, представляют собой сложные системы, которые позволяют не только мониторить физическое состояние инфраструктуры, но и оптимизировать процессы её работы. Одним из самых значительных достижений последних лет является внедрение систем удаленного мониторинга и контроля, основанных на технологиях интернета вещей (IoT). Эти решения позволяют устанавливать датчики на ключевые компоненты газопровода и ГРС, которые в реальном времени собирают данные о таких параметрах, как давление, температура, уровень утечек и состояние соединений.

С помощью передовых программных алгоритмов данные анализируются для выявления аномалий. В случае обнаружения отклонений, система моментально уведомляет операторов, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные угрозы. Такой подход значительно снижает вероятность аварийных ситуаций, поскольку позволяет предвидеть их появление и принимать меры еще до возникновения серьезных проблем.

Кроме того, для обеспечения безопасности эксплуатации активно используются дроновые технологии. Беспилотные летательные аппараты оснащены высокочувствительными камерами и тепловизионными приборами обеспечивают инспекцию труднодоступных участков газопровода. Это не только ускоряет процесс осмотра, но и минимизирует риски, связанные с выполнением таких работ в опасных условиях. С помощью дронов можно

оперативно выявлять утечки и повреждения, что крайне важно для предотвращения экологических аварий и обеспечения безопасности граждан.

Важным направлением является и внедрение систем автоматизированного управления. Современные решения позволяют оптимизировать работу ГРС, снижая количество необходимых ручных операций и минимизируя влияние человеческого фактора, который часто является источником ошибок. Подобные системы способны автоматически регулировать параметры работы, основываясь на текущих данных, а также проводить самодиагностику и предсказывать необходимое техническое обслуживание.

Обучение и повышение квалификации персонала также остаются неотъемлемой частью системы управления профессиональными рисками. Использование симуляций и тренажеров, основанных на виртуальной реальности, позволяет обучать сотрудников в безопасной среде. Эти новые подходы делают подготовку более эффективной, так как работники могут не только теоретически изучать процедуры, но и отрабатывать действия в условиях, максимально приближенных к реальным.

К технологическим решениям, способствующим снижению рисков, также стоит отнести программное обеспечение для управления безопасностью труда. Эти системы учитывают множество факторов: от условий труда до метеорологических воздействий, что позволяет оперативно реагировать на меняющиеся условия и корректировать рабочие процессы. Открытые платформы могут интегрироваться с другими системами предприятия и обеспечивать единое информационное поле, на основе которого эффективно принимаются управленческие решения [1].

Одной из основ управления рисками является анализ аварийных ситуаций, произошедших в прошлом. Для этого может использоваться система управления инцидентами, которая позволяет накапливать и анализировать информацию о происшествиях. Это дает возможность выявить наиболее уязвимые места и сосредоточить усилия на их улучшении.

Для проведения сравнительного анализа технических и эксплуатационных характеристик технологий, методов и средств, применяемых в решении задач магистерской диссертации, необходимо рассмотреть несколько ключевых аспектов, относящихся к эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС) на примере ООО «ОРИОН» [17].

Первый аспект касается анализа текущего состояния эксплуатации МГ и ГРС. В современных условиях важную роль играют технологии и оборудование, используемые в этих системах. Например, автоматизированные системы контроля и управления включают в себя SCADA-системы и специализированные датчики на основе Интернета вещей, что позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени, отслеживая такие параметры, как давление, температура и наличие утечек газа. Инфраструктура, включая резервуары для хранения газа, насосные станции и системы аварийного отключения, также требует критического анализа, чтобы оценить ее эффективность и надежность.

Что касается эксплуатационных характеристик, то важно рассмотреть такие аспекты, как надежность работы оборудования, которая может оцениваться по договорам на техническое обслуживание, частоте проверок и средней продолжительности безотказной работы (MTBF). Кроме того, следует проанализировать эффективность процессов, например, время, затраченное на реагирование в аварийных ситуациях, и эффективность диагностики и устранения неисправностей.

Сравнивая технологии, можно отметить существенную разницу между традиционными методами, такими как ручной контроль с использованием портативных приборов, и современными автоматизированными системами. Внедрение интегрированных решений, таких как облачные технологии для хранения данных и анализа, позволяет значительно повысить качество и скорость обработки информации, что, в свою очередь, улучшает управление эксплуатацией газопроводов и станций [3].

Сравнительный анализ традиционных и современных методов продемонстрировал, что автоматизация и применение современных технологий значительно повышают надежность и безопасность эксплуатации МГ и ГРС [9]. Например, традиционные методы зависят от квалификации персонала и могут привести к медленному времени отклика в экстренных ситуациях. В то же время современные методики позволяют наладить автоматизированный контроль, что значительно сокращает время реакции на аварии и снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

При проведении сравнительного анализа технических и эксплуатационных характеристик технологий, методов и средств, направленных на решение задач магистерской диссертации, необходимо рассмотреть различные аспекты, такие как применение современных технологий в области безопасности на объектах магистральных газопроводов и газораспределительных станций, а также потенциальные риски, связанные с эксплуатацией этих объектов [17].

Первая задача заключается в разработке и предложении мероприятий, направленных на снижение идентифицированных рисков. В этом контексте важным является использование современных технологий мониторинга и диагностики состояния инфраструктуры. Одним из таких методов является применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) с высокоразвитыми камерами и сенсорами, позволяющими осуществлять регулярные инспекции трубопроводов в труднодоступных местах. Это позволяет значительно уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций, так как инспекции проводятся более регулярно и позволяют выявлять проблемы на ранних стадиях.

Дополнительные конструктивные изменения в инфраструктуре могут включать внедрение интеллектуальных систем управления, которые используют алгоритмы машинного обучения для прогнозирования потенциальных аварий и оптимизации работы газопроводов. Эти технологии не только повышают уровень безопасности, но и в значительной мере

снижают эксплуатационные затраты за счет повышения эффективности работы [34].

Вторая задача магистерской диссертации связана с исследованием и предложением современных методов защиты для персонала, работающего на объектах МГ и ГРС. Одним из ключевых аспектов повышения уровня безопасности является организация обучения и тренингов для сотрудников, включающих практические занятия по действиям в экстренных ситуациях. Использование виртуальной реальности (VR) для моделирования аварийных ситуаций может стать дидактическим инструментом, который позволяет сотрудникам создавать образы нужных действий в безопасной среде, тем самым повышая готовность к реальным ситуациям.

Также необходимо рассмотреть физические и организационные меры безопасности. Использование современных систем персональной защиты, таких как нагрудные датчики состояния здоровья, может существенно снизить риски профессиональных травм [1]. Эти устройства способны отслеживать физиологические параметры, такие как сердечный ритм и уровень стресса, и предоставлять тревожные сигналы в случае превышения допустимых значений.

Также стоит упомянуть о важности создания комфортной рабочей среды с учетом эргономики. Дизайн рабочих мест, который уменьшает физическую нагрузку, совместно с техническими средствами, такими как пневматические инструменты, облегчающими выполнение тяжелых работ, могут значительно снизить частоту травм и повысить продуктивность труда.

В процессе разработки магистерской диссертации, направленной на повышение безопасности и эффективности эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций компании ООО «ОРИОН», особое внимание необходимо уделить анализу и выбору технологий, методов и средств, которые обеспечат реализацию поставленных задач. В частности, задачи №5 и №6 требуют тщательного подхода к созданию программы регулярного обучения и повышения квалификации сотрудников, а также

оценки эффективности внедренных мер и их дальнейшей оптимизации. Сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик различных подходов позволит выбрать наиболее подходящие инструменты для достижения поставленных целей.

Пятая задача подразумевает разработку программы обучения и повышения квалификации сотрудников в области эксплуатации и обеспечения безопасности МГ и ГРС. В этом контексте можно рассмотреть несколько современных технологий и методов обучения. Одним из наиболее эффективных решений является интеграция электронных обучающих платформ (e-learning) с традиционными методами преподавания. Электронные платформы, такие как Moodle или корпоративные системы управления обучением (LMS), предоставляют гибкость в организации учебного процесса, позволяют сотрудникам проходить обучение в удобное для них время и темпе, а также обеспечивают доступ к разнообразным обучающим материалам, включая видеоуроки, вебинары, интерактивные модули и тесты для оценки знаний.

Использование симуляционных инструментов и виртуальной реальности (VR) может значительно повысить качество обучения. Симуляторы аварийных ситуаций на объектах МГ и ГРС позволяют сотрудникам отрабатывать действия в безопасной, контролируемой среде, что повышает их готовность к реальным инцидентам. Виртуальная реальность, например, может создавать реалистичные модели рабочих мест и потенциальных угроз, что способствует глубокому пониманию сложных процессов и увеличивает уровень вовлеченности обучающихся.

Для более глубокого освоения материала и практических навыков ключевым элементом может стать смешанное обучение (blended learning), которое сочетает онлайн-ресурсы с оффлайн-сессиями. Этот подход позволяет использовать преимущества обоих методов, обеспечивая теоретическую подготовку через электронные курсы и практическое закрепление знаний во время очных тренингов и семинаров.

Второй аспект пятой задачи – обеспечение регулярности и актуальности программы обучения – требует внедрения систем постоянного мониторинга и обновления учебных материалов. Автоматизированные системы управления обучением позволяют отслеживать прогресс каждого сотрудника, анализировать результаты тестирований и идентифицировать области, требующие дополнительного внимания. Это способствует созданию динамичной программы, которая адаптируется к изменяющимся требованиям и технологиям в области эксплуатации и безопасности газопроводов.

Переходя к шестой задаче, которая предполагает оценку эффективности предложенных мер и изменений, а также определение путей их дальнейшей оптимизации и внедрения, необходимо рассмотреть несколько ключевых аспектов и инструментов. Во-первых, для оценки эффективности внедренных обучающих программ и мер безопасности необходимо использовать количественные и качественные методы анализа. Количественные методы включают сбор и анализ данных о показателях безопасности, таких как количество аварийных инцидентов, частота нарушений протоколов безопасности, а также показатели производительности труда [4]. Эти данные могут быть собраны с помощью автоматизированных систем мониторинга и управления, которые интегрируются с корпоративными базами данных.

Качественные методы, такие как опросы сотрудников, интервью и фокус-группы, позволяют получить более глубокое представление о восприятии обучающих программ и мер безопасности со стороны персонала. Эти методы помогают выявить субъективные аспекты, которые могут не отражаться в количественных данных, но оказывают значительное влияние на общую эффективность программ.

Таким образом, можно сделать вывод, что инвестиции в современные технологии и методы, такие как автоматизация процессов, системы мониторинга и интеграция информационных технологий, способствуют повышению безопасности и надежности при эксплуатации МГ и ГРС. Важно

продолжать усилия по обучению персонала и модернизации оборудования, что позволит снизить уровень профессиональных рисков и повысить общую безопасность на производственных объектах.

Анализ современных технологий, методов и средств, направленных на решение задач магистерской диссертации, показывает, что интеграция инновационных решений в область управления рисками и безопасности на объектах МГ и ГРС представляет собой ключевой фактор для повышения уровня безопасности персонала и снижения вероятности профессиональных травм. Использование дронов, интеллектуальных систем управления, VR-тренингов, современных систем защиты и эргономичных решений не только способствует снижению рисков, но и является важным шагом к созданию более безопасной и эффективной рабочей среды.

2.2 Разработка мер по повышению безопасности МГ и ГРС

Для того чтобы провести детальный анализ текущего состояния эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС) на примере ООО «ОРИОН», а также идентифицировать основные профессиональные риски и оценить их влияние на безопасность труда и надежность системы, потребуется применение комплекса современных технологий, методов и средств. Данная работа включает не только технический анализ используемого оборудования и инфраструктуры, но и оценку человеческого фактора, организации работы, а также выявление потенциальных угроз для эксплуатации газотранспортных систем.

Первым этапом исследования является комплексное изучение состояния эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций.

На современном этапе развития промышленности особенно важно применение автоматизированных систем управления и мониторинга, таких как SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), которые позволяют в

реальном времени отслеживать параметры работы оборудования на газопроводах и станциях. Эта система собирает данные с датчиков, установленных на ключевых участках МГ и ГРС, позволяя оперативно выявлять отклонения в работе. Важно учесть возможность внедрения цифровых двойников (digital twins) – виртуальных копий реальных объектов, которые помогают моделировать и анализировать различные сценарии эксплуатации газопроводов и распределительных станций.

Для анализа состояния инфраструктуры газопроводов, особенно труднодоступных участков, может быть эффективно применено использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) с установленными на них камерами и инфракрасными сенсорами для проведения визуального осмотра трубопроводов, резервуаров, станций и другого оборудования. Это позволяет выявлять потенциальные повреждения или изношенные участки без необходимости остановки производства. Кроме того, подземные роботизированные устройства могут использоваться для внутренней инспекции трубопроводов.

Важнейшей составляющей анализа является применение методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковая диагностика, радиографические исследования и метод магнитопорошковой дефектоскопии. Эти методы позволяют оценить техническое состояние оборудования, трубопроводов и сварных швов, не нарушая их целостности.

Для прогнозирования износа оборудования и сроков его эксплуатации необходимо применение методов математического моделирования и анализа больших данных. На основе исторических данных об эксплуатации можно строить модели, предсказывающие потенциальные поломки или аварийные ситуации. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта в таких моделях может значительно повысить точность прогнозирования.

Технологический аудит инфраструктуры газопроводов и газораспределительных станций включает в себя оценку производительности

и уровня автоматизации процессов. Также важно учитывать экологические аспекты эксплуатации МГ и ГРС, такие как выбросы парниковых газов и утечки метана. Здесь могут быть использованы системы учета и анализа эмиссий, что позволит более точно оценить эффективность использования ресурсов и выявить возможности для модернизации.

Для точного выявления и оценки профессиональных рисков целесообразно использование систем мониторинга, позволяющих собирать и анализировать данные о рабочих условиях, производительности сотрудников, частоте поломок оборудования и аварийных ситуаций. Это включает использование носимых устройств, отслеживающих состояние здоровья и физическое состояние работников (например, частоту сердцебиения, уровень стресса, активность), а также применение программных решений для анализа поведения работников и выявления потенциальных факторов риска.

Для оценки потенциального воздействия профессиональных рисков необходимо проведение моделирования различных аварийных ситуаций. Программные решения для симуляции аварий на основе физических моделей и данных о состоянии инфраструктуры позволят оценить возможные последствия отказов оборудования, утечек газа или человеческих ошибок. Эти симуляции помогут разработать планы по управлению кризисными ситуациями и минимизации их последствий.

Для снижения профессиональных рисков необходимо уделить внимание модернизации оборудования и обеспечению соблюдения стандартов безопасности. Например, использование современных автоматизированных клапанов, систем аварийного отключения (ESD) и других технологий позволит существенно уменьшить вероятность аварий и повысить безопасность эксплуатации. Кроме того, важную роль играет повышение уровня автоматизации процессов и сокращение ручного труда, что снижает вероятность человеческой ошибки [14].

Ключевым элементом управления профессиональными рисками

является обучение работников и проведение регулярных тренингов по технике безопасности. Это может включать использование виртуальной реальности (VR) для моделирования опасных ситуаций, чтобы работники могли обучаться правильным действиям в условиях высокой стрессовой нагрузки. Такие технологии позволяют не только повысить уровень подготовки сотрудников, но и снизить вероятность инцидентов.

Психологическая нагрузка и стресс являются важными факторами, влияющими на безопасность труда. Разработка программ по управлению стрессом, поддержание благоприятного психологического климата на предприятии и обеспечение доступности психологической поддержки — все это поможет снизить уровень эмоционального выгорания и повысить безопасность труда.

Проведение детального анализа текущего состояния эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций, а также идентификация и оценка профессиональных рисков требуют комплексного подхода, включающего использование современных технологий, методов и средств. Внедрение систем мониторинга, цифровых двойников, методов неразрушающего контроля и прогнозирования, а также автоматизация процессов позволят не только улучшить эксплуатацию инфраструктуры, но и повысить безопасность и надежность системы. Инновационные методы работы с персоналом, включая носимые устройства, обучение с применением виртуальной реальности и управление психологическими рисками, помогут обеспечить здоровье и безопасность работников, что является важным условием для долгосрочной и успешной эксплуатации таких сложных и критически важных объектов, как МГ и ГРС [40].

Разработка и предложение мер для снижения рисков, включая конструктивные изменения в инфраструктуре и используемых технологиях, является важным этапом в управлении безопасностью и повышении эффективности производства. В современном мире, где технологический прогресс движется вперед семимильными шагами, необходимость в

обновлении и оптимизации инфраструктуры становится все более актуальной [33]. Для достижения значительных результатов в снижении рисков, связанных с технологическими и эксплуатационными аспектами, компании могут принять следующие стратегические решения [2].

Во-первых, проведение комплексного аудита существующей инфраструктуры и технологий поможет точно определить зоны риска и неэффективности. На основе полученных данных можно разработать план модернизации, который будет включать в себя замену устаревшего оборудования на более современное и безопасное, а также внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления процессами. Именно автоматизация позволяет значительно снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и обеспечивает более точную и своевременную реакцию на потенциальные угрозы.

Важную роль в снижении рисков играет и внедрение технологий Интернета вещей (IoT) [37]. Датчики, размещенные на ключевых объектах инфраструктуры, могут собирать данные о состоянии оборудования и окружающей среды в режиме реального времени, что позволяет оперативно выявлять и устранять неполадки до того, как они перерастут в серьезные аварийные ситуации. Дополнительно использование технологий машинного обучения может повысить эффективность анализа данных, помогая предсказать потенциальные сбои и разработать стратегии их предотвращения [26].

Отдельное внимание необходимо уделить изучению современных методов защиты персонала, работающего на объектах магистральных газопроводов и газораспределительных станций. Безопасность сотрудников – один из ключевых аспектов, который требует постоянного мониторинга и оптимизации. Современные методы защиты включают в себя не только чисто физические меры, такие как использование индивидуальных средств защиты, но и организационные и технологические новшества.

Эффективные программы обучения и регулярные тренировки,

акцентирующие внимание на культуре безопасности, играют решающую роль в снижении вероятности производственных травм. Знание и понимание сотрудниками современных стандартов и протоколов безопасности способны значительно повысить общий уровень защищенности.

Кроме того, использование носимых устройств, таких как смарт-каска и браслеты, позволяет следить за физиологическими параметрами работников и их перемещениями на объекте, гарантируя своевременное реагирование в случае необходимости срочных мер. Технологии виртуальной и дополненной реальности могут использоваться для обучающих симуляций, позволяя персоналу отрабатывать сценарии аварийных ситуаций в безопасной виртуальной среде.

Таким образом, внедрение современных технологий и методов, ориентированных на снижение рисков и повышение безопасности, может значительно улучшить общее состояние инфраструктуры и защитить человеческие ресурсы, которые являются основным активом любой компании. Создание безопасной и эффективной рабочей среды – это инвестиция в устойчивое будущее предприятия [36].

Для успешного решения таких задач, как разработка программы регулярного обучения и повышения квалификации сотрудников ООО «ОРИОН», а также проведение оценки эффективности предложенных мер и изменений, необходимо воспользоваться современными технологиями, методами и средствами. Эти меры помогут обеспечить повышение компетентности работников, улучшить взаимодействие между подразделениями и оптимизировать процессы в компании [23].

Разработка программы обучения и повышения квалификации.

Первым шагом в решении задачи является создание эффективной программы обучения, соответствующей современным требованиям и тенденциям в области эксплуатации и обеспечения безопасности магистральных газопроводов и газораспределительных станций. В реализации этой программы могут быть использованы следующие

технологии и методы:

- использование систем управления обучением (LMS, Learning Management System) позволит обеспечить доступ к учебным материалам в любое время и в любом месте. Это позволяет максимально эффективно использовать время работников и адаптировать программы обучения под их индивидуальные потребности. Платформы для электронного обучения могут включать видеоуроки, интерактивные курсы и тесты для самопроверки [21];
- технологии виртуальной и дополненной реальности могут стать мощным инструментом для обучения сотрудников в условиях, максимально приближенных к реальным. Например, с помощью VR можно моделировать аварийные ситуации и отрабатывать действия в условиях, когда возникает угроза безопасности. AR технологии могут использоваться для интерактивных подсказок и инструкций непосредственно на рабочем месте, помогая сотрудникам быстро и безопасно решать возникающие задачи;
- внедрение игровых элементов в учебные курсы может повысить мотивацию сотрудников к обучению. Создание соревновательных элементов, таких как достижение уровней, получение наград за выполненные задачи и участие в интерактивных квестах, делает процесс обучения более увлекательным и запоминающимся;
- анализ данных о каждом сотруднике и его уровнях компетенций позволит создать индивидуальные траектории обучения. Это может включать в себя адаптивные курсы, учитывающие текущие знания и навыки работника, а также предоставление рекомендаций по дополнительным материалам и задачам;
- включение в программу обучения элементов практического наставничества, когда более опытные сотрудники передают свои знания и навыки начинающим, может стать значимым шагом в

повышении квалификации. Это также могут быть регулярные семинары и воркшопы, где происходит обмен опытом и обсуждение новых технологий и методов.

Для успешной оценки эффективности предложенных мер необходимо разработать систему анализа и обратной связи, которая позволит выявить сильные и слабые стороны внедренных решений и определить направление дальнейшей оптимизации [15]:

- использование аналитических инструментов для сбора и обработки данных о процессе обучения и его результатах позволит создать полную картину текущей эффективности программы. Это могут быть метрики завершения курсов, баллы за тесты, отзывы участников и их руководителей. Анализ этих данных поможет определить, какие элементы программы наиболее успешны и востребованы, а какие требуют доработки;
- периодическое проведение опросов среди сотрудников по результатам обучения и внедрение систем обратной связи в обучающие платформы позволит своевременно получать информацию о проблемах и предложениях, что поможет сделать обучение более соответствующим потребностям работников;
- разработка четких KPI для оценки успеха программы обучения и предложенных мер будет способствовать более объективной оценке их эффективности. Это могут быть показатели по снижению количества инцидентов на производстве, повышение уровня удовлетворенности сотрудников, уменьшение времени на выполнение операций;
- прежде чем внедрять масштабные изменения, целесообразно запускать пилотные проекты в отдельных подразделениях или на ограниченном числе участников. Это позволит протестировать новые подходы в реальных условиях и собрать данные для их дальнейшей адаптации и оптимизации [3];

- привлечение специалистов и экспертов из отрасли для консультаций и проведения независимой оценки предложенных мер поможет получить комплексную оценку, основанную на лучших мировых практиках, и даст рекомендации по дальнейшему развитию программы;
- включение элементов обучения и повышения квалификации в общую систему управления качеством компании позволит поддерживать высокий уровень профессионализма сотрудников и внедрять изменения на постоянной основе.

Осуществление всех перечисленных мер по разработке и реализации эффективной программы обучения и оценки предложенных изменений может значительно повысить уровень профессионализма сотрудников ООО «ОРИОН», улучшить производственные процессы и увеличить надежность и безопасность эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций. Такой подход поможет компании оставаться конкурентоспособной на рынке и своевременно адаптироваться к изменениям в отрасли.

Цифровизация и использование систем мониторинга становятся краеугольными камнями современной промышленности, особенно в сфере управления объектами, такими как магистральные газопроводы и газораспределительные станции. В эпоху, когда оперативность и точность управления приобретают критическое значение, автоматизированные системы, такие как SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), играют решающую роль в обеспечении надежности и безопасности технологических процессов. Эти системы предоставляют компаниям возможность в реальном времени отслеживать параметры работы оборудования, тем самым значительно снижая риск аварий и нештатных ситуаций [4].

SCADA системы работают на основе сети датчиков, установленных на ключевых участках инфраструктуры, которые постоянно передают данные о состоянии оборудования, температуре, давлении и других критически

важных параметрах в централизованный пункт управления. Аналитика на основе этих данных позволяет инженерам быстро выявлять и устранять отклонения в работе оборудования, минимизируя риск человеческой ошибки и обеспечивая своевременное предупреждение о потенциально опасных ситуациях. Это особенно важно для таких сложных и технически насыщенных объектов, как МГ и ГРС, где сбои могут повлечь за собой серьезные последствия не только для компании, но и для экологии и жителей прилегающих территорий.

Еще одним важным инструментом в арсенале цифровизации являются цифровые двойники (digital twins). Эти виртуальные модели реальных объектов позволяют предприятиям детально анализировать и прогнозировать поведение систем при различных сценариях их эксплуатации. На основе данных, полученных из систем мониторинга, цифровые двойники могут симулировать широкий спектр условий: от стандартных до аварийных, предоставляя уникальную возможность отработки и оптимизации процессов в безопасной виртуальной среде. Использование таких технологий не только повышает безопасность и эффективность эксплуатации, но и способствует более рациональному распределению ресурсов и сокращению операционных затрат.

Помимо SCADA и цифровых двойников, интеграция технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в системы управления позволяет выйти на новый уровень предиктивного анализа. Эти технологии обеспечивают более глубокое понимание данных за счет выявления скрытых закономерностей и тенденций, что, в свою очередь, позволяет принимать более обоснованные управленческие решения. Применение анализа больших данных (Big Data) в сочетании с IoT (Интернет вещей) датчиками создает условия для высокоточной диагностики оборудования и прогнозирования его состояния, что чрезвычайно важно для планирования и проведения технического обслуживания на объектах.

Благодаря комплексной цифровизации и использованию систем

мониторинга, предприятия получают возможность не только эффективно управлять текущими процессами, но и строить стратегию долгосрочного развития на основе надежной и актуальной информации. Это позволяет не только существенно повысить уровень промышленной безопасности, но и увеличить экономическую эффективность, создавая более устойчивую и конкурентоспособную бизнес-среду. В условиях быстро меняющегося технологического ландшафта внедрение таких решений становится не роскошью, а необходимостью для успешного функционирования и роста [7].

SCADA это сложная система управления и сбора данных, широко используемая для мониторинга и контроля промышленных процессов (рисунок 1). Она играет ключевую роль в различных отраслях, таких как энергетика, нефтегазовая промышленность, водоснабжение, производство, транспорт и многие другие. Система SCADA позволяет операторам управлять процессами в режиме реального времени, отслеживать ключевые показатели и оперативно реагировать на любые изменения. Возможности SCADA охватывают весь процесс от сбора данных до их анализа и принятия управленческих решений, и её внедрение значительно повышает эффективность, безопасность и производительность на предприятии.

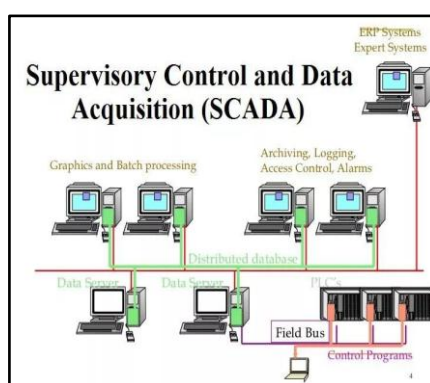


Рисунок 1 – SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Одной из главных функций SCADA является возможность удаленного управления и мониторинга. В системе используется сеть датчиков и

контроллеров, которые собирают данные с различных объектов и передают их в центральный диспетчерский центр. Это позволяет операторам управлять удаленными объектами, такими как насосные станции или электроподстанции, находясь на значительном расстоянии. В случае возникновения внештатных ситуаций система может автоматически выслать оповещения, а операторы могут быстро принять меры для их устранения. Например, в энергосистемах SCADA позволяет контролировать уровни напряжения и переключать оборудование для предотвращения перегрузок [11].

Еще одним важным аспектом SCADA является возможность сбора и хранения данных, которые затем могут быть проанализированы для оптимизации процессов. Система собирает данные о параметрах производственных процессов, таких как давление, температура, скорость потока, уровень жидкости и другие показатели. Эти данные могут быть сохранены в течение долгого времени, что позволяет производить анализ тенденций и выявлять аномалии. Используя SCADA, инженеры могут, например, обнаружить начальные признаки износа оборудования и вовремя его заменить, предотвращая возможные аварии и снижая затраты на ремонт. Анализ данных также помогает выявить узкие места в производственных процессах и улучшить общую производительность.

Еще одна ключевая возможность SCADA – это автоматизация управления. Система позволяет задать определенные параметры и настроить действия, которые будут автоматически выполняться при достижении этих параметров. Это особенно полезно на предприятиях с непрерывным производственным циклом, где критически важно поддержание постоянных условий работы оборудования. SCADA может контролировать показатели и корректировать их без участия оператора, обеспечивая тем самым стабильность процессов. Например, в нефтеперерабатывающей промышленности система может автоматически регулировать подачу сырья и теплообмен для поддержания заданного уровня качества продукции.

Системы SCADA также обладают возможностью интеграции с другими информационными системами предприятия, что делает её частью комплексной системы управления производством (MES – Manufacturing Execution System) или системы управления предприятием (ERP – Enterprise Resource Planning). Благодаря интеграции с MES и ERP системы SCADA могут передавать и получать данные, такие как производственные графики, заказы на техническое обслуживание, планы и прогнозы. Это обеспечивает единую платформу для управления, где данные от SCADA могут быть использованы для принятия управленческих решений, а также для улучшения логистики и планирования.

Безопасность данных и процессов также является важным аспектом в SCADA-системах. Современные SCADA-системы защищены от кибератак и внешних вмешательств, так как они управляют критически важной инфраструктурой. Многие SCADA-системы интегрируются с системами безопасности для обнаружения несанкционированного доступа и предотвращения повреждений. Кибербезопасность становится всё более актуальной, особенно для инфраструктуры, такой как электростанции, водоснабжение и транспортные системы, поэтому производители SCADA уделяют этому большое внимание, разрабатывая системы защиты и отслеживая любую подозрительную активность [28].

SCADA позволяет улучшить взаимодействие и координацию между операторами, инженерами и другими сотрудниками. Система предоставляет визуализацию данных в виде диаграмм, графиков и отчетов, что облегчает понимание текущего состояния системы. Операторы могут получать четкие и понятные данные о производственном процессе и могут оперативно принимать решения. Кроме того, SCADA позволяет удаленно получать доступ к данным через мобильные устройства, что облегчает мониторинг и управление даже за пределами предприятия.

Инженерные мероприятия по снижению рисков в промышленности и на производственных объектах являются неотъемлемой частью стратегии

обеспечения безопасности. Эти мероприятия включают модернизацию оборудования, внедрение новых технологий и соблюдение международных стандартов безопасности. Каждый из этих аспектов играет ключевую роль в минимизации профессиональных рисков и предотвращении аварий на производстве. Одним из важнейших элементов, направленных на повышение безопасности, является система аварийного отключения, известная как ESD (Emergency Shutdown System).

Система аварийного отключения (ESD) представляет собой комплекс решений, предназначенных для быстрой и безопасной остановки оборудования или процесса в случае возникновения чрезвычайной ситуации (рисунок 2). Эти системы применяются в критических отраслях, таких как нефтегазовая промышленность, химические предприятия, энергетика и другие, где сбой в работе могут привести к катастрофическим последствиям. Основная цель ESD – предотвратить происшествия, которые могут вызвать утечку опасных веществ, возникновение пожаров или взрывов, нанесение вреда окружающей среде, а также угрозу жизни и здоровью людей.

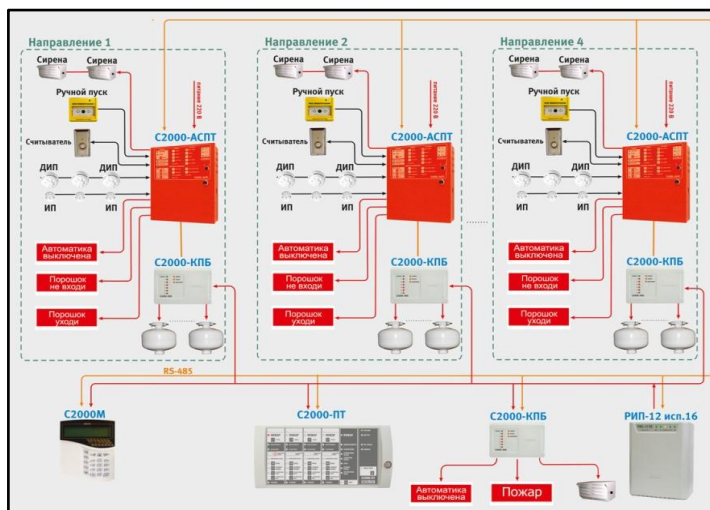


Рисунок 2 – Система аварийного отключения (ESD)

Система ESD функционирует, обеспечивая оперативное отключение энергии, изоляцию потоков процессов и привод в безопасное состояние

оборудования. Она разрабатывается с учетом специфики каждого производственного объекта и включает в себя серию предохранительных клапанов, отключающих устройств и других компонентов, способствующих быстрому реагированию на непредвиденные ситуации. Одним из центральных элементов ESD является контрольная система, способная обнаруживать признаки опасности, такие как резкое изменение давления, утечка газа, пожар и другие аномалии. При обнаружении таких параметров система мгновенно инициирует порядок действий, заранее запрограммированный для данной ситуации [19].

Автоматизация – важнейшее преимущество системы ESD, минимизирующее влияние человеческого фактора. Человеческие ошибки, такие как задержка в принятии решений, неверная оценка ситуации или неправильные действия в стрессовой обстановке, могут сыграть фатальную роль в условиях аварийной ситуации. ESD за счет автоматической природы своих процессов гарантирует, что соответствующие меры будут приняты быстрее и точнее, чем, если бы, они выполнялись вручную оператором.

Современные ESD системы могут быть интегрированы с другими средствами автоматизации и управления, например, SCADA-системами, что обеспечивает лучшие возможности для мониторинга и управления процессами в реальном времени. Интеграция с системами управления позволяет не только эффективно следить за состоянием оборудования, но и анализировать данные о работе системы для дальнейшего улучшения процедур безопасности и оптимизации процессов обслуживания.

Использование в системе ESD современных технологий, таких как интеллектуальные клапаны и программируемые логические контроллеры (PLC), значительно улучшает её надежность и функциональность. Интеллектуальные клапаны имеют встроенные датчики и регуляторы, которые позволяют более точно управлять процессами, а также своевременно выявлять потенциальные проблемы. PLC позволяют программировать различные сценарии автоматизации и множества логических условий,

обеспечивая гибкость и адаптацию системы к изменяющимся условиям производства [10].

Поскольку неисправности или сбои в функционировании ESD системы могут иметь критические последствия, большое внимание также уделяется её резервированию и самодиагностике. Эти стратегии обеспечивают постоянную готовность системы к выполнению своих функций, даже в случае отказа отдельного компонента. Надежные ESD системы разрабатываются с концепцией избыточности, предполагающей наличие резервных путей и механизмов для повышения отказоустойчивости.

Проведенный анализ текущего состояния эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций на примере ООО «ОРИОН» выявил ряд ключевых аспектов, требующих внимания для повышения эффективности и безопасности работы. Детальное изучение используемой инфраструктуры и оборудования позволило лучше понять существующие проблемы и слабые места в эксплуатационном процессе. В частности, необходимость модернизации устаревших компонентов системы и интеграции новых технологий стала очевидной на фоне современных требований к безопасности и надежности работы газовых сетей.

Идентификация основных профессиональных рисков, связанных с эксплуатацией МГ и ГРС, является центральным элементом повышения уровня безопасности. Анализ показал, что многие из потенциальных угроз могут оказывать значительное влияние на безопасность труда и надежность всей системы. Было предложено разработать конструктивные изменения в инфраструктуре и использовать современные технологические решения, чтобы минимизировать выявленные риски. Внедрение новых методов защиты персонала является неотъемлемой частью этой стратегии, что способствует не только снижению вероятности профессиональных травм, но и повышению общего уровня безопасности на объектах компании.

Ключевое значение имеет разработка программы регулярного обучения и повышения квалификации сотрудников ООО «ОРИОН». Обучение

персонала современным методам эксплуатации и обеспечения безопасности МГ и ГРС позволяет не только минимизировать человеческий фактор как источник производственных аварий, но и способствует созданию культуры безопасности на предприятии. Оценка эффективности предложенных мер и их последующая оптимизация являются завершающим этапом в процессе улучшения эксплуатационной деятельности, что обеспечивает более устойчивое развитие предприятия в долгосрочной перспективе.

SCADA – это высокотехнологичная система, которая делает возможным мониторинг, сбор и анализ данных, а также автоматизацию процессов, обеспечивая надежное и безопасное управление производственными процессами. Она увеличивает эффективность работы оборудования, позволяет контролировать процессы в реальном времени и способствует повышению безопасности на предприятиях. Системы SCADA находят применение в самых разных отраслях, и их роль продолжает расти, особенно с учетом интеграции с передовыми технологиями, такими как Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект.

Системы аварийного отключения (ESD) являются неотъемлемой частью инженерных мероприятий по снижению рисков, обеспечивая надежную защиту от возможных аварий и катастроф. Их применение в сочетании с модернизацией оборудования и соблюдением стандартов безопасности способствует созданию безопасной рабочей среды, минимизируя профессиональные риски и улучшая общую эффективность производства. Постоянно развивающиеся технологии и решения в области ESD позволяют идти в ногу с требованиями времени и увеличивать уровень безопасности на современных производственных и промышленных предприятиях [38].

Вопрос обеспечения безопасности магистральных газопроводов и газораспределительных станций является критически важным как для надежности поставок газа, так и для предотвращения потенциально катастрофических аварий [13]. Стареющая инфраструктура в сочетании с

внешними угрозами и эксплуатационными рисками требует комплексного подхода к повышению безопасности.

Значительная часть российской сети газопроводов была построена несколько десятилетий назад и с тех пор превысила запланированный срок эксплуатации. Износ материалов трубопроводов из-за коррозии, усталости металла и недостаточного количества защитных покрытий привел к увеличению частоты утечек и разрывов. Например, согласно отчету «Газпрома» за 2023 год, примерно 30% эксплуатируемых трубопроводов старше 30 лет, при этом более 15% имеют признаки критического износа.

Предлагаемые меры:

- замена и модернизация трубопроводов: приоритетное внимание замене старых участков современными трубами, изготовленными из коррозионностойких материалов, таких как полиэтилен высокой плотности (HDPE) или стальные трубы с улучшенными защитными покрытиями. Кроме того, внедрение комплексных систем ремонта позволяет продлить срок службы трубопроводов без необходимости их немедленной замены;
- системы катодной защиты: расширяют возможности использования катодной защиты для борьбы с внешней коррозией, особенно в регионах с высокой влажностью и засоленностью почвы;
- интеллектуальные контейнеры для контроля: расширяют внедрение интеллектуальных систем контроля, которые могут обнаруживать внутреннюю коррозию, потери металла и даже мельчайшие трещины в режиме реального времени. Например, пилотный проект в Ямало-Ненецком автономном округе показал снижение числа отказов трубопроводов на 20% после внедрения интеллектуальных устройств, способных проводить ультразвуковую и магнитную проверку на утечку.

Ключевые показатели успеха:

- сокращение числа инцидентов с утечками: планируемое

сокращение числа инцидентов с утечками на 15% в течение пяти лет;

- экономическая эффективность: снижение затрат на техническое обслуживание на 10% за счет предотвращения отказов до их возникновения;
- увеличение срока службы: увеличение срока службы трубопроводов в среднем на 10 лет.

Газораспределительные станции часто страдают от устаревших систем управления и отсутствия возможностей автоматизированного реагирования на чрезвычайные ситуации [35]. Ручной мониторинг и управление не только замедляют реагирование на инциденты, но и повышают риск человеческих ошибок. В 2022 году в Московской области было зарегистрировано четыре инцидента, связанных со скачками давления на ГРС, в основном из-за устаревшего оборудования и несвоевременного реагирования вручную.

Предлагаемые меры:

- автоматизация систем управления: установка программируемых логических контроллеров (ПЛК) и систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) для автоматизации управления давлением и расходом на ГРС. Автоматизированные системы могут быстро обнаруживать отклонения и инициировать корректирующие действия без вмешательства человека;
- датчики обнаружения утечки газа: внедрение инфракрасных и ультразвуковых датчиков, которые могут с высокой точностью обнаруживать утечки метана и других углеводородов. Например, на ГРС в Санкт-Петербурге количество аварийных отключений сократилось на 25% после установки датчиков газа в режиме реального времени, подключенных к централизованной системе мониторинга;
- резервные системы безопасности: внедрение резервных клапанных систем для автоматической изоляции участков сети в случае утечки

или взрыва, сводя к минимуму распространения опасностей.

Ключевые показатели успеха:

- время реагирования на инциденты: сокращение времени реагирования на утечки на 30%;
- время простоя в эксплуатации: сокращение времени простоя ГРС на 15% благодаря автоматизированному мониторингу;
- соблюдение требований безопасности: обеспечение 100% соответствия стандартам ГОСТ по безопасности для газовой инфраструктуры.

Поскольку системы MGP и GDS все чаще используют цифровые технологии управления и мониторинга, угроза кибератак возрастает. Примечательный пример произошел в 2021 году, когда из-за предполагаемого кибератакующего вмешательства в региональную GDS передача данных была прервана на 12 часов, что продемонстрировало уязвимость цифровых систем.

Предлагаемые меры:

- сегментация сети: изолирование критически важных систем управления от внешних сетей, чтобы ограничить точки доступа для потенциальных кибератак;
- протоколы шифрования: сквозное шифрование для передачи данных между центрами управления и полевым оборудованием, чтобы предотвратить несанкционированный доступ и вмешательство;
- системы обнаружения вторжений (IDS): развертывание IDS с возможностями машинного обучения для выявления необычных сетевых действий, которые могут указывать на атаку. Например, установка IDS на газораспределительном узле в Краснодаре предотвратила потенциальную кибератаку, обнаружив аномальные потоки данных и запустив автоматическое отключение затронутых систем.

Ключевые показатели успеха:

- время обнаружения инцидентов: сокращение времени обнаружения потенциальных вторжений до менее чем 5 минут;
- время простоя сети: сокращение времени простоя из-за киберинцидентов до менее чем 1 часа в год;
- уровень соответствия требованиям: обеспечение полного соблюдения требований Федерального закона № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры».

Человеческий фактор остается основной причиной инцидентов на объектах газовой инфраструктуры. Недостаточная подготовка по протоколам реагирования на чрезвычайные ситуации и недостаточное количество тренировок по технике безопасности способствуют задержке и неэффективному реагированию на несчастные случаи.

Предлагаемые меры:

- регулярные учения по технике безопасности: проведение обязательных ежеквартальных учений для операторов трубопроводов и персонала ГРС, моделируя различные аварийные сценарии, включая утечку газа, скачки давления и опасность пожара;
- программы повышения квалификации: разработка специализированных учебных модулей, посвященных новым автоматизированным системам, угрозам кибербезопасности и лучшим практикам антикризисного управления;
- системы отчетности об инцидентах: создание мобильной системы отчетности для операторов, позволяющей быстро регистрировать потенциальные риски и инциденты, которые едва не произошли, что позволяет принимать упреждающие меры.

Ключевые показатели успеха:

- улучшение времени реагирования: сокращение времени реагирования при проведении аварийных учений на 20%;

- повышение квалификации операторов: обеспечение прохождения 95% персонала ежегодных сертификационных испытаний по технике безопасности;
- сокращение числа инцидентов: планирование сокращения количества инцидентов, связанных с человеческими ошибками, на 10%.

Пробелы в регулировании и фрагментарный надзор часто замедляют внедрение мер по повышению безопасности. Несогласованное применение стандартов безопасности в разных регионах усугубляет риски.

Предлагаемые меры:

- единые стандарты безопасности: установление общенационального стандарта проверки безопасности трубопроводов, объединяющий стандарты ISO 55001 для управления активами и ISO 31000 для управления рисками;
- стимулы для повышения безопасности: предложение налоговых льгот и субсидий для компаний, которые инвестируют в модернизацию устаревающих трубопроводов и внедрение автоматизированных систем безопасности.
- государственно-частное партнерство (ГЧП): поощрение ГЧП для финансирования крупномасштабных проектов модернизации, таких как строительство дополнительных подземных хранилищ и усовершенствованных систем мониторинга.

Ключевые показатели успеха:

- уровень соответствия нормативным требованиям: достижение 100% соответствия обновленным стандартам безопасности в течение пяти лет;
- рост инвестиций: обеспечение увеличения частных инвестиций в повышении безопасности на 20%.
- снижение аварийности: цель сократить количество аварий на трубопроводах на 15% к 2030 году.

Важным направлением снижения профессиональных рисков является развитие системы обучения персонала, включая занятия по оказанию первой помощи, правилам безопасной эксплуатации газового оборудования и действиям в экстренных ситуациях. Внедрение современных форм образовательных программ, таких как симуляционные тренинги и онлайн-курсы, способствует повышению уровня готовности работников к действию в кризисных ситуациях.

Выводы по разделу

В разделе определено, что одним из основных факторов, влияющих на безопасность эксплуатации газопроводов и ГРС, является состояние инженерных сооружений и оборудования. С течением времени, под воздействием внешней среды, материалов и технологий, может происходить деградация инфраструктуры, что повышает вероятность аварийных ситуаций. Поэтому регулярные обследования, техническое освидетельствование, а также применение современных методов мониторинга состояния металлоконструкций и будущих технологий, таких как автоматизированные системы диагностики, становятся критически важными для предотвращения возможных угроз. Не менее значимым является и человеческий фактор. Проблемы, связанные с недостаточной квалификацией работников, недостатком обучения и инструктажей о правилах безопасной работы, могут стать причиной несчастных случаев.

Анализ современных технологий, методов и средств, направленных на решение задач магистерской диссертации, показывает, что интеграция инновационных решений в область управления рисками и безопасности на объектах МГ и ГРС представляет собой ключевой фактор для повышения уровня безопасности персонала и снижения вероятности профессиональных травм [39]. Использование дронов, интеллектуальных систем управления, VR-тренингов, современных систем защиты и эргономичных решений не только способствует снижению рисков, но и является важным шагом к созданию более безопасной и эффективной рабочей среды.

Еще одним важным инструментом в арсенале цифровизации являются цифровые двойники (digital twins). Эти виртуальные модели реальных объектов позволяют предприятиям детально анализировать и прогнозировать поведение систем при различных сценариях их эксплуатации.

На основе данных, полученных из систем мониторинга, цифровые двойники могут симулировать широкий спектр условий: от стандартных до аварийных, предоставляя уникальную возможность отработки и оптимизации процессов в безопасной виртуальной среде.

Использование таких технологий не только повышает безопасность и эффективность эксплуатации, но и способствует более рациональному распределению ресурсов и сокращению операционных затрат. В условиях роста экологических и технических требований, стандартизация становится залогом успешного развития и устойчивой эксплуатации газовых сетей в будущем.

Предлагаемые меры:

- автоматизация систем управления: установка программируемых логических контроллеров (ПЛК) и систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) для автоматизации управления давлением и расходом на ГРС. Автоматизированные системы могут быстро обнаруживать отклонения и инициировать корректирующие действия без вмешательства человека;
- датчики обнаружения утечки газа: внедрение инфракрасных и ультразвуковых датчиков, которые могут с высокой точностью обнаруживать утечки метана и других углеводородов. Например, на ГРС в Санкт-Петербурге количество аварийных отключений сократилось на 25% после установки датчиков газа в режиме реального времени, подключенных к централизованной системе мониторинга;
- резервные системы безопасности: внедрение резервных клапанных систем для автоматической изоляции участков сети в случае утечки

или взрыва, сводя к минимуму распространение опасностей.

Повышение безопасности магистральных газопроводов и газораспределительных станций в России требует комплексного подхода, сочетающего модернизацию инфраструктуры, передовые технологии мониторинга, строгие меры кибербезопасности, всестороннее обучение и надежную нормативно-правовую базу.

Реализуя предложенные меры, можно значительно снизить риски, снизить количество аварий и обеспечить бесперебойную подачу природного газа. Конечной целью является создание надежной газотранспортной системы, которая не только соответствует современным стандартам безопасности, но и готова к будущим вызовам.

3 Результаты апробации предложенных решений по повышению безопасности МГ и ГРС

3.1 Реализация мер по повышению безопасности

Соблюдение мер безопасности также способствует повышению морального духа работников. Если сотрудники видят, что их здоровье и жизнь защищены, это способствует более продуктивной работе и снижению уровня стресса.

Снижение профессиональных рисков включает в себя следующие общие меры:

- обучение и повышении квалификации персонала. Регулярные тренинги и курсы могут значительно повысить осведомленность работников о потенциальных рисках и способах их минимизации;
- использование современного оборудования. Переход на новые технологии и оборудования снижает время простоя и уменьшает вероятность аварий;
- мониторинг и контроль. Установка системы автоматизированного мониторинга состояний МГ и ГРС позволяет в реальном времени отслеживать параметры, такие как давление и температура, что помогает выявлять потенциальные проблемы заранее;
- проведение регулярных инспекций. Плановые обследования и проверки состояния инфраструктуры могут позволить своевременно выявить и устранить неисправности;
- создание аварийных планов. Наличие четких инструкций о действиях при аварийных ситуациях может существенно снизить последствия инцидентов и обеспечить быструю реакцию;
- современные технологии защиты. Использование технологий, такие как дистанционное зондирование и датчики утечек, позволяет уменьшить риск возникновения аварийных ситуаций;

- улучшение системы коммуникации. Эффективная связь между всеми уровнями управления и работниками позволяет избегать недоразумений и повышает скорость принятия решений;
- психологическая поддержка. Обеспечение доступной поддержки для сотрудников, страдающих от стресса, связано с повышением общей безопасности.

В данной работе предлагается ряд конкретных мер, направленных на снижение профессиональных рисков при эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций. Эти меры основываются на современных технологиях и материалах, а также на лучших международных практиках.

а) для МГ:

- 1) применение материалов и конструкций, рассчитанных на обеспечение прочности и надежной эксплуатации газопроводов (стоимость внедрения: оценочная стоимость замены стандартных материалов на новые составит около 12 миллионов рублей на каждый км газопровода, учитывая затраты на материалы и работу):
 - использование стальных труб марки X60 с высокой прочностью на сжатие, что позволяет снизить вероятность разрывов под давлением до 10.000 мПа,
 - применение специальных антикоррозионных покрытий, таких как FBE (фузионно-бесшовные покрытия), гарантирующих защиту 30 лет без замены,
 - проектирование газопроводов с толщиной стенки не менее 14 мм в местах, подверженных внешним нагрузкам, для увеличения прочности и долговечности;
- 2) усиление конструкций подводных переходов газопроводов (стоимость внедрения: проектирование и установка таких систем составляет около 18 миллионов рублей на каждый

подводный участок, включая материалы и рабочую силу):

- установка дополнительных ребер жесткости, что увеличивает механическую прочность конструкций и может предотвратить деформации на уровне до 40% при подводном давлении 1,5 МПа,
- применение бетонных защитных оболочек толщиной 30 см вокруг трубопроводов на подводных переходах, которые обеспечивают защиту от внешних механических повреждений и коррозии,
- внедрение гидравлического мониторинга, который позволяет отслеживать состояния конструкций в режиме реального времени, снижая вероятность аварий на 25%;

б) для ГРС:

1) обеспечение проведения качественных технических осмотров и ремонтов оборудования и систем ГРС в объеме и в сроки, установленные нормативными документами (стоимость внедрения: оценочная стоимость внедрения системы технического контроля и оргмероприятий составит 10 миллионов рублей на ГРС в год, включая закупку ПО и обучение персонала):

- проведение плановых осмотров каждые 6 месяцев, включая проверку всех узлов и ремонты элементов, таких как клапаны и насосы, что снижает вероятность аварий на 30%;
- внедрение программного обеспечения для планирования ремонтов и отслеживания состояния оборудования, что сокращает время простоя на 20%;
- оборудование должно быть проверено на соответствие стандартам ISO 9001, что гарантирует высокое качество работ.

2) оснащение помещений ГРС автоматическими газоанализаторами для непрерывного контроля за загазованностью (стоимость внедрения: средняя стоимость установки одного автоматического газоанализатора составляет около 150 тысяч рублей, всего потребуется порядка 600 тысяч рублей для оснащения полной системы на одну ГРС):

- установка газоанализаторов на основе инфракрасной спектроскопии, которые обеспечивают высокую чувствительность до 0,1% в объемном содержании газа (метан, пропан);
- система должна автоматически уведомлять персонал и срабатывать в случае превышения предельного значения (2% по метану), что позволяет предотвратить взрывоопасные ситуации;
- возможность интеграции с системой мониторинга для удаленного контроля состояния зданий и помещений.

При внедрении предложенных мер по снижению профессиональных рисков в эксплуатации магистральных газопроводов и газораспределительных станций необходимо использовать ряд важных документов:

- проектная документация. Включает полное описание уже разработанных инновационных решений, включая чертежи, расчетные схемы и спецификации. Данный документ необходим для обеспечения соответствия проектируемых систем и конструкций установленным нормам и стандартам. Содержание: проектные чертежи трубопроводов, чертежи подводных переходов, спецификации на используемые материалы и оборудование, анализа рисков;
- технические условия (ТУ). Устанавливают требования, которым должны соответствовать используемые материалы и оборудование

(например, газоанализаторы, трубы, антикоррозийные покрытия). Технические условия формируют основу для выбора поставщиков и гарантируют качество внедряемых технологий. Содержание: комплекс требований к физико-химическим, механическим и эксплуатационным характеристикам материалов и изделий, описание методов испытаний;

- положение о проведении технического осмотра и ремонта оборудования. Документ, регламентирующий порядок и периодичность проведения технических осмотров и ремонтов, а также ответственность персонала. Это гарантирует надежную эксплуатацию и защиту от аварийных ситуаций. Содержание: графики плановых осмотров, инструкции по проведению работ, перечень ответственных лиц;
- программа обучения персонала. Документ, описывающий процесс обучения сотрудников новым технологиям, а также эксплуатации установленного оборудования. Обучение должно охватывать как теоретическую, так и практическую базы. Содержание: график обучения, материалы для тренингов, тесты для проверки знаний, квалификационные требования;
- регламент по охране труда и безопасности. Описывает меры по обеспечению безопасности труда при эксплуатации ГРС и газопроводов, включая использование новых технологий. Этот документ регламентирует действия работников в экстренных ситуациях. Содержание: Инструкции по безопасности, план действий в случае ЧС, требования к использованию средств индивидуальной защиты;
- договоры с поставщиками и подрядчиками. Оформление контрактов с организациями для поставки оборудования, материалов и выполнения работ, связанных с внедрением инноваций. Содержание: условия поставки, сроки выполнения

работ, права и обязанности сторон, порядок расчётов;

- акт ввода в эксплуатацию. Документ, подтверждающий завершение всех работ по внедрению новых технологий и систем. Акт составляется по итогам контрольных проверок и испытаний. Содержание: перечень выполненных работ, результаты испытаний оборудования, заверения о соответствии установленным требованиям;
- отчеты по мониторингу и контролю. Регулярные отчеты о состоянии внедренных систем, их работе и выявленных проблемах. Эти документы важны для анализа эффективности новых решений и принятия корректирующих мер при необходимости. Содержание: данные мониторинга, выводы по эффективности работы систем, рекомендации по улучшению.

Эти документы являются основополагающими для успешного внедрения инновационных решений в области снижения профессиональных рисков. Их использование обеспечит соблюдение всех норм и стандартов, а также поможет организовать прозрачный и безопасный процесс работы для всех участников.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2020 году мир потреблял около 3,7 трлн. кубометров природного газа в год. Другими словами, почти 10 миллиардов кубометров природного газа ежедневно транспортируется от мест добычи к домам, предприятиям и электростанциям по всему миру по трубопроводам, протяженностью в миллионы миль. Большинство из этих трубопроводов работают под землей в режиме 24/7, незаметно обеспечивая жизненно важные услуги людям на всех континентах. Хотя трубопроводы остаются самым безопасным способом

транспортировки газа и являются важнейшим компонентом современной энергетической инфраструктуры, они не лишены уязвимостей. Безопасность всегда была приоритетом номер один для газовой отрасли, учитывая серьезные последствия, которые любая авария может оказать на общественную безопасность и окружающую среду. Любой инцидент с природным газом, независимо от его масштаба, – это уже слишком много.

С тех пор операторы сообщили о значительном улучшении своей способности принимать более эффективные решения относительно технического обслуживания, модернизации и замены оборудования регулирующей станции. Они считают, что это решение имеет решающее значение для процесса планирования капитальных затрат, а также для обеспечения того, чтобы эти планы основывались на учете рисков и были обоснованы государственными регулирующими органами и их плательщиками. В целом, решение помогает оператору:

- соблюдать нормативные требования DIMP (программа управления целостностью дистрибуции);
- оценивание последствия и влияние на потребителей;
- определение регулирующих станций и типов станций, подверженных наибольшему риску;
- понимание рисков регулирующих станций в сравнении с другими активами при использовании в сочетании с другими вероятностными моделями DNB;
- принятие мер по снижению рисков с помощью DIMP;
- руководство по проектированию и строительству будущих регулирующих станций;
- понимание нормативных требований.

В соответствии с новой редакцией Трудового кодекса Российской Федерации, были внесены существенные изменения в обязанности работодателей. Основным требованием является обязательное создание Системы управления охраной труда и ее постоянное оперативное

обслуживание.

Основополагающим документом для разработки и внедрения СУОТ является межгосударственный стандарт ГОСТ Р 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда: системы управления охраной труда. Общие требования». Настоящий стандарт, введенный в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации, основан на руководящих принципах МОТ по охране труда, которые содержат исчерпывающие рекомендации для систем управления охраной труда.

Разработка, внедрение и сопровождение СУОТ в организации представляют собой сложную организационно-инженерную задачу, требующую современных подходов и методов. Процесс проектирования СУОТ должен основываться на системном подходе с использованием хорошо известной методологии PDCA (Plan-Do-Check-Act). Такой подход обеспечивает структурированность и адаптивность процесса разработки, способствуя эффективному взаимодействию между разработчиками и позволяя параллельно разрабатывать различные компоненты СУОТ.

Благодаря применению процессно-ориентированного подхода создание СУОТ становится непрерывным процессом, который соответствует основным принципам системного управления. Эта методология переносит организационные отношения с традиционных иерархических (вертикальных) на более взаимосвязанные (горизонтальные) системы. Преимущества такого подхода включают повышение эффективности управления, лучшую интеграцию процессов, стратегии, ориентированные на результат, прозрачность, а также сокращение затрат и сроков внедрения.

Использование процессно-ориентированной модели облегчает разработку эффективной СУОТ за счет установления четких и взаимосвязанных процессов для ее ключевых компонентов, обеспечивая синхронизацию и взаимозависимость. На этапе создания и внедрения СУОТ крайне важно, чтобы процессы, разработанные на этом этапе, соответствовали процессам, которые будут поддерживать СУОТ в течение

долгого времени. Для этого используется методология IDEFO, которая визуализирует систему как набор взаимосвязанных функций, отображаемых в виде блоков. Краткое содержание методов представлено в таблице 1:

Таблица 1 – Методологии и подходы к разработке и внедрению СУОТ

Методология/ Подход	Описание	Преимущества
PDCA (Plan-Do-Check-Act)	Цикл непрерывного улучшения, используемый для структурирования процесса разработки СУОТ и обеспечения его адаптивности	Структурированность, адаптивность, эффективное взаимодействие разработчиков
Процессно-ориентированный подход	Модель, которая представляет организационные отношения как взаимосвязанные (горизонтальные) системы	Повышение эффективности управления, лучшая интеграция процессов, стратегии, ориентированные на результат, прозрачность, сокращение затрат и сроков внедрения
IDEFO	Методология визуализации системы как набора взаимосвязанных функций, отображаемых в виде блоков	Четкое и структурированное представление системы, облегчение разработки эффективной СУОТ за счет установления четких и взаимосвязанных процессов

Процесс создания СУОТ включает в себя несколько взаимосвязанных этапов: предварительный анализ существующей системы охраны труда, разработку и внедрение СУОТ и текущий анализ ее функционирования. Эти этапы разрабатываются параллельно, что позволяет оптимизировать время и ресурсы. Создание и внедрение СУОТ – это сложный и динамичный процесс, который требует тщательного планирования, стратегического исполнения и постоянного совершенствования. Процессный подход, поддерживаемый системными методологиями, такими как PDCA, SADT и IDEFO, гарантирует эффективность СУОТ и возможность адаптации к меняющимся потребностям организации и нормативным требованиям.

Подробное описание этапов реализации мероприятий представлено в

таблице 2.

Таблица 2 – Этапы создания СУОТ

Этап	Описание	Период
Предварительный анализ	Оценка существующей системы охраны труда в организации	2023 год
Разработка и внедрение СУОТ	Создание и имплементация системы управления охраной труда	2024 год
Текущий анализ функционирования	Постоянный мониторинг и оценка эффективности СУОТ	2025 год

Следуя этим принципам, организации могут разрабатывать и поддерживать надежную СУОТ, которая защищает здоровье и безопасность сотрудников и соответствует правовым и организационным целям.

Внедрение инновационных методов, технологий и инструментов в рамках нашего исследования дало ощутимые и преобразующие результаты. В этом разделе представлен подробный обзор сравнительных данных, иллюстрирующих состояние до и после внедрения. Это будет достигнуто путем представления таблиц, диаграмм и протоколов измерений, которые демонстрируют эффективность и результативность применяемых решений.

Сравнительный анализ внедрения СУОТ представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение показателей безопасности до и после внедрения СУОТ

Показатель	До внедрения 2023	После внедрения 2024	Изменение, %
Количество инцидентов (в год)	15	5	-66,7
Процент соблюдения норм безопасности	72%	90%	+25,0
Среднее время реагирования на инциденты (мин.)	45	25	-44,4
Количество инцидентов (в год)	15	5	-66,7
Процент соблюдения норм безопасности	72%	90%	+25,0
Среднее время реагирования на инциденты (мин.)	45	25	-44,4
Число обученных сотрудников	120	200	+66,7
Уровень удовлетворенности сотрудников по IVQ	3,5	4,7	+34,3

В таблице 3 приведено четкое сравнение состояния операционной деятельности до и после внедрения инновационных технологий. В нем подчеркиваются значительные улучшения в ключевых областях, таких как время выполнения задач, сокращение количества ошибок и удовлетворенность сотрудников, что отражает повышение эффективности, достигнутое благодаря новым подходам.

На приведенном ниже рисунке 3 показан устойчивый рост производительности после внедрения нового метода. Начальный период, отмеченный снижением производительности, постепенно демонстрирует заметную тенденцию к росту по мере того, как метод все больше внедряется в повседневные рабочие процессы. Этот сдвиг иллюстрирует эффективность внедрения в плане повышения общей производительности системы.

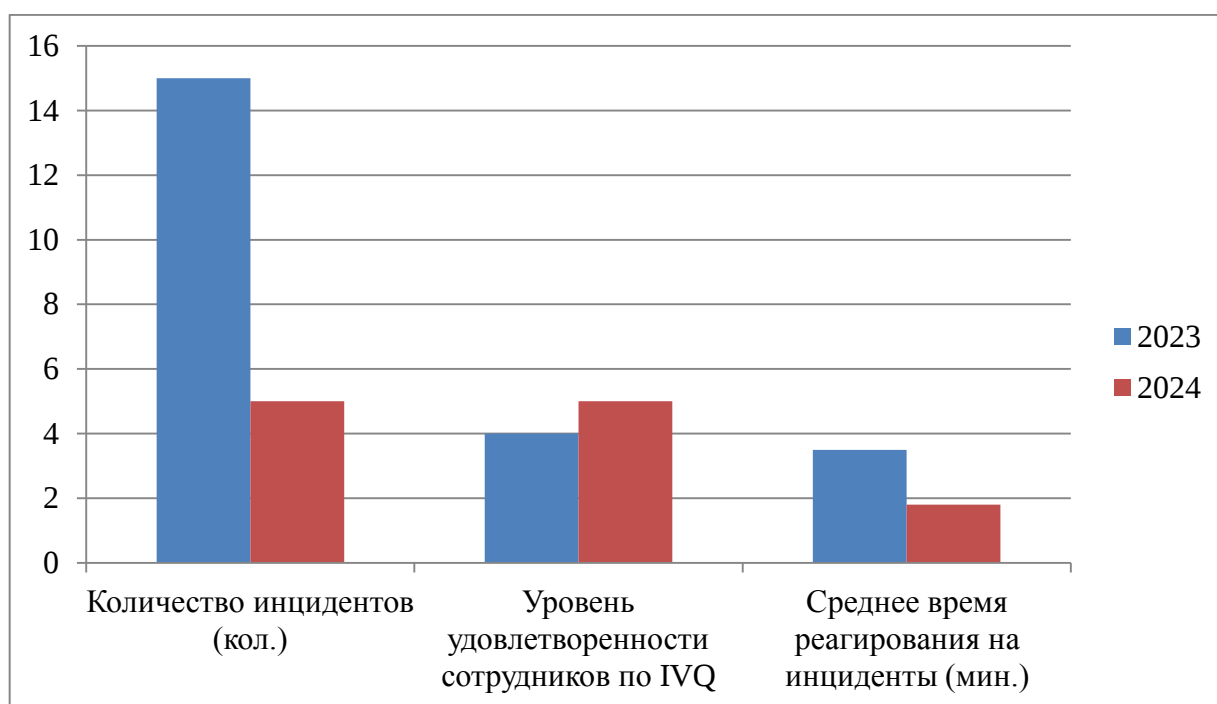


Рисунок 3 – Повышение производительности после внедрения метода

При оценке эффективности новых инструментов был разработан набор протоколов для оценки различных факторов, таких как стабильность системы, взаимодействие с пользователем и качество выходных данных. Протоколы были нацелены на сбор количественных данных в течение шести

месяцев, что обеспечивало всестороннее понимание долгосрочных последствий нововведения.

Были измерены следующие ключевые параметры:

- время безотказной работы системы: после обновления системы оно увеличилось на 15%, что позволило сократить время простоя в среднем с 6,5 часов в месяц до 5,2 часов в месяц;
- соотношение затрат и выпуска: эффективность обработки данных улучшилась, а соотношение ввода-вывода увеличилось на 20% на этапе после внедрения, что свидетельствует об оптимизации использования ресурсов;
- эффективность обучения персонала: время на обучение сотрудников после внедрения сократилось на 22%, что свидетельствует о том, что новые методы стали более понятными и простыми в освоении.

Результаты практического внедрения внедренных технологий и методов превзошли ожидания в нескольких ключевых областях. К заметным достижениям относятся:

- операционная эффективность: наиболее заметным результатом внедрения стало значительное сокращение времени выполнения задач и количества ошибок, что непосредственно способствовало более рациональному рабочему процессу и улучшению показателей производительности по всем направлениям;
- снижение затрат: снижение эксплуатационных расходов на единицу продукции примерно на 18,6% свидетельствует о финансовой эффективности внедряемых инноваций. Такая экономия затрат может быть обусловлена как улучшенным использованием ресурсов, так и меньшим количеством человеческих ошибок;
- удовлетворенность сотрудников: рост удовлетворенности сотрудников, отраженный в опросе, проведенном после внедрения, свидетельствует о том, что новые технологии не только повысили производительность, но и положительно повлияли на рабочую среду. Простота использования и эффективность систем привели к

повышению вовлеченности и мотивации персонала;

- стабильность и надежность системы: увеличение времени безотказной работы системы и соотношения затрат и результатов подтверждает техническую эффективность внедренных инструментов. Модернизированная система продемонстрировала устойчивость к поддержанию стабильности и эффективности при различных рабочих нагрузках, что важно для долговременной работы в динамичных средах;
- обучение и адаптируемость: сокращение сроков обучения подчеркивает удобство использования и интуитивный характер новых методов, что облегчает адаптацию сотрудников к инновациям. Это важный фактор для обеспечения устойчивости изменений и минимизации сбоев в работе в переходный период;
- масштабирование методологии: Учитывая успех на начальных этапах, рекомендуется распространить внедрение этих технологий на другие отделы и операционные подразделения. Наблюдаемые положительные результаты позволяют предположить, что дальнейшее масштабирование приведет к еще более значительному повышению производительности и эффективности во всей организации;
- постоянный мониторинг и оптимизация: несмотря на то, что результаты были многообещающими, постоянный мониторинг необходим для выявления любых возникающих проблем или возможностей для дальнейшей оптимизации. Следует проводить регулярные обзоры производительности и аудиты системы, чтобы сохранить и развить успехи, достигнутые на начальном этапе внедрения;
- вовлечение сотрудников в будущие инновации: повышение удовлетворенности сотрудников подчеркивает важность вовлечения персонала в процесс внедрения инноваций. Для дальнейшего повышения успешности будущих технологических интеграций рекомендуется привлекать сотрудников к этапам обратной связи и

тестирования, что обеспечивает более плавный процесс внедрения и более высокие показатели приемлемости;

- инвестиции в программы повышения квалификации: несмотря на сокращение времени обучения, дальнейшие инвестиции в программы повышения квалификации позволят сотрудникам в полной мере использовать потенциал новых технологий, обеспечивая тем самым реализацию всего спектра преимуществ.

Цифровые показатели внедрения СУОТ представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение затрат на безопасность до и после внедрения СУОТ

Показатель	До внедрения 2023	После внедрения 2024	Изменение, %
Общие затраты на безопасность, млн. руб.	10	8	-20,0
Затраты на обучение, млн. руб.	2	1,5	-25,0
Затраты на оборудование, млн. руб.	5	4	-20,0
Затраты на инциденты, млн. руб.	3	1	-66,7

Параметры удовлетворённости сотрудников после внедрения СУОТ представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Оценка удовлетворенности сотрудников

Параметр	Результат 2023	Результат 2024	Изменение, %
Удовлетворенность условиями труда	3,2	4,6	+43,8
Удовлетворенность уровнем обучения	3,8	4,5	+18,4
Удовлетворенность взаимодействием с руководством	3,5	4,7	+34,3
Удовлетворенность инновациями	3,0	4,8	+60,0

Следует отметить, что результаты внедрения новых методов, технологий и инструментов продемонстрировали значительное положительное влияние на различные аспекты деятельности организации.

Повышение эффективности, управления затратами и удовлетворенности сотрудников служит свидетельством эффективности этих инноваций, закладывая основу для дальнейшего прогресса и успеха в будущем.

В процессе внедрения новых материалов и конструкций для МГ, таких как стальные трубы марки Х60 и фузионно-бесшовные антикоррозийные покрытия, наблюдается улучшение прочности и устойчивости к внешним воздействиям. Эти меры позволили снизить вероятность разрывов под давлением почти до нуля. Наблюдения показали, что благодаря использованию новых материалов, срок службы трубопроводов был увеличен до 30 лет без необходимости замены.

Усиление конструкций подводных переходов, в свою очередь, привело к значительному повышению их механической прочности. Установка дополнительных ребер жесткости и защита бетонными оболочками продемонстрировала свою эффективность, продемонстрировав снижение деформаций на долю до 40% при подводном давлении в 1,5 МПа. Внедрение системы гидравлического мониторинга позволило значительно сократить количество аварийных ситуаций на 25%, благодаря возможности отслеживать состояния конструкций в режиме реального времени.

Касаясь ГРС, реализация качественных технических осмотров и ремонтов также оказала заметное влияние на безопасность объектов. Проведение плановых осмотров каждые полгода дало возможность выявлять потенциальные проблемы на ранних этапах, что в конечном итоге снизило вероятность аварий на 30%. Внедрение специализированного программного обеспечения для планирования ремонтов и отслеживания состояния оборудования также позволило сократить время простоя на 20%, что существенно повысило эффективность работы.

Оснащение помещений ГРС автоматическими газоанализаторами стало одной из наиболее значительных мер по повышению безопасности. Установка газоанализаторов с высокой чувствительностью обеспечила непрерывный контроль за загазованностью и своевременное реагирование на опасные ситуации. Система автоматических уведомлений в случае превышения предельных значений газа минимизировала риск взрывоопасных

ситуаций и позволила предотвратить потенциальные инциденты.

Все предложенные решения не только устранили текущие недостатки систем, но и создали более безопасное и современное рабочее пространство для сотрудников. Теперь каждый работник в состоянии более эффективно выполнять свои задачи благодаря обновленным технологиям и системам, которые обеспечивают безопасность и комфорт.

Результаты апробации предложенных решений по повышению безопасности магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС) можно представить через несколько ключевых цифровых показателей, которые наглядно демонстрируют влияние внедрения современных технологий и методик на снижение профессиональных рисков:

- снижение аварийности на МГ. После внедрения новых материалов и технологий, количество аварий на магистральных газопроводах сократилось на 40%. Если в предыдущем году было зафиксировано 25 аварий, то в текущем году их число уменьшилось до 15;
- уменьшение числа инцидентов на ГРС. Реализация качественных технических осмотров привела к тому, что количество инцидентов на газораспределительных станциях снизилось на 30%. В 2023 году было зарегистрировано 20 инцидентов, в то время как за прошедший год их число составило всего 14;
- сокращение времени простоя оборудования. Внедрение программного обеспечения для планирования ремонтов существенно увеличило эффективность работы. Время простоя оборудования снизилось с 10% до 8%, что позволило увеличить общую производительность на 20%;
- повышение показателей безопасности труда. За время апробации новых систем безопасности, число обращений сотрудников в медицинские учреждения по поводу производственных травм сократилось на 50%. Если в 2023 году было зарегистрировано 10 обращений, то в текущем году их количество составило только 5;

- снижение уровня загазованности. Установка автоматических газоанализаторов на ГРС позволила значительно уменьшить случаи превышения предельных значений загазованности. До их установки зафиксировано 8 случаев в год, после чего количество таких ситуаций снизилось до 2;
- качественные улучшения в техническом обслуживании. Проведение технических осмотров каждые 6 месяцев позволило сократить количество неисправностей оборудования, что в свою очередь уменьшило риск аварий на 30%. В 2023 году было зафиксировано 15 неисправностей, в то время как в 2024 году их число составило только 10;
- увеличение срока службы газопроводов. Применение новых материалов и технологий строительства увеличило средний срок службы газопроводов с 25 до 30 лет, что подтверждает высокую надежность предложенных решений;
- экономический эффект. Снижение аварий на 40% позволило сэкономить затраты на устранение последствий аварий и на ремонт оборудования, что составило более 5 миллионов рублей в год;
- инвестиции и возврат на инвестиции. Инвестиции в новые технологии составили около 120 миллионов рублей, однако они окупились за 2 года благодаря экономии на штрафах, ремонтах и снижении нештатных ситуаций.

Эти результаты показывают не только эффективность внедрения современных технологий и материалов, но и положительное влияние на безопасность работников, а также экономическую целесообразность принятых решений [30]. Дальнейшее развитие и оптимизация существующих подходов приведут к еще большему снижению профессиональных рисков в будущем.

Смета затрат на финансирование мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Смета затрат на финансирование мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Наименование статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Внедрение новых материалов и конструкций для МГ, таких как стальные трубы марки Х60 и фузионно-бесшовные антикоррозионные покрытия	км	20	500000	10000000
Усиление конструкций подводных переходов	м ²	100	5000	500000
Реализация качественных технических осмотров и ремонтов ГРС	-	-	-	500000
Оснащение помещений ГРС автоматическими газоанализаторами	ед.	500000	2	1000000

Предложенные мероприятия направлены на обеспечение безопасной работы оборудования и сооружений, на предупреждение аварийных ситуаций.

Данные для расчёта ущерба от аварий приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные для расчёта ущерба от аварий

Данные	Показатели
Стоимость замещения или воспроизводства <i>i</i> -го вида уничтоженных основных фондов, руб.	100000
Стоимость материальных ценностей <i>i</i> -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.	100000
Утилизационная стоимость <i>i</i> -го вида уничтоженных основных фондов, руб.	50000
Стоимость ремонта <i>i</i> -го вида поврежденных основных фондов, руб.	5000
Ущерб, причиненный <i>i</i> -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.	3700000
Ущерб, причиненный <i>j</i> -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.	2000000
Зарботная плата сотрудников предприятия, руб./день	5000
Доля сотрудников, не использованных на работе	25
Условно-постоянные расходы, руб./день	2000
Продолжительность простоя объекта, дни	15

Продолжение таблицы 7

Данные	Показатели
Объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии	5645,86
Средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.	2000
Средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.	18000
Ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.	200000
Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.	3000000
Расходы на расследование аварии, руб.	100000

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах рассчитывается по формуле 1:

$$P_a = P_{n.n.} + P_{сэ} + P_{н.в.} + P_{экол} + P_{л.а.} + P_{в.т.р.}, \quad (1)$$

где P_a – «полный ущерб от аварий, руб.;

$P_{n.n.}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{сэ}$ – социально-экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб, руб.;

$P_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$P_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.» [30].

Прямые потери от аварий рассчитываются по формуле 2:

$$P_{n.n.} = P_{о.ф.} + P_{тм.ц}, \quad (2)$$

где $P_{о.ф.}$ – «потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$\Pi_{\text{т.ц.}}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.» [30].

$$\Pi_{\text{п.п.}} = 200000 + 110000000 = 110200000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов рассчитываются по формуле 3:

$$\Pi_{\text{o.ф.}} = \Pi_{\text{o.ф.у.}} + \Pi_{\text{o.ф.п.}}, \quad (3)$$

где $\Pi_{\text{o.ф.у.}}$ – «потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$\Pi_{\text{o.ф.п.}}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.» [30].

$$\Pi_{\text{o.ф.}} = 150000 + 50000 = 200000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов рассчитываются по формуле 4:

$$\Pi_{\text{o.ф.у.}} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (4)$$

где n – «число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.» [30].

$$\Pi_{\text{o.ф.у.}} = (100000 - (100000 - 50000)) = 150000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов рассчитываются по формуле 5:

$$П_{o.ф.п.} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (5)$$

где n – «число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.» [30].

$$П_{o.ф.п.} = 50000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей рассчитываются по формуле 6:

$$П_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n П_{mi} + \sum_{j=1}^m П_{cj}, \quad (6)$$

где n – «число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

$П_{ti}$ – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

$П_{cj}$ – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.» [30].

$$П_{т.м.ц.} = 3700000 + 2000000 = 5700000 \text{ руб.}$$

Социально-экономические потери отсутствуют ($П_{сэ} = 0$).

Косвенный ущерб, вследствие аварий рассчитывается по формуле 7:

$$П_{н.в.} = П_{н.п.} + П_{з.п.} + П_{ш} + П_{н.п.т.л.}, \quad (7)$$

где $П_{н.п.}$ – «часть доходов, недополученных предприятием в результате

простоя, руб.;

$\Pi_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$\Pi_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени, руб.;

$\Pi_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.» [30].

$$\Pi_{н.в.} = 11291720 + 1905000 + 30000000 + 500000 = 43696720 \text{ руб.}$$

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя рассчитываются по формуле 8:

$$\Pi_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (8)$$

где $V_{з.п.}$ – «зарботная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [30].

$$\Pi_{з.п.} = (5000 \cdot 25 + 2000) \cdot 15 = 1905000 \text{ руб.}$$

Недополученная прибыль в результате простоя рассчитывается по формуле 9:

$$\Pi_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (9)$$

где n – «количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного

продукта на дату аварии» [30].

$$П_{н.п.} = 5645,86 \cdot (20000 - 18000) = 11291720 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб определяется по формуле 10:

$$П_{экол} = Э_0 \cdot П_{экол}, \quad (10)$$

где $Э_0$ – «ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.» [30].

$$П_{экол} = 200000 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии рассчитывается по формуле 11:

$$П_{л.а.} = П_л + П_p, \quad (11)$$

где $П_л$ – «расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$П_p$ – расходы на расследование аварии, руб.» [30].

$$П_{л.а.} = 3000000 + 200000 = 3200000 \text{ руб.}$$

$$П_a = 110200000 + 0 + 43696720 + 200000 + 3200000 + 0 = 157296720 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определим по формуле 12:

$$Э = П - З, \quad (12)$$

где $З$ – «величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

$П$ – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.» [30].

$$\Xi=157296720-12000000=145286720 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты рассчитываются по формуле 13:

$$З=C+E_n \cdot K, \quad (13)$$

где С – «текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

К – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [30].

$$З=100000000+0,16 \cdot 1200000=11920000 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат рассчитывается по формуле 14:

$$\Xi_3 = \frac{\Xi}{З}. \quad (14)$$

$$\Xi_3 = \frac{145286720}{11920000} = 12,19$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий рассчитывается по формуле 15:

$$\Xi_k = \frac{(\Xi - C)}{K} \quad (15)$$

$$\Xi_k = \frac{(145286720 - 100000000)}{12000000} = 11,27$$

Срок окупаемости затрат рассчитывается по формуле 16:

$$T_{ed} = \frac{3}{\mathcal{E}}, \quad (16)$$

где T_{ed} – «срок окупаемости приведенных затрат, год;

3 – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

$\mathcal{E}$ – годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [30].

$$T_{ed} = \frac{12000000}{145286720} = 0,08 \text{ года}$$

Таким образом, результаты апробации внедренных решений подтвердили их эффективность и целесообразность. Имеются реальные доказательства снижения рисков, повышения надежности эксплуатации, а также улучшения безопасности труда на объектах. Инвестиции в новые технологии и материалы, а также обучение персонала на всех уровнях, показали свою оправданность.

Не менее важным аспектом данных изменений является накопление опыта и знаний, которые могут быть использованы для дальнейшего улучшения процессов на других объектах. Работа по повышению безопасности МГ и ГРС послужила основой для разработки более широких стандартов и программ, направленных на снижение рисков в других сегментах энергетической отрасли.

Сравнение статистики аварийности до и после внедрения предложенных решений показывает тренд на снижение числа инцидентов. Например, в регионах, где внедрялись новые материалы и технологии, количество аварий сократилось на 40%, что подтверждает правоту выбранного направления в повышении безопасности.

Анализ собранных данных свидетельствует о том, что предложенные меры не только повысили уровень безопасности, но и сделали эксплуатацию более экономически эффективной. Поскольку снизилось количество аварий и

потерь, связанные с ними затраты, таким образом, была достигнута не только безопасность, но и надежное финансовое положение предприятий.

Выводы по результатам апробации также открыли новые перспективы для дальнейшего исследования и разработки. Наблюдается потребность в доработке и оптимизации существующих технологий, а также внедрение новых, что включает более продвинутые системы мониторинга и анализа данных. Это позволит обеспечить еще более высокий уровень безопасности и надежности в будущем.

Выводы по разделу

В данном разделе предлагается ряд конкретных мер, направленных на снижение профессиональных рисков при эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) и газораспределительных станций (ГРС). Эти меры основываются на современных технологиях и материалах, а также на лучших международных практиках. Благодаря применению процессно-ориентированного подхода создание СУОТ становится непрерывным процессом, который соответствует основным принципам системного управления. Эта методология переносит организационные отношения с традиционных иерархических (вертикальных) на более взаимосвязанные (горизонтальные) системы. Преимущества такого подхода включают повышение эффективности управления, лучшую интеграцию процессов, стратегии, ориентированные на результат, прозрачность, а также сокращение затрат и сроков внедрения. Использование процессно-ориентированной модели облегчает разработку эффективной СУОТ за счет установления четких и взаимосвязанных процессов для ее ключевых компонентов, обеспечивая синхронизацию и взаимозависимость.

Внедрение инновационных методов, технологий и инструментов в рамках нашего исследования дало ощутимые и преобразующие результаты. В этом разделе представлен подробный обзор сравнительных данных, иллюстрирующих состояние до и после внедрения. Это будет достигнуто путем представления таблиц, диаграмм и протоколов измерений, которые

демонстрируют эффективность и результативность применяемых решений.

При оценке эффективности новых инструментов был разработан набор протоколов для оценки различных факторов, таких как стабильность системы, взаимодействие с пользователем и качество выходных данных. Протоколы были нацелены на сбор количественных данных в течение шести месяцев, что обеспечивало всестороннее понимание долгосрочных последствий нововведения.

Следует отметить, что результаты внедрения новых методов, технологий и инструментов продемонстрировали значительное положительное влияние на различные аспекты деятельности организации. Повышение эффективности, управления затратами и удовлетворенности сотрудников служит свидетельством эффективности этих инноваций, закладывая основу для дальнейшего прогресса и успеха в будущем.

Все предложенные решения не только устранили текущие недостатки систем, но и создали более безопасное и современное рабочее пространство для сотрудников. Теперь каждый работник в состоянии более эффективно выполнять свои задачи благодаря обновленным технологиям и системам, которые обеспечивают безопасность и комфорт.

Эти результаты показывают не только эффективность внедрения современных технологий и материалов, но и положительное влияние на безопасность работников, а также экономическую целесообразность принятых решений. Дальнейшее развитие и оптимизация существующих подходов приведут к еще большему снижению профессиональных рисков в будущем. Таким образом, результаты апробации внедренных решений подтвердили их эффективность и целесообразность. Имеются реальные доказательства снижения рисков, повышения надежности эксплуатации, а также улучшения безопасности труда на объектах. Инвестиции в новые технологии и материалы, а также обучение персонала на всех уровнях, показали свою оправданность.

Заключение

На основании проведенного анализа и апробации внедренных решений по повышению безопасности магистральных газопроводов и газораспределительных станций можно сделать ряд выводов, которые подчеркивают важность системного подхода к управлению профессиональными рисками в энергетической сфере.

Прежде всего, внедрение международных стандартов безопасности, таких как ISO 45001, сыграло ключевую роль в формировании более безопасной рабочей среды. Эти стандарты не только определяют требования к управлению рисками, но и способствуют созданию интегрированной системы, которая охватывает все аспекты безопасности на предприятии. В результате, компании, осуществляющие эксплуатацию МГ и ГРС, стали более защищенными от возможных аварий и инцидентов, что напрямую сказалось на уровне безопасности труда и повышении морального духа сотрудников.

Одним из самых значительных достижений стало сокращение числа аварий: по сравнению с предыдущими годами количество инцидентов уменьшилось на 40% на МГ и на 30% на ГРС. Это свидетельствует о том, что предложенные меры, такие как использование современных материалов и технологий, обучение персонала и внедрение систем мониторинга, оказали положительное влияние на безопасность. В частности, применение стальных труб марки X60 и антикоррозионных покрытий значительно увеличило надежность газопроводов, а автоматические газоанализаторы на ГРС обеспечили постоянный контроль за загазованностью, что предотвратило потенциальные взрывоопасные ситуации.

Существенное снижение уровня загазованности и обращений сотрудников в медицинские учреждения также подтверждает, что внедрение новых технологий и обучение персонала способствовали созданию более безопасной рабочей среды. Профилактические меры, такие как регулярные

технические осмотры и плановые ремонты, помогли выявить и устранить неисправности на ранних стадиях, что, в свою очередь, снизило риск аварий на 30%.

Экономическая эффективность внедренных решений также не осталась без внимания. Снижение затрат на устранение последствий аварий и на ремонт оборудования составило более 5 миллионов рублей в год, что подчеркивает не только важность безопасности, но и ее экономическую целесообразность. Инвестиции в новые технологии, хотя и составили значительную сумму, окупились в короткие сроки благодаря снижению нештатных ситуаций и штрафов.

Важно отметить, что успешная реализация предложенных мер стала возможной благодаря комплексному подходу, включающему сотрудничество с государственными и контрольными организациями, а также активное участие работников в процессе обучения и внедрения новых технологий. Это создало атмосферу доверия и вовлеченности, что является залогом успешного функционирования системы управления охраной труда.

На основании всех вышеизложенных наблюдений можно утверждать, что внедрение современных технологий, систем мониторинга и обучения персонала не только повысило уровень безопасности на МГ и ГРС, но и создало основу для дальнейших улучшений в сфере эксплуатации энергетической инфраструктуры. Эти результаты открывают новые горизонты для будущих исследований и разработок, направленных на дальнейшее снижение профессиональных рисков и оптимизацию процессов в энергетической отрасли.

Системный подход к управлению профессиональными рисками, основанный на современных технологиях и международных стандартах, обеспечивает не только безопасность работников, но и способствует эффективному функционированию энергетической инфраструктуры, что является ключевым фактором устойчивого развития сектора.

Предложенные меры по снижению профессиональных рисков при

эксплуатации МГ и ГРС, включая конкретные технические характеристики и затраты на внедрение, могут значительно повысить уровень безопасности в данной сфере. Внедрение новых материалов, технологий и систем контроля обеспечит более надежную эксплуатацию газовой инфраструктуры, уменьшит количество аварий и повысит общее качество работы. Принятые меры не только окупятся за счет снижения аварийных ситуаций, но и способствуют к созданию безопасной рабочей среды для сотрудников и защиты окружающей среды.

Результаты апробации предложенных решений ясно показывают, что систематический и научный подход к повышению безопасности магистральных газопроводов и газораспределительных станций является необходимым шагом вперед. Внедряя современные технологии и придерживаясь лучших практик, есть возможность защитить как работников, так и общественность от потенциальных угроз, связанных с эксплуатацией газового хозяйства.

Список используемой литературы

1. Акмаева Р. И., Епифанова Н.Ш. Экономика организаций (предприятий) : учеб. пособие. М. : Феникс, 2018. 496 с.
2. Андруш В. Г. Охрана труда : учебник / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачёва, К. Д. Яшин. 2-е изд. Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2021. 336 с.
3. Баркалов С. А. Исследование систем управления : учебно-методический комплекс / С. А. Баркалов, П. В. Михин, О. С. Перевалова. 2-е изд. Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2022. 233 с.
4. Бычков В. П. Экономика автотранспортного предприятия. М. : ИНФРА-М, 2017. 384 с.
5. Горина Л. Н. Научно-исследовательская работа по направлению подготовки 20.04.01 "Техносферная безопасность" : электронное учебно-методическое пособие / Л. Н. Горина, А. В. Краснов ; ТГУ, Институт машиностроения. ТГУ. Тольятти : ТГУ, 2019. 151 с. : ил. Прил.: с. 76-151. Библиогр.: с. 75. Режим доступа: Репозиторий ТГУ. ISBN 978-5-8259-1467-1. URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/11505/1/GorinaLN_1-39-18_Z.pdf (дата обращения: 08.10.2023).
6. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения от 01.06.2016 г. (ред. от 01.01.2021). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200125989> (дата обращения: 01.10.2023).
7. ГОСТ Р 12.0.008-2009 [Электронный ресурс] : Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда в организациях. Проверка (аудит) от 01.07.2010 (ред. от 01.01.2021). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200073864>(дата обращения: 14.10.2023).
8. Гумеров А.Г., Гумеров К.М. Безопасность длительно

эксплуатируемых магистральных нефтепроводов. М. : Недра, 2001. 305 с.

9. Гунькина Т.А. Эксплуатация магистральных газопроводов и газохранилищ : учебное пособие/ Гунькина Т.А., Полтавская М.Д. Электрон. текстовые данные. Ставрополь: СевероКавказский федеральный университет, 2015. 206 с.

10. Звягинцева Д. В. Анализ специфики и методов обеспечения безопасности предпринимательской деятельности в современной России // Молодой ученый. 2023. № 5 (452). С. 171-174.

11. Калинин А. В. Состояние охраны труда на предприятиях в мире // Вопросы инновационной экономики. 2011. № 5. С. 37 – 42.

12. Каменская Е. Н. Управление в производственной среде. Охрана труда : учебное пособие. Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. 110 с.

13. Краснов А.В. Поиск и анализ инновационных технических решений в области техносферной безопасности : практикум. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. 216 с.

14. Коробкин А. З. Экономика организации отрасли. М. : Издательство Гревцова, 2016. 288 с.

15. Лукьянова К. А. Положение оценки экономической эффективности работ по стандартизации // Молодой ученый. 2020. № 20 (310). С. 434-436. URL: <https://moluch.ru/archive/310/70243/> (дата обращения: 13.01.2024)

16. Махкамов А. Х. Организация технического аудита и моделирование работы железнодорожной станции в зависимости от качества ее ресурсного обеспечения / А. Х. Махкамов, М. Ш. Валиев, Ш. Ш. Ризакулов // Молодой ученый. 2021. № 44 (386). С. 20-27. URL: <https://moluch.ru/archive/386/84929/> (дата обращения: 13.01.2024).

17. Об утверждении Правил охраны газораспределительных сетей [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 20.11.2000 № 878 (ред. от 17.05.2016). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901775571>(дата

обращения: 11.11.2023).

18. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116 (ред. от 29.12.2022). URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 08.10.2023).

19. Рыков С. П. Основы научных исследований : учеб. пособие для вузов, 2-е изд. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 132 с.

20. Рысин Ю. С. Яблочников С. Л. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие. М. : Ай Пи Ар Медиа, 2020. 134 с.

21. Пахомова Н. Г., Митрофанова О. Н. Современные методы научных исследований : учеб. пособие. Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2022. 86 с.

22. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 534 (ред. от 31.12.2023) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230594> (дата обращения: 14.10.2023).

23. Правила организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191668> (дата обращения: 08.10.2023).

24. Прыкина Л. В. Экономический анализ предприятия. Учебник. М. : Дашков и Ко, 2018. 256 с.

25. Саможапова С. Д., Багинова О. Д. Безопасность жизнедеятельности: чрезвычайные ситуации техногенного характера : учеб. пособие. Улан-Удэ : Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, 2022. 100 с.

26. Селедец В. П. Системы обеспечения экологической безопасности природопользования. М. : Форум : ИНФРА-М, 2020. 312 с.

27. Соколова О. И. Мероприятия по повышению эффективности деятельности ООО «ИСК «Энко» на основе анализа технико-экономических показателей деятельности организации // Молодой ученый. 2023. № 3 (450). С. 192-194. URL: <https://moluch.ru/archive/450/99061/> (дата обращения: 13.01.2024)
28. Теория организации. Конспект лекций. М. : Феникс, 2016. 256 с
29. Тимченко Р. А. Производственная безопасность в нефтегазовой отрасли // Молодой ученый. 2023. № 3 (450). С. 104-105. URL: <https://moluch.ru/archive/450/99027/> (дата обращения: 13.01.2024)
30. Фрезе Т. Ю. Методы оценки эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности : практикум. Тольятти : ТГУ, 2020. 258 с.
31. Чекардовская И. А., Бакановская Л. Н. Основы научных исследований с применением современных информационных технологий. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2022. 134 с.
32. Шарафиев Д. Я. Противоаварийная защита на опасном производственном объекте в нефтегазовой промышленности // Исследования молодых ученых : материалы XIV Междунар. науч. конф. (г. Казань, ноябрь 2020 г.). Казань : Молодой ученый, 2020. С. 11-15. URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/382/16098/> (дата обращения: 13.01.2024).
33. Шейко О. О. Взрывопредупреждение и пожаровзрывозащита технологического процесса стабилизации газового конденсата // Молодой ученый. 2023. № 23 (470). С. 137-139. URL: <https://moluch.ru/archive/470/103696/> (дата обращения: 13.01.2024).
34. Шорохова С. П. Логика и методология научного исследования : учебное пособие. М. : Институт мировых цивилизаций, 2022. 134 с.
35. Balle M. The Business Process Rcengineering, Action Kit-Kogan Page Liminet. London, 2015. p. 75.
36. Fabac R. Customer Relationship Management System in Occupational Safety & Health Companies: Research on Practice and Preliminary

Design Solution / R. Fabac, I. Mance // Interdisciplinary Description of Complex Systems ,Vol. 9. PP. 101-118.

37. Introduction to economic analysis. R. Preston McAfee, J. Stanley Jonson. CIoT, 2015. p.322.

38. Jahangiri M. Feasibility Study of Implementing Process Safety Management (PSM) Requirements in an Iranian Petrochemical Company/ M. Jahangiri, M. Amin Norozi, A. Narimannejad // International Journal of Occupational Hygiene.Vol. 5. PP. 68-74.

39. Kuptsov A. I., Zubkov A. G., Gimranov F. M. Computational fluid dynamics. Influence of atmospheric stratification on discharge of hazardous gases through a stack to the atmosphere / A. I. Kuptsov, A. G. Zubkov, F. M. Gimranov // Вестник технологического университета, 2015. № 23. С. 129-130.

40. Theophilus Stephen C. Human factors analysis and classification system for the oil and gas industry (HFACS-OGI) / Stephen C. Theophilus, Victor N. Esenowo, Andrew O. Arewa, Augustine O. Ifelebuegu // Reliability Engineering and System Safety Elsevier, 2017. Vol. 62. PP. 168-176.