

Вишневский Александр Дмитриевич,
Магистрант, СамГТУ

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАПОРНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ НА ПРИМЕРЕ ТАС-ЮРЯХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления повышения уровня промышленной безопасности при эксплуатации напорных нефтепроводов. Рассмотрены современные методы диагностики, технического обслуживания и цифрового мониторинга, направленные на предотвращение аварийных ситуаций. Предложены пути совершенствования системы промышленной безопасности с учетом требований нормативно-технической документации.

Ключевые слова: Промышленная безопасность; нефтепровод; Тас-Юряхское месторождение; мониторинг; диагностика; коррозия; управление рисками

Нефтепроводный транспорт играет ключевую роль в обеспечении бесперебойной работы нефтяной промышленности России. Особенно остро вопросы промышленной безопасности встают при эксплуатации напорных нефтепроводов, находящихся в районах с экстремальными природно-климатическими условиями, таких как Тас-Юряхское месторождение. Высокое давление транспортируемого продукта, низкие температуры и труднодоступность инфраструктуры повышают вероятность возникновения аварийных ситуаций. Целью данной работы является анализ факторов, влияющих на промышленную безопасность напорных нефтепроводов, и определение эффективных направлений её повышения на примере Тас-Юряхского месторождения.

Эксплуатация напорных нефтепроводов сопряжена с множеством факторов, которые прямо или косвенно влияют на вероятность аварий и тяжесть их последствий. С одной стороны, технические факторы: коррозия внутренней и наружной поверхностей труб, усталостное разрушение металла, гидроудары, вибрации, переменные температурные режимы, механические повреждения при монтаже или эксплуатации. С другой – природно-климатические и геотехнические факторы: районы многолетнемерзлых грунтов, низкие температуры, подвижность грунтов, сезонные промерзания и оттаивания, что особенно актуально для региона работ на примере Тас-Юряхское месторождение.

На магистральных трубопроводах в сложных климатических условиях риск деформации и микрповреждений возрастает, так как смена температурных режимов приводит к циклическому напряжению металла и сопряжённым конструкциям. При этом ошибки эксплуатации и недостаточная подготовка персонала также снижают уровень безопасности. Например, статистический анализ показывает, что на объектах магистральных трубопроводов Российской Федерации основными причинами аварий являются человеческий фактор, недостаточная диагностика и несоответствие нормативным требованиям [1].

Кроме того, нормативно-правовая база требует обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов, что является основой любого анализа рисков [2].

Особенно важно отметить, что для напорных нефтепроводов характерна высокая степень технологической опасности: повышенное давление, наличие техногенного продукта, удалённость участка, труднодоступность ремонтных работ, влияние коррозии и дефектов металла. Всё это диктует необходимость системного риск-ориентированного подхода к обеспечению безопасности.



Для повышения уровня промышленной безопасности на нефтепроводах активно внедряются технологии диагностики, мониторинга и предупреждения аварийных ситуаций. Например, внедрение цифровых технологий и датчиков в области промышленной безопасности становится уже не опцией, а необходимостью [3].

Такие современные методы включают:

- ☐ внутритрубную диагностику (магнитно-индукционные, ультразвуковые, вихретоковый контроль) для выявления коррозии, трещин, оксидных слоёв;
- ☐ дистанционное автоматизированное наблюдение: SCADA-системы, IoT-датчики давления, температуры, вибраций, управления клапанами;
- ☐ применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и систем видеонаблюдения с искусственным интеллектом, особенно в труднодоступных районах;
- ☐ применение цифровых двойников и платформ анализа больших данных (Big Data) для прогноза отказов, расчёта остаточных ресурсов, оптимизации технического обслуживания;
- ☐ интеграция риск-ориентированного обслуживания (Risk-Based Inspection, RBI) и систем управления безопасностью жизненного цикла объектов.

На примере Тас-Юряхского месторождения применение сенсорных систем, автоматизированного сбора данных и алгоритмов оценки рисков позволяет сократить время реагирования и повысить надёжность работы оборудования [4].

Эти методы позволяют не просто обслуживать оборудование по графику, а переходить к модели эксплуатации с предиктивным ремонтом и мониторингом ключевых параметров в реальном времени – что соответствует современным требованиям промышленной безопасности.

Исходя из анализа факторов и возможностей мониторинга, можно выделить основные направления повышения уровня безопасности при эксплуатации напорных нефтепроводов. Эти направления включают технические, организационные и нормативно-правовые меры.

Технические меры:

- ☐ Использование защитных покрытий и катодной защиты от коррозии, особенно в районах вечной мерзлоты и агрессивных сред.
- ☐ Установка автоматических систем аварийного отключения (АСО), клапанов быстрого перекрытия и систем детектирования утечек.
- ☐ Реализация предиктивной диагностики: регулярное вычисление остаточного ресурса труб, учёт циклических нагрузок, применение цифровых моделей.
- ☐ Обеспечение устойчивости трассы от механических деформаций – например, обеспечение устойчивого основания, теплоизоляции в районах промерзания, мониторинг подвижек грунта и деформаций трубопровода.
- ☐ Интеграция с системами информационной безопасности (защита от кибератак и несанкционированного вмешательства) и физической безопасности (предотвращение проникновения на трассу).
- ☐ Установка и эксплуатация датчиков давления, утечки, вибрации и температуры вдоль трассы, интегрированных в систему централизованного контроля.

Организационные меры:

- ☐ Внедрение риск-ориентированного подхода к техническому обслуживанию и ремонту (Risk-Based Inspection, RBI): планирование мероприятий обслуживания исходя из анализа рисков и вероятности отказа.



- Подготовка и повышение квалификации персонала: регулярные тренинги по охране труда и промышленной безопасности, отработка аварийных сценариев, проведение учений.
- Разработка и внедрение системы управления промышленной безопасностью (СУПБ) на предприятии, включающей процедуры уведомления, реагирования, внутреннего контроля и аудита [5].
- Организация взаимодействия с регуляторными органами (например, Ростехнадзор) и соблюдение требований законодательства и нормативов [2].
- Контроль над подрядными организациями и проведением ремонтных работ: обеспечение безопасности и пожарной защиты на участках ремонта магистральных трубопроводов [1].
- Планирование мероприятий по ликвидации последствий аварий, включая подготовку резервов, оборудования и персонала.

Нормативно-правовые меры:

- Соблюдение федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [6].
- Приведение документации, проектных решений, эксплуатационных регламентов в соответствие с ГОСТами, СТО и другими нормативными актами, касающимися магистральных трубопроводов [7].
- Внедрение и использование автоматизированных систем мониторинга технического состояния, разрешённых нормативно-правовыми актами [8].
- Проведение экспертизы промышленной безопасности, в которой учитывается информация от автоматизированных систем мониторинга [8].
- Регулярный аудит и проверка соответствия промышленной безопасности, а также внесение изменений и корректировок в систему управления безопасностью.

Рассматривая особенности эксплуатации напорного нефтепровода на территории Тас-Юряхского месторождения, необходимо учитывать специфику региона: суровый климат, удалённость инфраструктуры, ограниченный доступ к ремонтным ресурсам и повышенные затраты на техническое обслуживание.

В таких условиях целесообразно применение вышеописанных технических и цифровых решений. К примеру, внедрение интеллектуального мониторинга с датчиками и системой анализа позволяет отслеживать отклонения в режиме онлайн и снижать время простоя.

Также важным является проведение комплексной оценки рисков трубопровода с учётом геотехнических условий и влияния многолетнемерзлых грунтов, что позволяет планировать профилактические мероприятия и ремонт с опережением дефектов. Например, применение методов картирования зон риска просадок грунта и их влияния на трассу трубопровода [9]

Организационные меры – создание системы управления промышленной безопасностью на основе цифровых технологий, регулярное обучение персонала, организационные процедуры реагирования на аварийные ситуации – становятся критичными в условиях удалённости и трудностей доступа к объекту.

Нормативная составляющая: предприятие должно постоянно мониторить соответствие оборудования, документации и процессов требованиям законодательства, принимать во внимание обновления в нормативной базе и развивать системы автоматизированного мониторинга и экспертизы промышленной безопасности.



Таким образом, комплексный подход – объединяющий технические, цифровые, организационные и нормативно-правовые меры – позволяет повысить надёжность эксплуатации напорных нефтепроводов в арктических или северных условиях, минимизируя риск аварий и их последствий.

В статье рассмотрены ключевые аспекты обеспечения промышленной безопасности при эксплуатации напорных нефтепроводов и предложена система мер для её повышения на примере Тас-Юряхского месторождения. Путём анализа факторов риска, современных технологий диагностики и мониторинга, а также организационно-нормативных механизмов было показано, что только **системный и интегрированный подход** позволяет существенно повысить уровень безопасности эксплуатации таких объектов.

Технические меры (катодная защита, АСО, датчики, цифровой мониторинг) создают технологическую базу устойчивого функционирования. Организационные меры (обучение, СУПБ, взаимодействие с регуляторами) обеспечивают человеческий и управленческий ресурс безопасности. Нормативно-правовые меры задают рамки и контролируют соответствие деле.

Особая значимость данных мер проявляется в сложных климатических и геотехнических условиях региона Тас-Юряхского месторождения – где удалённость, низкие температуры и труднодоступность повышают вероятность отказов и осложняют ликвидацию последствий. Однако даже в таких условиях применение современных диагностических систем и риск-ориентированного подхода позволяет значительно снизить вероятность аварий и минимизировать потенциальные негативные воздействия на окружающую среду и промышленную инфраструктуру.

В перспективе важным направлением является усиление цифровизации (IoT, Big Data, цифровые двойники), развитие автоматизированных систем реагирования и интеграция с экологической безопасностью. Реализация этих шагов позволит обеспечить надёжную эксплуатацию напорных нефтепроводов, повысить промышленную безопасность и устойчивое развитие нефтегазового сектора в Российской Федерации.

Список литературы:

1. Идрисов Р. Х., Идрисова К. Р., Кормакова Д. С. Анализ аварийности магистральных трубопроводов России // Промышленная безопасность. Экспертиза промышленной безопасности, 2018.
2. Рожков Д. М., Раевская И. Д. Прикладные и экспертные исследования пожарной и промышленной безопасности магистральных трубопроводов // XXI век. Техносферная безопасность, 2024, № 3, с. 296-308.
3. Малофеев М. В., Хабибуллин А. Ф., Чермянин П. И. и др. Инновационные цифровые технологии в области промышленной безопасности охраны труда и окружающей среды // Промышленная безопасность, 2022, № 5, с. 82-85.
4. «Роснефть» представила новые решения для повышения надёжности трубопроводов // Официальный сайт ПАО «Роснефть», 03 ноября 2023.
5. К вопросу об обеспечении безопасности на объектах магистральных трубопроводов // АПНИ (Агентство промышленной недвижимости и инженерии). URL: <https://apni.ru/article/9694-k-voprosu-ob-obespechenii-bezopasnosti-na-obuektah-magistralnyh-truboprovodov> (дата обращения: 09.11.2025).
6. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
7. Чуркин Г. Ю. Нормативное обеспечение промышленной безопасности магистральных трубопроводов. Москва: Агентство исследований промышленных рисков, 2014.



8. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 517 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности “Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов”» // Официальный интернет-портал правовой информации, 23.12.2020.

9. СП 393.1325800.2018. Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Организация строительного производства. Москва: Меганорм, 2018.

