

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Школа транспортной инженерии и логистики имени М.Тынышпаева

Направление образовательной программы «Логистика»

Альмурзина Динара Тасболатқызы

Модернизация трубопроводного транспорта в Казахстане

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В11301 – Транспортные услуги

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

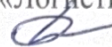
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Школа транспортной инженерии и логистики имени М.Тынышпаева

Направление образовательной программы Логистика

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

И.о.руководителя направления
образовательной программы
«Логистика», к.т.н., ассоц. профессор

 Бектилезов А.Ю.

« 4 » 06 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Модернизация трубопроводного транспорта в Казахстане»

6В11301 – «Транспортные услуги»

Выполнила



Альмурзина Д.Т.

Рецензент

к.т.н., ассоц.профессор

Международный транспортно-
гуманитарный университет

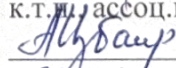
Аманова М.В.

« 05 » 06 2025 г.



Научный руководитель

к.т.н., ассоц.профессор

 Избаирова А.С.

« 23 » 05 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

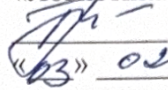
Школа транспортной инженерии и логистики

Направление образовательной программы «Логистика»

6В11301 – Транспортные услуги

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления
образовательной программы
«Логистика», к.т.н., доцент

 Муханова Г.С.
«03» 02 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Альмурзиной Динаре Тасболатовне

Тема: Модернизация трубопроводного транспорта в Казахстане

Утверждена приказом Член Правления - проректор по академическим вопросам Ускенбаева Р.К. № 26-П/Ө от 29.01.2025 г.

Срок сдачи законченной работы «20» мая 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: Технические характеристики магистральных трубопроводов РК, Карта трубопроводов КР, Статистические данные национальных операторов страны, Карта месторождений РК.

Краткое содержание дипломной работы: анализ современного состояния трубопроводного транспорта; основные принципы функционирования трубопроводного транспорта в Казахстане; практические решения по модернизации трубопроводного транспорта в Казахстане.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Введение, характеристика мирового трубопроводного транспорта и РК, основные проблемы трубопроводного транспорта, парк трубопроводов и производственные объекты, анализ ключевые проблем трубопроводного транспорта Казахстана, сравнение с мировыми лидерами, основные направления модернизации, заключение.

Представлены 14 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература:

1 Министерство энергетики РК. Государственная программа развития нефтегазовой отрасли РК до 2030 года. 2023.

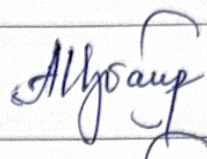
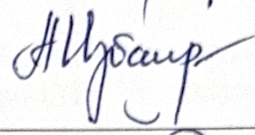
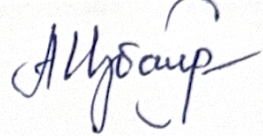
2 Отчеты от Национальных операторов трубопроводного транспорта РК

3 Закон Республики Казахстан «о Магистральном трубопроводе»

4 Национальный доклад о состоянии промышленности Республики Казахстана

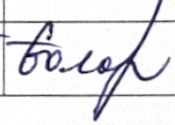
5 Ключевые элементы цифровой трансформации трубопроводной отрасли

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

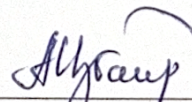
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Раздел 1. Анализ современного состояния трубопроводного транспорта	24.02.2025	
Раздел 2. Основные принципы функционирования трубопроводного транспорта в Казахстане	10.03.2025	
Раздел 3. Практические решения по модернизации трубопроводного транспорта в Казахстане	20.04.2025	

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Болаткызы С., к.э.н., ассоц.профессор	17.05.2025	

Научный руководитель


(подпись)

Избаирова А.С.

Задание принял к исполнению обучающийся


(подпись)

Альмурзина Д.Т.

Дата

«30» 01 2025 г.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматриваются ключевые аспекты модернизации трубопроводного транспорта Республики Казахстан. Основное внимание уделено анализу текущего состояния трубопроводной инфраструктуры, выявлению ее основных проблем и обоснованию необходимости модернизации. Работа включает всесторонний анализ экономической эффективности, технических решений и экологических последствий внедрения современных технологий на всех этапах транспортировки нефти и газа. Дипломная работа направлена на разработку практических рекомендаций для повышения эффективности, экологической устойчивости и конкурентоспособности трубопроводного транспорта Казахстана в долгосрочной перспективе.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Қазақстан Республикасының құбыр көлігін жаңғыртудың негізгі аспектілері қарастырылады. Құбыр инфрақұрылымының ағымдағы жай-күйін талдауға, оның негізгі проблемаларын анықтауға және жаңғырту қажеттілігін негіздеуге басты назар аударылады. Жұмыс мұнай мен газды тасымалдаудың барлық кезеңдеріне заманауи технологияларды енгізудің экономикалық тиімділігі, техникалық шешімдерін және экологиялық салдарын жан-жақты талдауды қамтиды. Дипломдық жұмыс ұзақ мерзімді перспективада Қазақстанның құбыр көлігінің тиімділігін, экологиялық тұрақтылығын және бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін практикалық ұсынымдар әзірлеуге бағытталған.

ANNOTATION

This thesis examines the key aspects of modernizing the pipeline transport system in the Republic of Kazakhstan. The primary focus is on analyzing the current state of the pipeline infrastructure, identifying its main problems, and justifying the need for modernization. The study includes a comprehensive analysis of economic efficiency, technical solutions, and the environment impact of implementing modern technologies at all stages of oil and gas transportation. The thesis aims to develop practical recommendations to enhance the efficiency, environment sustainability, and competitiveness of Kazakhstan's pipeline transport in the long term.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА	11
1.1 Характеристика мирового трубопроводного транспорта	11
1.2 Характеристика трубопроводного транспорта в Казахстане	15
1.3 Основные проблемы трубопроводного транспорта	18
2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В КАЗАХСТАНЕ	22
2.1 Парк трубопроводов и производственные объекты	22
2.2 Деятельность по оказанию операторских услуг	26
2.3 Анализ ключевых проблем трубопроводного транспорта Казахстана	28
2.4 Сравнение с мировыми лидерами трубопроводного транспорта...	30
3 ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В КАЗАХСТАНЕ	33
3.1 Основные направления модернизации	33
3.2 Внедрение предиктивной аналитики на основе ИИ	33
3.3 Применение самовосстанавливающихся покрытий	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы дипломной работы. Для нашей страны трубопроводный транспорт имеет одну из важных ключевых ролей в экономике. Так как обеспечивает транспортировку нефти, газа, а также других углеводородов, не только внутри страны, но и за пределы нее. Но на фоне увеличения объемов добычи, износа инфраструктуры и усиление экологических стандартов, модернизация трубопроводного транспорта становится стратегически важной задачей. И для обновления оборудования и повышения экологических стандартов, необходимы инвестиции в инновационные технологии. Таким образом, это обеспечит конкурентоспособность Казахстана на мировом рынке.

В последние годы наблюдаются существенные изменения в данной отрасли. А именно, внедрение современных цифровых технологий, применение системы мониторинга и диагностики, а также развитие трубопроводных маршрутов мирового значения.

Целью дипломной работы является – изучение и оценка текущего состояния трубопроводного транспорта в Казахстане, с учетом экономических, технологических и экологических аспектов. Выявление основных проблем, и на их основе предложить эффективные пути модернизации с учетом мировых стандартов.

Для того чтобы достичь поставленные цели, нужно правильно и грамотно **решить следующие задачи:**

- оценить текущее состояние трубопроводного транспорта государства;
- определить главные проблемы и сложности, отрасли;
- раскрыть сущность перспективных технологий, направленных на решение проблем;
- предложить методы по повышению эффективности и экологической безопасности трубопроводного транспорта.

Объектом исследования данной работы является непосредственно сам трубопроводный транспорт Казахстана.

В свою очередь **предметом исследования** выступают такие факторы как, процессы модернизации трубопроводной инфраструктуры и их влияние на экономику, экологию и энергетическую безопасность нашей страны.

Также чтобы достичь всех этих целей, в работе применяются необходимые методы. А именно:

- анализ статистических данных, нормативно-правовых актов, и отчеты отраслевых компаний;
- использование таблиц, схем, рисунков и диаграмм, для подробного изучения темы дипломной работы;
- далее, сравнительный анализ нашего трубопровода с мировыми странами;
- SWOT-анализ, для подробного выявления сильных и слабых сторон, а также угрозы и возможности трубопровода Казахстана;

- на основе предложения по устранению проблем, обоснование с помощью расчетов, экономического и эффективного эффекта для нашей страны;

- сделать подробные выводы, по каждому предложению по модернизации.

Данная дипломная работа состоит из введения, трех частей, заключения и списка использованных литератур. Каждая глава имеет свои параграфы, в свою очередь они идет от двух и больше. Соответственно, для каждой главы есть свой небольшой вывод, который обобщает предшествующие изложение.

Первая глава имеет теоретический характер. В нем рассматриваются характеристика мирового трубопровода, текущие состояние, роль и влияние на экономику Казахстана, а также основные проблемы.

Во второй части освещаются принципы функционирования трубопроводного транспорта Казахстана. Вместе с этим проводится анализ данных, для изучения ключевых проблем, сравнительные исследования с мировыми державами, и SWOT-анализ.

Соответственно, в третьей главе предлагаются практические решения по модернизации на основе мирового опыта. И обоснование всех предложений, с помощью расчетов экономического эффекта.

В конце, заключительной части, проводятся конечные итоги исследования и основные решения проблем.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

1.1 Характеристика мирового трубопроводного транспорта

Трубопроводный транспорт считается одним из самых удобных и экономичных способов по перемещению жидких и газообразных углеводородов, такие как, нефть, природный газ и нефтепродукты. Главное преимущество – это возможность непрерывной транспортировки, высокая пропускная способность и наименьшее воздействие на окружающую среду, по сравнению с автомобильным и железнодорожным транспортом. [1]

На сегодняшний день, трубопроводные сети играют важную роль в глобальной энергетической системе. [2] Данный вид транспорта обеспечивает надежную и экономически эффективную транспортировку сырья на большие расстояния. Мировыми лидерами трубопроводной сети можно считать такие страны, как США, Россия, Канада, Китай и страны Ближнего Востока. Так как, именно они занимают ведущие позиции по добыче и экспорту углеводородов.

Как и все виды транспорта, трубопроводный имеет свои основные функции, которые предназначены для выполнения нужных задач. Далее представлены основные из них:

Первое, и самое важное для любой страны является обеспечение энергетической безопасности. Так как трубопроводный транспорт играет ключевую роль в снабжении энергоресурсами. Он позволяет стабильно и бесперебойно экспортировать нефтепродукты на любые расстояния. Тем самым обеспечивая потребности в сфере промышленности и энергетики. [3]

Например, для стран-экспортеров, таких как России, Саудовская Аравии и Казахстана, трубопроводы обеспечивают надежным экспортом, тем самым могут снижать зависимость от других видов транспорта. Но для стран-импортеров, это обеспечение долгосрочных поставок груза, по фиксированным договорам. Это в свою очередь, снижает риск перебоев.

Второе, это способность транспортировать грузы в больших объемах, за короткий срок времени. Данная функция важна для основного перевозимого груза, а именно нефть и газ. Потому что, они необходимы в больших количествах для поддержки экономической деятельности, промышленных предприятия. То есть, высокая пропускная способность трубопровода, помогает удовлетворить все потребности всех крупных производственных предприятия. Также, это снижает нагрузку на другие виды транспорта, такие как, железнодорожный и автомобильный транспорт.

К примеру, можно привести такие трубопроводы, как:

- трубопроводы США и Канада, они способны перекачивать более 70% употребляемых углеводородов;
- российский газопровод «Сила Сибири» может поставлять 38 млрд кубометров газа в год; [4]

– наш Каспийский трубопроводный консорциум или же КТК, транспортирует до 67 млн тонн нефти в год. [5]

Еще одна полезная функция, это транспортировка не только нефти и газа. Трубопровод используется также для других видов грузов, например:

– первое и важное для всех, вода. Трубопровод способен обеспечивать города питьевой водой. Например, трубопровод «Астрахань – Мангышлак» в Казахстане, обеспечивает питьевой водой населённые пункты Мангистауской области, а также сам и город Актау;

– затем идут химикаты, который используются в химической промышленности. Например, аммиак по трубопроводу «Тольятти – Одесса»;

– также не мало важный водород. В данный момент Германия и США тестируют водородные трубопроводы.

Теперь рассмотрим основные преимущества и недостатки трубопроводного транспорта.

Главным преимуществом этого вида транспорта, это конечно же его относительно дешевая стоимость и высокая экономическая эффективность. Дешевым способом для перемещения жидких и газообразных веществ является трубопроводный транспорт, сравнивая с железнодорожным и автомобильным транспортом. Так, например, стоимость транспортировки нефтепродуктов по трубопроводам в среднем составляет 2-5 доллара за баррель, а взяв хотя бы, железнодорожный, чья перевозка составит от 10 доллара и выше. [6] В нашей стране по трубопроводу КТК стоимость перевозки нефти до Новороссийска выходит в среднем 3-4 доллара за одну баррель. Это цифра в два раза экономнее, нежели использование альтернативных маршрутов.

И конечно же, есть определенные причины низкой стоимости. Они:

– минимальные затраты на эксплуатацию. Так как после строительства требуется лишь регулярное обслуживание объекта;

– в мировой практике, это автоматизированный процесс, что способствует сокращению расходов на персонал;

– и последнее, отсутствие затрат на топливо. В отличие от железнодорожного, автомобильного и морского транспорта, трубопроводам не требуется топлива для экспортирования груза.

Следующие преимущества, независимость от климатических условий. К слову, морские перевозки зависят от шторма. Железнодорожные перевозки от снега и аварий на рельсах. В свою очередь, трубопроводный транспорт способен работать круглосуточно и в любых погодных условиях. Включая пустыни, горы и вечную мерзлоту, то есть регионы с экстремальными температурами. Но для устойчивости к температурным нагрузкам, применяются специальные изоляционные покрытия и технологии обогрева труб. Такие методы часто встречаются в северном регионе России и на территории Канады. В Казахстане же, трубопроводы годны к работе при температуре от -50 до +50 градусов Цельсия, без каких-либо перебоев.

Один из важных преимуществ, для экологии является минимальное воздействие на окружающую среду. Но данное преимущество работает лишь

при правильном и должном контроле транспорта. Ключевые экологические преимущества:

- снижение выбросов CO₂, по сравнению с морским и железнодорожным транспортом;
- подземная прокладка. Трубопроводы не создают визуального загрязнения ландшафта;
- меньший риск разливов. Данная особенность газопроводов, потому что газ при утечке просто рассеивается в воздухе.

Примером может служить, Европейский Союз. С 2010 по 2020 год выбросы CO₂ сократились на 30%, благодаря новым и передовым технологиям. В США аварийность на нефтепроводах уменьшилось на 40% за последние 10 лет.

Но и этот вид транспорта несовершенен. Далее представлены основные недостатки трубопроводного транспорта.

Несмотря на низкие затраты на эксплуатацию, строительство новых трубопроводов все равно требуют огромных затрат. Средняя стоимость строительства 1 км трубопровода может составлять:

- за нефтепровод – 2-5 доллара;
- за газопровод – 1-3 доллара. [7]

Все тот же газопровод «Сила Сибири» по маршруту Россия-Китай, обошелся в 55 миллиард долларов.

Второй недостаток, ограниченная гибкость маршрутов. У трубопроводов фиксированные маршруты, в отличие от все того же, железнодорожного или же морского транспорта. К слову, если Россия ограничит транзит, то нашей стране будет сложно найти быстро альтернативный маршрут. [8]

Третьим недостатком можно считать, риск аварий и утечек. Хотя и трубопроводы славятся своей безопасной транспортировкой, но аварии случаются. Важнейшие причины аварий могут служить:

- коррозия труб;
- природные катастрофы;
- землетрясения;
- человеческий фактор, ошибка сотрудников.

Например:

На Каспийском трубопроводе в Казахстане, в 2021 году произошла авария, причиной тому были устаревшие материалы.

В США на нефтепроводе Keystone случился разлив 14000 баррелей нефти в 2022 году.

Чтобы избежать такие случаи, необходимо использовать, новые антикоррозийных покрытий, или же использовать беспилотники и IoT систем для контроля за состоянием труб.

И последний недостаток, но не мало важный, это финансовые и геополитические риски. В экономическом плане, если допустим цена на нефть падает на мировой бирже, трубопроводы в такие случаи могут работать ниже, чем проектной мощности. Это снижает их окупаемость. Все на том же

трубопроводе КТК в 2020 году, из-за падения цены на нефть, загрузка трубопровода уменьшилось на 15%.

В геополитическом плане, это зависимость, от какой-либо страны. К слову, Казахстан зависит от России, при транспортировке нефти. И политические санкции, могут ограничить экспорт. Такой случай происходил в 2022 году.

Во избежание, данного риска, следует развить альтернативные маршруты, которые дадут независимость трубопроводу.

Сейчас, в современном мире трубопроводы также модернизируются. Они оснащены специальными множественными, датчиками и системами управления, которое помогло обеспечивать регулярный и постоянный контроль за процессом транспортировки. А также при обнаружении ошибки, оперативному реагированию. Данные технология позволили повысить уровень безопасности не только самому грузу, но и для окружающей среды. Это также способствовало к уменьшению эксплуатации и расходы на обслуживание. При аварии, система быстро может найти проблему и обеспечить правильные меры по ее устранению. В свою очередь, это позволило минимизировать последствия.

Трубопроводный транспорт используется не только для транспортировки нефтепродуктов, но также активно применяется в сфере химической промышленности, сжиженного природного газа и водоснабжение, и канализация.

При транспортировке сжиженного природного газа или кратко СПГ с помощью трубопровода, можно обеспечить оптимизацию затрат на логистику и поднять эффективность самой транспортировки. При перевозке опасных веществ, использование трубопроводного транспорта уменьшает вероятность появления аварий, затем и утечек.

В химической индустрии, трубопроводы также играют одну из ключевых ролей при перемещении множества химических вещей. Как и с нефтепродуктами, он также обеспечивает надежную и действенную транспортировку, от пункта А до пункта Б. В химической промышленности, транспортируются такие вещества как, этилен, пропилен и аммиак. Использование трубопроводного транспорта и в этой сфере, также помогает снизить затраты на логистические услуги. Тем самым делая ее намного действующим видом транспорта.

В современном мире, трубопроводы часто используются в системах водоснабжения и канализации. Он обеспечивает подачу питьевой воды, отведение сточных вод, далее их очисткой. Это применяется для того чтобы поддерживать определенные санитарно-гигиенические нормы в городах или же населенных пунктах. Они работают, таким образом, что водопроводные сети транспортируют необходимое количество воды из природных источников, например, озёра, реки и подземные резервуары, к конечным потребителям. А канализационные трубопроводы поддерживают безопасное отведение сточных вод от промышленных объектов и жилых домов к очистным местам. Данное

применение, хорошо способствует к удалению загрязнению и поддерживать экологическую безопасность. [9]

1.2 Характеристика трубопроводного транспорта в Казахстане

Наша трубопроводная инфраструктура начала развиваться еще в советский период. Самые первые магистральные нефтепроводы, которые связывали Казахстан и Россию, были построены в 1960-х годах. В таблице 1 представлены технические характеристики основных магистральных трубопроводов.

Таблица 1 – Технические характеристики основных магистральных трубопроводов

Нефтепр овод	Год	Прот яжен - ность, км	Диаметр, мм	Проектная произво дитель ность	Фактическая производи тельность	Кол-во НПС
1	2	3	4	5	6	7
Узень- Актау	1966	142	500	8	3,2	4
Узень- Атырау	1970	1020	1200	40	9,1	6
Узень- Атырау- Самара	1971	1500	720	25	15,4	8
Каламкас - Каражам бас- Актау	1975	283	720	15	5	4
Прорва- Кульсары	19860	103	500	5	3	2
Эмбенск ие нефтепро воды	1977- 1983	4156	200-500	15	7	10
Павлодар - Шымкент	1977- 1983	1646	800	25	13	12
Кумколь- Каракоин	1990	400	500-700	15	5	1

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Жанажол-Кенкияк	1988	51,1	530			
Кенкияк-Орск	1986	360	530			
Тенгиз-Грозный	1988 - 1990	678	1000	30		3
Тенгиз-Новоросийск (КТК)	2001	1580	1200	67	28,7	5
Аатасу-Алашанькоу	2006	965,1	813	20	11,8	4
Атырау-Кенкияк	2004	449	610	6	4	2
Кенкияк-Кумколь	2009	794,1	813	20		2

В Казахстане наиболее интенсивно используется именно трубопроводный транспорт. Главная причина, это доминирование экспорта нефтепродуктов в нашей стране. Также это относительно дешевое ценообразование, данного вида транспорта.

На сегодняшний день, наша страна владеет одной из самых разветвленных систем трубопроводного транспорта во всей Центральной Азии. Протяженность составляет более 26,6 тыс. км. В том числе:

- газопроводы – 19 тыс. км;
- нефтепроводы – 7,6 тыс. км.

Кроме внутреннего рынка, Казахстанские трубопроводы обеспечивают также, экспорт нефти и газа в страны Европы, Китая и Россию.

Далее представлены главные операторы трубопроводной сети нашей страны:

- АО «КазТрансОйл» - оператор национальных магистральных трубопроводов. [10]

- АО «КазТрансГаз» - один из крупнейших операторов газопроводной системы.

- Каспийский трубопроводный консорциум (или КТК) – международная компания, которая обеспечивает экспорт нефти через порт Новороссийска в России.

На рисунке 1 приведена единая карта всех нефтепроводов Республики Казахстан.

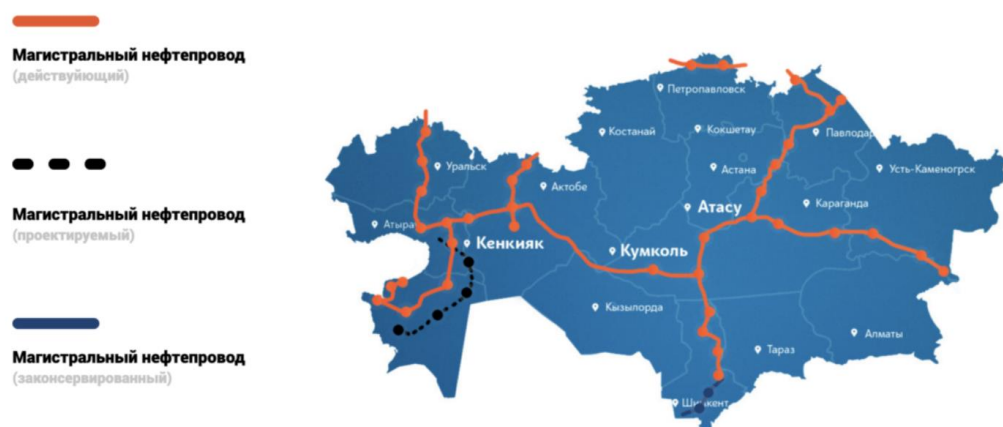


Рисунок 1 – Единая карта нефтепроводов Республики Казахстан [11]

Но даже несмотря на широкую сеть трубопроводов, большая часть инфраструктуры была построена еще в прошлом веке, и нуждается в купной модернизации. [12]

В продолжении, указаны ключевые нефтепроводы и газопроводы государства.

К основному нефтепроводу, входят:

- Каспийский трубопроводный консорциум (КТК) – главный экспортный маршрут. Как писалось ранее, идет экспортом через Новороссийск.

- Казахстанско-Китайский нефтепровод – важен своим стратегическим значением, который связывает с Китаем.

- Атырау – Самара – один из старейших трубопроводов который, также является экспортным маршрутом. По нему тоже поставляется нефть в Россию.

Продолжая, основные газопроводы:

- Бейнеу – Бозой – Шымкент – один из ключевых газопроводов, с целью газификации южную часть страны.

- Казахстан – Китай – направлен на экспорт газа в Китай.

- Центральная Азия – Центр (САЦ) – маршрут, цель которого, соединение газовые месторождения Казахстана с Россией. [13]

Для экономики Казахстана, трубопроводный транспорт один из главных отраслей. Так как, до 30% ВВП страны формируется за счет добычи и экспорта нефтепродуктов и газа. А как известно, рост ВВП это - экономическое развитие страны в целом. Вместе с этим, доход от экспорта составляет больше 60% валютной выручки. Также 80% экспортных поставок энергоресурсов обеспечивается с помощью трубопроводного транспорта.

Например, в 2023 году на долю Каспийского трубопроводного консорциума (КТК) пришлось транспортировка чуть больше 80%. Это число от общего экспорта сырой нефти Казахстана. [14] В свою очередь, это 62,8% или 56 млн тонн из 70 млн тонн, от общего объема извлечение нефти, который составляет 89 млн тонн. Далее на рисунке 2 представлена более подробная карта трубопроводы Казахстана. [15]



Рисунок 2 – Карта трубопроводы Казахстана [16]

1.3 Основные проблемы трубопроводного транспорта

Хоть и значение трубопровода не вызывает сомнения для экономики страны, он все также, как и другие виды транспорта имеет ряд общих и специфических проблем, которые требуют комплексного научного анализа и решения. [17] Для более наглядного представления, основные проблемы, характерные для каждого трубопровода, сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Проблемы отдельных трубопроводов Казахстана и их ключевые причины

Название	Год запуска	Проблемы	Причины
1	2	3	4
КТК	2001	Инфраструктура эксплуатируется более 20 лет, что приводит к частым утечкам и авариям. И это приводит к экологическим рискам.	Изношенное и старое оборудование.

1	2	3	4
		Зависимость от транзита через Россию. В 2018 году был зафиксирован крупный разлив нефти, в районе побережья Каспия. Наблюдались частые сбои в системе мониторинга с 2015 по 2020 года. В последствии, это замедляло обнаружения утечек.	Недостаточное оснащение передовыми технологиями. Отсутствие постоянных обновлений систем контроля и мониторинга, за состояние труб.
Казахстанско-Китайский нефтепровод	2006	Ограниченная пропускная способность. Устаревшие системы мониторинга, низкий уровень автоматизации. В Восточном регионе сбой на одном участке трубопровода вызвал задержку поставок в Китай, в 2017 году. Также, низкий уровень автоматизации, привёл к несвоевременному замечанию утечек, и мелким разливам нефти, произошедшие в 2019 году.	Низкая модернизация, не было существенного обновления оборудования, после входы в эксплуатацию. Труднодоступность участков, для обслуживания, из-за гористости и сложного рельефа местности.
Атырау-Самара	1970	Капитальный износ. Низкая автоматизация. Утечки нефти привели к негативным последствиям на местную экосистему. В период с 2012 по 2022 год, неоднократно случались утечки нефти в районе Атырау, что также привело к экологическим проблемам и снижению производительности. Из-за отсутствия современных систем контроля, сообщались о дефектных сварных швов труб.	Трубопровод построенный в прошлым веке, в данный период не соответствует стандартам прочности труб. Не применение датчиков для обнаружения утечек, и естественный износ.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Газопровод «Бейнеу-Бозой-Шымкент»	2015	В холодный сезон происходят частые замерзания рабочих элементов, и снижение давление в системе, что приводит к перебоям в поставках газа в регионе. В период 2016-2019 годах были зафиксированы мелкие утечки газа.	Низкая автоматизация и техническая оснащенность, не готовность в сезонные сбои. Не применение технологии по поддержанию оптимальных температур и правильных давленческих режимов для труб.
Газопровод «Казахстан-Китай»	2009	Из-за ограничения по мощности, в 2019 году происходили проблемы по обеспечению необходимого давления, в частности в горных местах. Что привело, к снижению пропускной способности газопровода. Также за последние 10 лет были установлены утечки малых размеров, что также уменьшало общую надежность и производительность.	Географическое сложность, участки, имеющие сложный и неровные рельефы. Нехватка современных инноваций. Ограниченные инвестиции.

Исходя из выше перечисленного, можно понять, что абсолютно все трубопроводы имеют общие проблемы, присущие каждому. [18 – 19]

Самая главная проблема это – износ инфраструктуры и его устаревание. Многие трубопроводы были построены и введены в эксплуатацию более 30 лет назад. Это и приводит к частым авариям и утечкам. Каждый из которых имеет серьезные последствия, не только для производства, но для экологии и простого народа. Сюда также входит, отсутствие цифровизации и автоматизации, не использование современных систем мониторинга.

Исходя из всего написанного выше, можно сделать вывод о том, что трубопроводный транспорт является неотъемлемой части экономики абсолютно каждого государства, для Казахстана в особенности. Так как это один из главных составляющих экспорта и преимуществ страны.

Даже несмотря на это, в стране существуют серьезные проблемы с трубопроводным транспортом, в частности их износом и минимальное количество актуальных технологий. Данная проблема подтверждается статистическими данными, аналитическими отчетами, на международных платформах такие как BP Statistical Review of World Energy (2023) и публикациями Министерства энергетики Республики Казахстан. [20]

2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В КАЗАХСТАНЕ

2.1 Парк трубопроводов и производственные объекты

С помощью развитой и разветвленной сетью трубопроводов в нашей стране, мы можем обеспечивать транспортировку нефтепродуктов не только внутри страны, но и за пределы нее. И соответственно, необходимы предприятия, которые занимались бы этим.

В Казахстане существуют достаточное количество компании, которые занимаются добычей и транспортировкой нефтепродуктов и газа. Но главным национальным координатором в стране считается АО «НК КазМунайГаз» или же коротко КМГ. Основные задачи предприятия:

- управление потоками нефтепродуктов;
- ведение переговоров с международными партнерами;
- согласование с правительством, куда и сколько качать нефтепродукты;
- координировать экспортные маршруты;
- представляет страну на внешнем рынке. [21]

Далее подробная информация по основным операторам транспортирующие нефтепродукты, приведены в таблице 3. [22]

Таблица 3 – Основные операторы трубопроводов

Компания	Тип	Владелец/Акционер
1	2	3
АО «КазТрансОйл» (КТО)	Национальный оператор	100% КМГ
ТОО «Казахстанский-Китайский Трубопровод»	Совместное предприятие	КТО + CNPC (China National Petroleum Corporation)
СЗТК «МунайТас»	Совместное предприятие	КТО + CNPC

Каждая из предприятия имеет свои маршруты и направления поставок.

По отчету Агентство по защите и развитию конкуренции РК, представило заключение о товарном экспорте нефти. По заключению анализа, было выявлено, что все три компании магистральных трубопроводов, поставляют в Китай, на внутренний рынок и транзитом. В страны Европы поставки нефти осуществляет только оператор «КазТрансОйл». Он использует свой самый длинный трубопровод в Казахстане, с протяженностью 5372 километра. [23]

Как указывалось, выше компания АО «КазТрансОйл» является национальным оператором страны. Отвечает за эксплуатацию и техническое обслуживание трубопроводов других предприятия.

В свою очередь, ТОО «Казахстанско-Китайский Трубопровод» ответственен за перевозку казахстанской и российской нефти в Китай. Применяя нефтепроводы Атасу-Алашанькоу и Кенкияк-Кумколь. Их протяженность составляет 1759 километров.

Далее ТОО СЗТК «МунайТас» отвечает за поставку нефтепродуктов западноказахстанского происхождения на нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). Также помогает смягчать добычи нефти в других регионах страны. Используя направление Кенкияк-Атырау. Протяженность которого составляет почти 500 километров. В следующих таблицах 4 и 5, представлены основные нефтепроводы и газопроводы государства.

Таблица 4 – Основные нефтепроводы

Название	Маршрут	Протяженность	Объем транспортировки
1	2	3	4
КТК	Тенгиз (Казахстан) – Новороссийск (Россия)	1511 километров	в 2024 году – 63 млн тонн нефти.
«Атырау-Самара»	Атырау-Самара	694 километров	В 2023 году – 12,173 млн тонн, что на 2,305 млн тонн меньше показателя 2020 года.
«Атасу-Алашанькоу»	Атасу (Казахстан) – Алашанькоу (Китай)	965 километров	В 2024 году – 11,2 млн тонн, что на 0,8% меньше чем в 2023 году.

Таблица 5 – Основные газопроводы

Название	Маршрут	Протяженность	Назначение
1	2	3	4
«Бейнеу-Бозой-Шымкент»	Бейнеу-Бозой-Шымкент	1477 километров	Обеспечение газом южную область страны, и транзит газа в соседние государства.
«Средняя Азия-Центр»	Туркменистан/Узбекистан – Россия через Казахстан	Варьируется в зависимости от конкретной ветки	Служит транзитным маршрутом для поставок газа из Средней Азии в Россию.

Как можно заметить, объем транспортировки нефтепродуктов в 2024 году по магистральным трубопроводам АО «КазТрансОйл» достиг 63 миллиона тонн нефти. Этот показатель доказывает о стабильности и значимости предприятия в нефтяной отрасли Казахстана. [5]

Следующий рисунок 3, отображает основные маршруты транспортировки нефти, компании АО «КазТрансОйл».



Рисунок 3 – Схема магистральных трубопроводов АО «КазТрансОйл» [10]

Детальная информация о расположении всех трубопроводов на территории Казахстана, показано на рисунке 4.

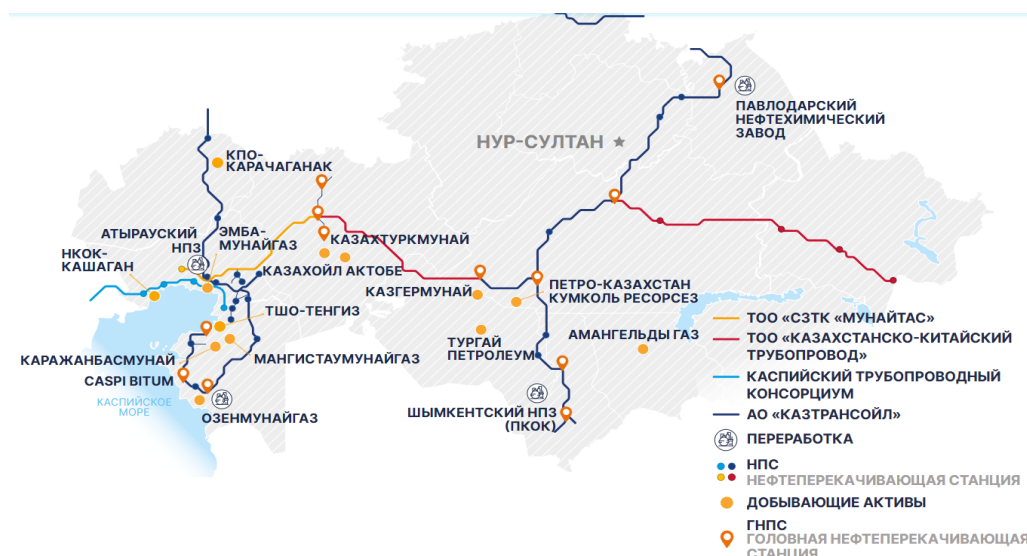


Рисунок 4 – Карта Магистральные трубопроводы РК

Также один из важных аспектов в нефтегазовой отрасли это – производственные объекты. Они играют ключевую роль в экономике страны. В данные инфраструктуры входят добывающие, транспортировочные, перерабатывающие и вспомогательные предприятия. Они обеспечивают полный и непрерывный цикл добычи, переработки и транспортировки нефти и газа. В них входят:

- месторождения;
- перерабатывающие заводы НПЗ;
- трубопроводную инфраструктуру;
- экспортные терминалы и перевалочные пункты;
- нефтехимические комплексы;
- газохранилища и компрессорные станции.

В Казахстане расположены три ключевых объектов по добыче нефтепродуктов (таблица 6). Каждый из которых имеет огромное значение для страны.

Первый из них, это – Карачаганакское месторождение. Расположен в Западно-Казахстанской области, город Аксай. Объект является одним из крупнейших нефтегазоконденсатных месторождений в мире. Компания «Карачаганак Петролиум Оперейтинг Б.В» (КПО) является оператором месторождения. Объект способен обеспечивать значительную часть добычи нефти и газа в стране. [24]

Следующий крупнейший объект, расположенный в Атырауской области Тенгизское месторождение. Оператором которого является «Тенгизшевройл» (ТШО). Играет главную роль в экспорте казахстанской нефти. [25]

Затем не мало важный объект, который находится в северной части Каспийского моря, Кашаганское месторождение. Он является единственным действующим офшорное нефтяное месторождение в Казахстане. Оператором проекта является консорциум North Caspian Operating Company (NCOC). Добыча на этом объекте началось в 2016 году и продолжает до сих пор.

Таблица 6 – Основные месторождения РК

Месторождение	Основные акционеры	Характеристика и показатели объекта
1	2	3
Карачаганак	Добыча газа: 40% от общего объема страны.	Shell(29.25%), Eni(29.25%), Chevron(18%), ЛУКОЙЛ(13.5%), КМГ(10%).
Тенгиз	Добыча: больше 30 млн тонн нефти в год.	Chevron(50%), ExxonMobil(25%), КМГ(20%), ЛукАрко(5%).
Кашаган	Способен до 50 млн тонн в год.	Eni, Total, ExxonMobil, Shell, CNPC, Inpex, КМГ (доли распределены поровну).

Не мало важную роль играют перерабатывающие объекты (НПЗ). Например, Павлодарский нефтехимический завод (НПХЗ) считается крупнейшим предприятием на северо-востоке страны по переработке нефти, а также по производству нефтяных продуктов. Он также обеспечивает значительную часть потребностей внутреннего рынка. Мощность которого составляет около 5,1 миллион тонн нефти в год.

Атырауский нефтеперерабатывающий завод (АНПЗ) – один из старейшей компании в нефтяной отрасли. Завод прошел модернизацию, это позволило увеличить глубину переработки нефти, тем самым улучшить качество продукции, с мощностью 5,5 миллиона тонн нефти в год.

И последние, важное звено в обеспечении южного региона качественной продукции является Шымкентский нефтеперерабатывающий завод (ШНПЗ). Завод также, как и АНПЗ прошел модернизацию, тем самым увеличил свою эффективность переработки. Мощность данного НПЗ составляет 6 миллиона тонн нефти в год. [26]

2.2 Деятельность по оказанию операторских услуг

Операторские услуги в сфере трубопроводного транспорта – это комплекс действий, которые предназначены для перевозки нефти, газа и других углеводородов по территории государства, но и за пределы нее. В операторские услуги входят управление, эксплуатация, техническое обслуживание и диспетчеризация магистральных трубопроводов.

В Республике Казахстан деятельность предприятий, работающих в сфере трубопроводного транспорта, происходит в соответствии с рядом нормативными документами. Ключевые среди них являются Кодекс Республики Казахстан «О недрах и недропользовании», Закон «О газе и газоснабжении», а также технические регламенты Таможенного союза. Они направлены на установление требований к безопасности и эксплуатации подобных систем.

Так как, АО «КазТрансОйл» выступает в роли национального оператора магистральных нефтепроводов Казахстана, он выполняет широкий спектр задач, которые связанные с транспортировкой нефтепродуктов. В сферу его деятельности входят:

- организация транспортировки нефти, то есть от перекачки и хранения до смешивания и отгрузки;
- строительство и эксплуатация трубопроводной инфраструктуры как на территории страны, так и за пределы нее. Сюда так входят, объекты для хранения и погрузки на другие виды транспорта;
- обслуживание и эксплуатация других нефтепроводов, которые принадлежат сторонним компаниям;

- координация транспортировки казахстанской нефти, которые используют трубопроводы других стран. А также исполнение функции оператора по маршрутам транзита;

- предоставление услуг по транспортировке нефти от имени собственника или владельца трубопровода на законных основаниях;

- услуги по производству и распределению тепловой энергии и ее передача.

Вместе со всем перечисленным, компания также занимается техническим обслуживанием и ремонтом водоводов в рамках группы предприятий АО НК «КазМунайГаз». Помимо перечисленного, «КазТрансОйл» вправе осуществлять и другие направления деятельности в соответствии с прописанным Уставом.

В газовом секторе, национальным оператором является АО «КазТрансГаз». Он обеспечивает работу газотранспортной системы Казахстана. Предприятие отвечает за следующие направления:

- управление как магистральными газопроводами, так и распределительными сетями;

- ответственен за организацию транспортировки природного газа не только внутри страны, но и за пределы нее. В особенности в такие страны как, Россия, Китай и Узбекистан;

- эксплуатация важных объектов инфраструктуры, включая компрессорные станции и подземные хранилища.

Также один из важных международных предприятий, который играет ключевую роль в экспорте нашей нефти, это Каспийский Трубопроводный Консорциум. Деятельность данного объекта направлена на развитие магистральной нефтетранспортной инфраструктуры РК. И конечно же, обеспечение ее бесперебойной, безопасной и эффективной работы. Основные предоставляемые услуги оператора:

- защита интересов Казахстана и других сторон, принимающие участие в транспортировке нефти;

- стимулирование инновации в области магистральных трубопроводов;

- создание технических и нормативных стандартов;

- участие в международных проектах, для усиления энергетической безопасности и расширение маршрутов;

- работа над международными соглашениями, по поводу регулирования правил транспортировки нефти;

- разработка и изменение законодательных инициатив, для улучшения нормативно-правовой базы в сфере трубопроводного транспорта.

Работа операторов трубопроводного транспорта представляет собой многоэтапный и технически сложный процесс. Здесь нужна не только высокая квалификация работников и специалистов, но и правильное внедрение современных технологий, и поддержание постоянного контроля. Без этих качеств, невозможно говорить об устойчивом функционировании

энергетической области и, как следствие, о стабильном экономическом росте страны. [1]

2.3 Анализ ключевых проблем трубопроводного транспорта Казахстана

Как было показано в предыдущих главах, Казахстан располагает развитой сетью магистральных трубопроводов, и имеет стратегическое значение для экономики. Однако, за внешней стабильностью кроются ряд серьезных проблем, требующих системного подхода. В этом разделе будет проведен анализ основных проблем, которые влияют на эффективность трубопроводного транспорта. [27]

Во-первых, износ инфраструктуры и высокий уровень аварийности. В ходе исследования было выявлено, что более 50% нефтепроводов эксплуатируются более 30 лет и, соответственно требуют капитального ремонта. Также, средний уровень износа магистральных трубопроводов составляет 40-50%, как итог, увеличивает риск аварий. Один из таких случаев произошел в 2021 году, на участке КТК. Случился разлив нефти, что привело к значительным экологическим убыткам. Далее в таблице 7, наглядно приведена аварийность нефтепроводов за 2018-2023 года с основными причинами. [28]

Таблица 7 – Аварийность на нефтепроводах Казахстана за 2018-2023 года

Год	Количество аварий	Основные причины	Объем утечек (тонн)
1	2	3	4
2018	7	Коррозия труб, износ	2100
2019	6	Давление в системе	1850
2020	9	Разгерметизация	2500
2021	11	Коррозия, устаревшие материалы	3100
2022	8	Механические повреждения	2750
2023	10	Природные факторы, устаревание	2980

Следующий аспект, требующий доработки, это ограниченная пропускная способность газопроводов. Казахстан испытывает дефицит пропускной способности газопроводов на южной части страны. В частности, в зимний период, потребление газа в Алматы и Шымкенте превышает возможности

трубопровода, что приводит к отключениям. К слову, газопровод «Бейней-Бозой-Шымкент» работает на предельной мощности. Но это также снижает надёжность поставок. На рисунке 5, показана доля пропускной способности каждого объекта. [29]

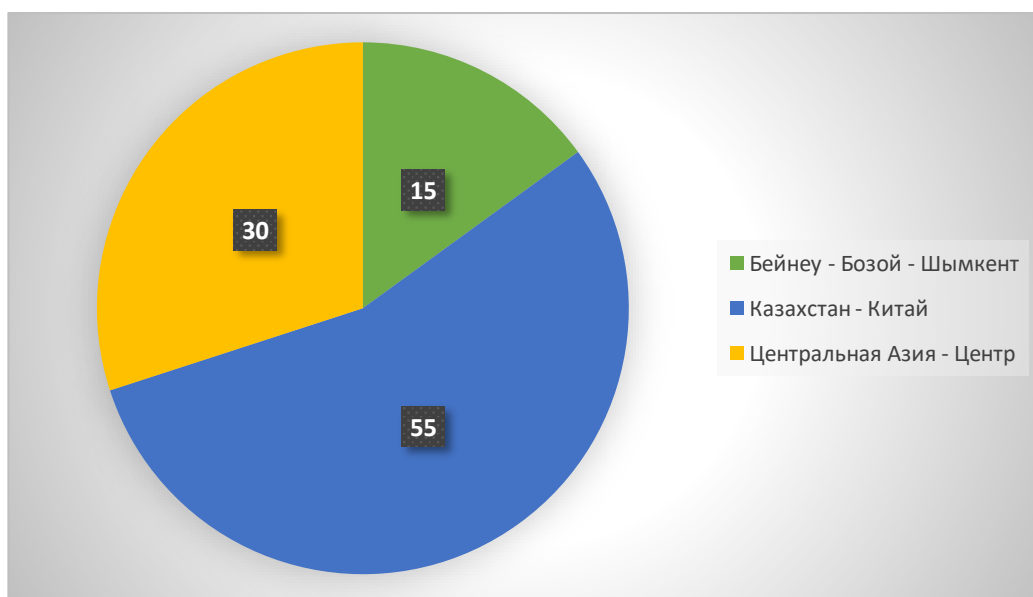


Рисунок 5 – Пропускная способность ключевых газопроводов Казахстана, (млрд куб. м в год) [30]

В связи с эпохой технологии, цифровизация и автоматизация для трубопроводов, является одним из важных аспектов для конкурентоспособности на рынке. Но несмотря на свое важное положение в нефтяной сфере, Казахстан все также нуждается в современных технологиях, потому что все еще имеет недостаточную цифровизацию. [31]

До 70% трубопроводных объектов нашего государства не оснащены современными системами мониторинга. Например, в развитых странах США и Норвегия, используются цифровые двойники и IoT для контроля состояния трубопроводов, что снижает их аварийность. В Казахстане система мониторинга SCADA внедрена лишь только на 30% трубопроводов. И для сравнения ниже представлена таблица 2.7, где наглядно показано доля цифровизации в разных странах.

И не мало важная проблема, это геополитические и экономические риски. Большая часть казахстанской нефти, то есть до 80%, проходит через территорию России. Это и создает зависимость от внешнеполитических факторов. [32]

Одним из примеров может служить, события в 2022 году. Когда были введены санкции против России. Это привело к временным задержкам экспорта нефти Казахстана через трубопровод КТК. Как вывод, можно сказать что отсутствие альтернативных маршрутов ограничивает гибкость экспорта. Для наглядности, доля маршрутов экспорта рассмотрена на рисунке 6.

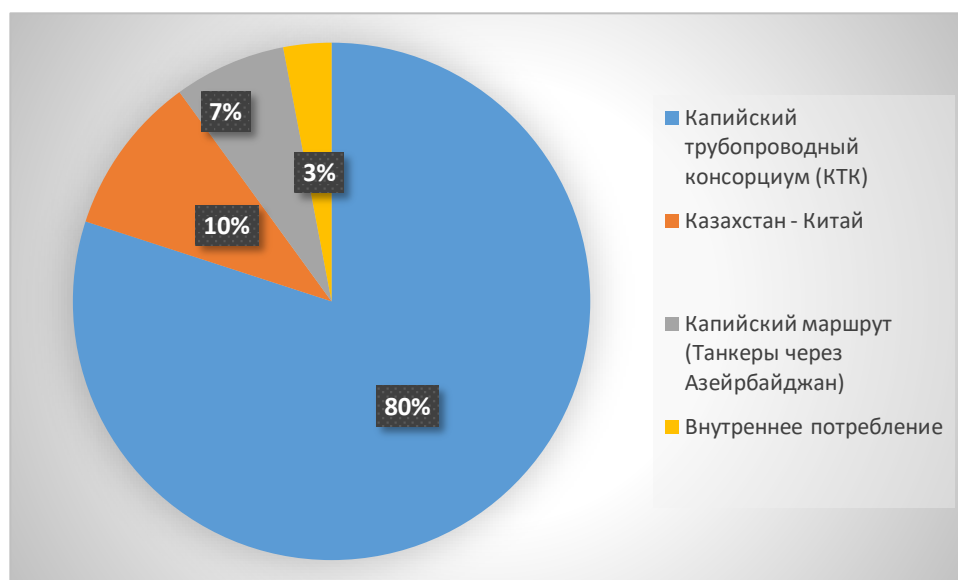


Рисунок 6 – Доля маршрутов экспорта нефти Казахстана, (%)

Для комплексной оценки текущего состояния трубопроводного транспорта Казахстана был проведен SWOT-анализ (таблица 8). Он позволяет выявить его внутренние сильные и слабые стороны, а также внешние возможности и угрозы. [33]

Таблица 8 – SWOT-анализ

Сильные стороны	Слабые стороны
1	2
Выгодное географическое расположение между Европой и Азией.	Высокая степень изношенности трубопроводов.
Развитая сеть нефтепроводов.	Низкий уровень цифровизации и автоматизации процессов.
Возможности	Угрозы
Расширение и модернизация трубопроводов.	Политические и экономические риски (санкции, торговые ограничения)
Рост экспорта в Китай и Европу.	Риски аварий и утечек.
Внедрение цифровых технологий.	Экологические риски.

2.4 Сравнение с мировыми лидерами трубопроводного транспорта

По анализу с предыдущей главы были выяснены проблемы, с которыми сталкивается трубопроводная отрасль Казахстана. [34] Они:

- износ инфраструктуры;
- низкий уровень цифровизации;

- ограниченные экспортные маршруты;
- экологические угрозы.

И для того чтобы, понять, как найти решение и разработать стратегию модернизации, необходимо провести сравнение с лидерами в данной сфере.

Выбором стали США, Китай и Норвегия. Такой выбор обусловлен следующими причинами:

В области автоматизации и цифровизации трубопроводных систем демонстрирует выдающиеся результаты США. Их внедрения технологий IoT, AI и Big Data позволяет существенно снизить аварийность, оптимизировать эксплуатационные затраты и также обеспечить высокую надежность перевозки углеводородов. Данный опыт особенно актуален для Казахстана, где уровень цифровизации остается низким.

Китай выбран тем, что является главным стратегическим партнером Казахстана в области экспорта энергоресурсов. Потому что более 10% нашей нефти и значительная часть газа поставляется в Китай. Страна Азии активно развивает и внедряет автоматизированные системы управления трубопроводами, это в свою очередь позволяет хорошо сократить технологические потери и повысить эффективность поставок.

Страна где соблюдаются одни из самых строгих экологических стандартов в области транспортировки нефти и газа, это определенно Норвегия. Страна активно использует передовые технологии антикоррозийной защиты, систем улавливания углеводорода (CCS) и новейшие средства мониторинга. Они обеспечивают минимальное количество аварий и чрезвычайно высокую экологическую безопасность. С точки зрения снижения экологических рисков, данный практический опыт полезен для Казахстана.

Рассмотрение зарубежного опыта, в частности США, Китай и Норвегии, позволяет выделить наилучшие практики, которые могут быть адаптированы для преодоления вызовов в сфере трубопроводного транспорта нашей страны. Итогом работы станет разработка практических решений по модернизации отрасли. Они будут направлены на повышение ее надежности, снижение числа аварий и укрепление позиции страны на глобальном рынке энергетики. [35]

Для полного понимания особенностей развития трубопроводного транспорта в международной практике, был проведен сравнительный анализ по ключевым параметрам (таблица 9).

Таблица 9 – Сравнительный анализ трубопроводного транспорта

Показатель	Казахстан	США	Китай	Норвегия
1	2	3	4	5
Протяженность трубопроводов, км	26 963	2 225 000	147 600	8 800
Цифровизация, (%)	30	85	75	90
Средний срок службы труб, (лет)	30-40	50	40	60

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
Уровень аварийности	Высокий (10 аварии в год)	Низкий (1-2 аварии в год)	Средний (3-5 аварий в год)	Минимальный (0-1 аварий в год)
Экспортные маршруты	Россия, Китай, Каспий	Канада, Мексика, Европа	Казахстан, Туркменистан	Европа

Проведенный сравнительный анализ трубопроводного транспорта Казахстана с мировыми странами, наглядно показал насколько существенно наша страна отстает от лидеров. Особенно по таким параметрам как, развитие инфраструктуры, уровень применения современных технологии, экологические стандарты и диверсификация экспортных маршрутов.

Анализ практик США, Китая и Норвегии показывает, что успешное развитие трубопроводного транспорта основывается на цифровизации, своевременной модернизаций инфраструктуры, высоких экологических стандартов и диверсифицированных маршрутах.

Если Казахстан адаптирует лучшие мировые практики, это позволит продлить срок службы трубопроводов, сократить аварийность на 50% и повысить экспортный потенциал страны в целом. [36]

3 ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В КАЗАХСТАНЕ

3.1 Основные направления модернизации

Как было выявлено, с предыдущей главы, Казахстан сталкивается с рядом проблем, которые в свою очередь, снижают эффективность трубопроводного транспорта. [37] Итоговые проблемы:

- износ инфраструктуры. Более 50% объектов эксплуатируются больше 30 лет;
- высокая степень аварийностей. Это приводит к потерям в размере 3000 тонн в год;
- низкий уровень использования цифровизации. Применяется лишь на 30% магистралей;
- геополитические риски. Ограниченные экспортные маршруты. Практически 80% нефти экспортируется через Россию;
- экологические риски. Из-за последствия утечек нефти и газа, происходят частые выбросы CO₂.

Главная цель модернизации трубопровода – это устранение уже существующих проблем, тем самым повысить эффективность данного вида транспорта. [38]

Целью данной главы является – предложить конкретные и реалистичные решения по модернизации трубопроводного транспорта. Сюда входят, технические, цифровые, экологические и экономические аспекты. Также будут приведены детальные расчеты, которые собственно и будут подтверждать эффективность данных мер. [39]

Основные направления, предложенные для модернизации:

- внедрение предиктивной аналитики на основе ИИ;
- применение самовосстанавливающихся покрытий.

3.2 Внедрение предиктивной аналитики на основе ИИ

Данная технология использует алгоритмы машинного обучения с применением искусственного интеллекта (AI), а также обработки больших данных, как Big Data. Предиктивная аналитика поможет сделать правильное прогнозирование технических сбоев, аварий и участки трубопровода подверженные к износу. [40]

Основные задачи, которые выполняет предиктивная аналитика в трубопроводной сфере:

- во-первых, предсказание износа труб. То есть, он анализирует данные с датчиков давления, температуры, и вибраций. Таким образом, выявляются участки, где высокая вероятность появления коррозии и утечки. При выявлении

риска, технология незамедлительна и автоматически уведомляет о будущем происшествии;

- во-вторых, это оптимизация загрузки и давления. Модель рассчитывает оптимальный режим работы трубопровода. Также его давление и скорость потока. С целью минимизации износа и затраты на энергию;

- в-третьих, планирование ремонтов. Это означает, что система сама будет предсказывать, когда именно необходим ремонт. Это поможет снижению расходов на обслуживание и минимизирует простои. [41]

Чаще всего предиктивная аналитика использует данные от датчиков SCADA, IoT. Вместе с этим историю аварий, совершенные ремонты, местоположения и материалов труб. Тем самым, выявляет закономерность и строят модели прогнозирования.

Модель базируется на таких платформах как: Honeywell Predictive Analytics, Siemens MindSphere, ABB Ability Health и IBM Maximo Predict. По рисунку 7, наглядно показано цикл работа обще стандартной предиктивной аналитики на основе ИИ. [42]

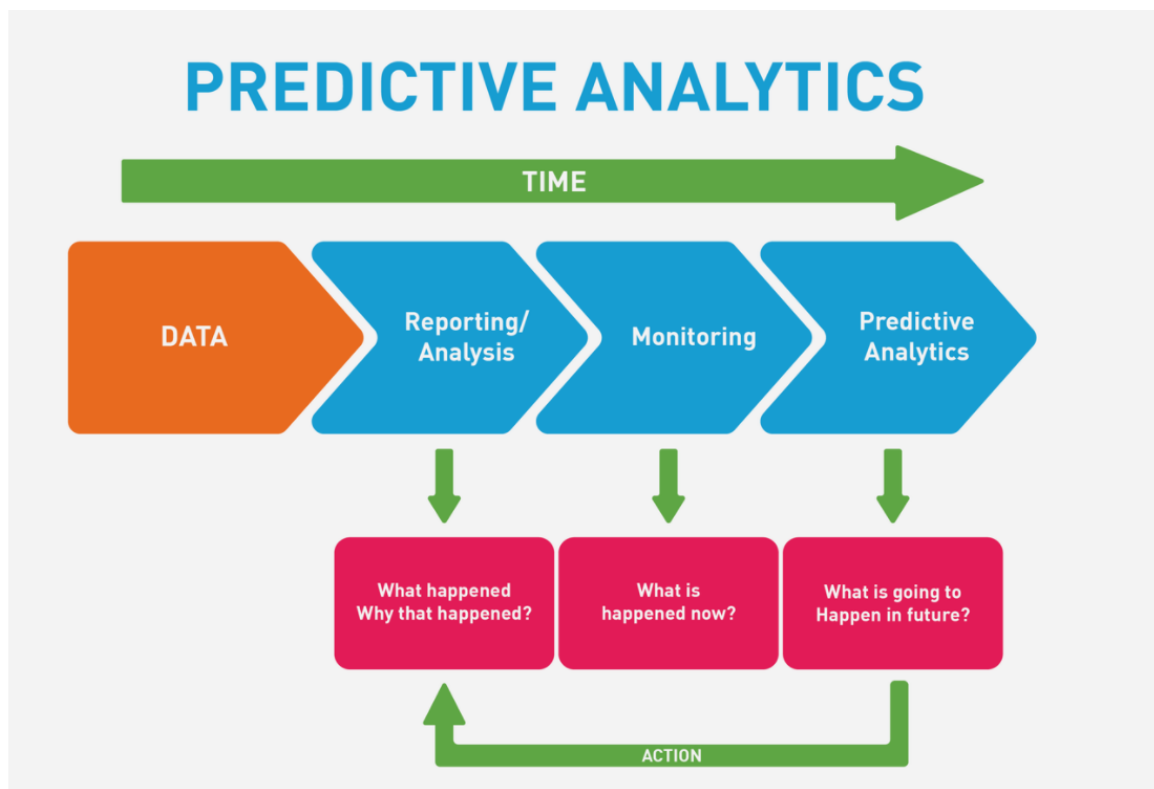


Рисунок 7 – Предиктивная аналитика на основе ИИ [43]

В Казахстане элементы искусственного интеллекта используется лишь в горнодобывающей и железнодорожной отрасли. Что насчет трубопроводной сферы, предиктивное обслуживание и Big Data – аналитика считается новым направлением. [44] Во основном в стране большинство систем диагностики работают по реактивной модели. То есть, обслуживание по регламенту или же после инцидента. Так как, наша страна уже имеет опыт работы с

международными компаниями, которые предоставляют решения по данной сфере – Honeywell, Siemens, внедрение данной технологии реалистична.

Для грамотного внедрения, необходимо использовать следующие этапы.

Первым этапом будет, полный аудит трубопроводной инфраструктуры. Определение основных участков такие как, старые, изношенные, перегруженные и аварийные. Сбор технической документации, история всех аварий. И оценка доступности для установки оборудования. [45]

Следующим этапом будет, интеграция с существующими системами SCADA или IoT. И подключение к защищенному облачному хранилищу данных. [46]

Третий этап это – разработка и настройка ИИ-модели. Сюда входит настройка алгоритма предсказания, а именно точки коррозии, время до отказа и места вероятных утечек.

Четвертым будет, пилотный запуск. Нужно выбрать один участок, и произвести тестирование таких пунктов как, снижение простоев, точность прогноза и отклик оператора на рекомендации системы.

И последний этап, расширение на всю систему. То есть исходя из результата пилотного запуска – поэтапное внедрение на всех ключевых трубопроводах. Подключение к Национальной транспортной платформе. И настройка визуализации с помощью цифровой диспетчерский центр. [47]

Далее по рисунку 8 представлена схема работы предиктивной аналитики на основе ИИ на трубопроводном транспорте Казахстана.

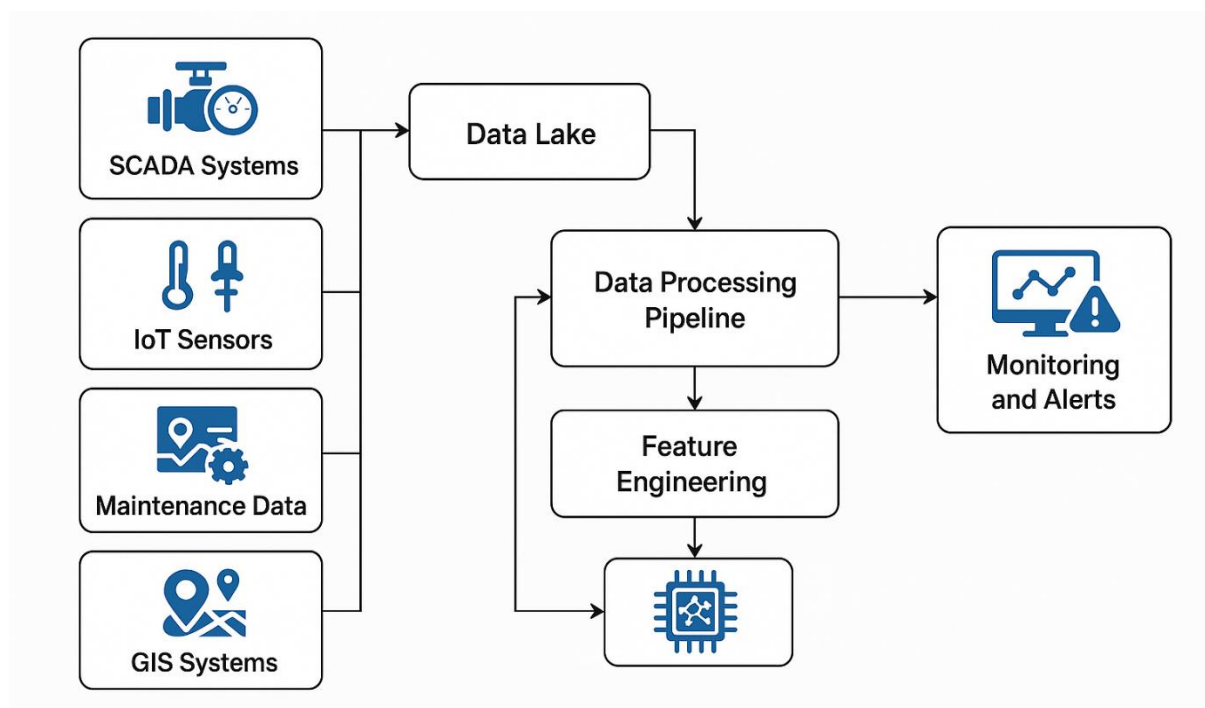


Рисунок 8 – Схема работы предиктивной аналитики на основе ИИ

Абсолютно любая аналитика, в том числе и предиктивная всегда начинается с данных. В данной схеме, описаны основные источники, которые используются в условиях нашей страны.

И первая из них, это – система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Она представляет собой систему диспетчерского контроля и сбора данных. Устанавливается на ключевых участках трубопроводной системы и на насосных станциях. Данная система в нашей стране довольно-таки давно используется, и по мере возможности развивается. Вот основные параметры, которые система SCADA собирает:

- температура груза (нефть, газ);
- давление в трубе;
- скорость потока;
- уровень наполнения грузом;
- состояние насосного оборудования.

В свою очередь в выше представленной схеме, данные в настоящее время будут передаваться в хранилище данных, для дальнейшего анализа и обработки. Тем самым, система SCADA помогает контролировать физическое состояние инфраструктуры. При правильном использовании и интеграции, это система станет ключевым элементом в прогнозной модели. [48]

Вторыми можно считать IoT-датчики. Эти устройства устанавливаются вдоль самого трубопровода. И дополняют систему SCADA. Для расширения спектра собираемой информации. Вот основные из них:

- коррозия, сюда входит состояние внутренней и наружной поверхности инфраструктуры;
- вибрации на трубе;
- утечки;
- смещение труб или же грунта, то есть в местах повышенной сейсмической активности или почва болотистого типа, например, как в Западной части страны.

В схеме главная задача IoT-датчиков, это формирование телеметрических данных, которые в свою очередь будут поступать в систему непрерывно. Например, при небольших аномалиях или росте вибрации в трубе, система сможет предсказать повреждения до его возникновения. [49]

Также для предиктивной аналитики необходимы данные ТОиР или же техническое обслуживание и ремонт. Здесь анализируется история всех работ, совершенных на трубопроводе. А именно такие аспекты как, осмотры, сварка, давление при тестах, замена секций и другие. Эти данные также считаются важными для ИИ. Благодаря этим данным, можно с помощью предиктивной аналитики, узнать причину и следственные связи. В частности, таких параметров как:

- как часто ломался насос;
- какие материалы выходили из строя намного чаще;
- через какой промежуток времени после коррозии была утечка.

В нашем государстве такие данные сохраняются и хранятся в цифровом виде. Местоположение этих данных находятся в основном в базе оператора, у нас, например, это предприятие АО «КазТрансОйл», и могут быть подключены к модели через API.

И последние, не мало важное это – ГИС-системы или же геоинформационные системы. То есть, в этой системе указываются карты маршрутов трубопроводного транспорта, слои рельефа, климатические зоны и геология почв. Эти данные важны для того чтобы определить и понять основные риски:

- в горах происходят частые лавины и оползни;
- риск перегрева из-за солнца, чаще происходят в степях;
- возле рек, есть риск размыва, паводок и подтопление;
- в местах с очень пониженной температуры, есть риск деформация труб, при их оттаивании.

Взаимодействие предиктивной аналитики и системой ГИС, дает понимание об особенностях местности, в котором работает трубопровод. [50]

После сбора данных, идет следующая ступень, это – хранилище данных (Data Lake). Абсолютно все выше перечисленные данные попадают в центральное хранилище Data Lake, то есть озеро данных. Его особенность которое отличает, от обычной базы данных, это то что в него можно загружать и хранить любые виды данных. Например:

- структурированные, из системы SCADA;
- неструктурированные, отчеты в PDF формате;
- полуструктурированные, по типу XML и JSON.

Также Data Lake служит не только как хранилище, но и платформой. Откуда будут данные извлекаться для обучения моделей. В Казахстане такое хранилище может располагаться:

- в национальных дата центрах (например, в Астане или Алматы);
- в частных облаках («КазТрансОйл»);
- в гибридной модели, то есть часть данных хранится локально, другая часть в облаке.

Третье ступенькой в схеме служит – конвейер обработки данных (Data Pipeline). После поступления данных в Data Lake, они поступают в конвейер обработки. Его функции:

- очистка, например, удаление шумов, выбросов и неправильных значений;
- приводит к единому формату, то есть время и единицы измерения;
- агрегация, например, средние давление за 15 минут, а не каждую секунду;
- соединение данных из разных источников.

Данный блок в схеме очень важен. Потому что, сырые данные часто бывают несовместимы и неполными. Грамотная подготовка на этом этапе, гарантирует точность работы модели. [51]

Четвертый блок – формирование признаков или же Feature Engineering. После конвейера обработки данных, создаются признаки – параметры, по которым можно будет обучить ИИ. Например:

- разница давления до и после насосной станции;
- средняя вибрация за 1 час;
- расстояние до зоны риска;
- скорость деградации на определенном участке, за последние 3 месяца;
- срок, когда был последний ремонт трубопровода.

Если будут более качественные признаки, то соответственно будут и точные предсказания на трубопроводном транспорте.

Пятым шагом станет, сам ИИ-модель предсказания (Model Inference). На этом этапе, у нас будут качественные данные и признаки. Соответственно, машинное обучение сможет начать свою работу. Будут использоваться модели, которые обучаются на основе истории инцидентов и учатся распознавать ранние признаки будущих утечек, аварий и износов труб. Они:

- LSTM (Long Short-Term Memory) или же долгосрочная память, он хорошо работает с временными параметрами, такие как, давление, вибрации во времени, изменение температуры по часам.
- XGBoost (Extreme Gradient Boosting) – один из сильных и мощных градиентный бустинг, предназначен для классификации и регрессии.
- Random Forest, CatBoost, LightGBM, в зависимости от необходимых задач. [52]

Последние, мониторинг и оповещение (Monitoring and Alerts). Тут результаты будут выводиться на панель управления в виде, графиков, индикаторов и тепловых карт по всей трубопроводной сети.

При срабатывании модели, оно будет автоматически отправлять уведомление диспетчеру станции, СМС сообщение инженеру и предупреждение в Центр реагирования МЧС, если риск будет серьезным. Если модель будет предсказывать высокую вероятность разрушения, то также можно будет подключить систему автоматической остановки насоса.

Данную схему предиктивной аналитики можно считать жизненно важной инфраструктуры, которая способна изменить подход к эксплуатации трубопроводов в нашей стране. [53]

Но прежде чем внедрять, необходимо совершить расчет, который даст оценку эффективности модернизации. Нужно просчитать экономическую эффективность и окупаемость каждой модернизации. Для расчета использовались данные по таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные

Наименование показателя	Величина показателя
1	2
Средняя протяженность участков с наибольшим износом	2000 км (по данным КазТрансОйл и КТК)

Продолжение таблицы 10

1	2
На 1 км необходимо в среднем 1 комплект сенсоров и устройств сбора данных	800-1000 долларов (стоимость 1 комплекта)
Стоимость IT-системы	500.000-700.000 долларов
Затраты на обучение персонала	500.000 долларов
Всего оборудования 2000 комплектов	2.000.000 долларов

Используя исходные данные общая, инвестиция на участки с наибольшим износом составит:

$$2.000.000 + 700.000 + 500.000 = 3.200.000 \text{ долларов.}$$

По данным исследования одна крупная авария на трубопроводе обходится в среднем от 1,5 до 5 млн долларов. По отчетам крупных национальных операторов в год в среднем происходят от 5 до 10 аварий. Тем самым средние затраты за год выходят от 30 до 35 млн долларов.

В свою очередь, предиктивная аналитика снижает аварийность труб на 30-40%.

$$35 \text{ млн} * 35\% = 12,25 \text{ млн долларов.}$$

Данная цифра будет ежегодной экономии, за счет снижения числа аварий.

Для того чтобы найти срок окупаемости, нам необходимо объем инвестиции разделить на годовую экономию. Тем самым окупаемость в среднем составит 1,5 года. Итоги по предиктивной аналитике на основе ИИ представлены в таблице 11 и на рисунке 9.

Таблица 11 – Итоги

Показатель	Значение
1	2
Инвестиции (на участки с наибольшим износом 2000 км)	3,2 млн долларов
Экономия	12,25 млн долларов в год
Окупаемость	1,5 года

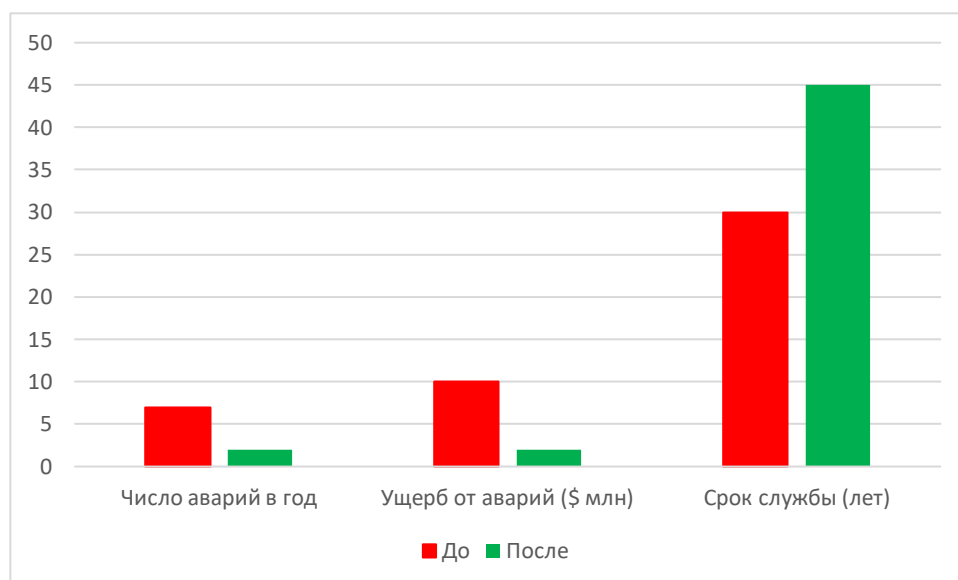


Рисунок 9 – Сравнительный анализ

3.3 Применение самовосстанавливающихся покрытий

В ходе исследования было выявлено, что трубопроводная система Казахстана часто сталкивается с коррозией и механическими повреждениями. Что собственно приводит к интенсивным авариям, износу и утечки. В нашей стране традиционно используют такие защитные покрытия как, эпоксидная смола и цинковое покрытие. Данные методы часто требуют регулярного технического обслуживания и необходимых ремонтных работ. А это в свою очередь приводит к дополнительным затратам и простоям объектов.

Для решения данной проблемы, необходимо использовать мировые практики, а именно самовосстанавливающиеся покрытия. Их также называют «умные» системы покрытия. Данная технология способна заживать повреждения, такие как трещины, дыры и царапины. Их главное преимущества — это работа без привлечения постороннего вмешательства. Принцип работы умного материала заключается в том, что, при выявлении нарушения покрытия активирует встроенные в него определенные механизмы восстановления. Тем самым увеличивая срок службы объектов. [54]

Есть два вида распространённых самовосстанавливающихся покрытий: экзогенный с использованием микрокапсул с инкапсулированными компонентами, и интринзическая система с обратимыми химическими связями. В первом виде в необходимый объект вводят микрокапсулу, которая содержит полимеризующиеся мономеры или же ингибиторы коррозии. Когда происходит повреждение объекта, капсулы взрываются и выделяют вещество, которое заполняет повреждение и полимеризуется, тем самым восстанавливает барьер. Второй вид, интринзический, имеет особые химические связи, которые также разрываются при повреждении и самостоятельно восстанавливаются. Но отличие от первого вида заключается в том, что интринзический способен

восстанавливаться многократно. Так как имеет в себе химические материалы с подвижными сетями. [55]

Исследуя мировой опыт, было выявлено что для трубопроводного транспорта ведущие страны отдают предпочтение и используют экзогенные системы, которые основаны на микрокапсулах. Основные причины выбора данного материала:

- во-первых, довольно прост в интеграции. Микрокапсулы способны легко внедряться в материалы объекта, без необходимости полной переработки всего производственного процесса;
- во-вторых, при повреждении покрытия капсулы разрываются, и освобождают заживляющий компонент или агента. Он полимеризуется и восстанавливает защитный слой, без внешнего вмешательства;
- третья причина, это из-за своей простой технологии производства и использование минимальных затрат, делает его более доступным и экономический эффективным, по сравнению с интринзик-системой;
- и последние, его можно использовать в широком применении. В таких отраслях как, нефтегазовая дело, автомобильная промышленность и строительная инженерия. [56]

Далее по рисунку 10, показан подробный принцип работы умного покрытия.

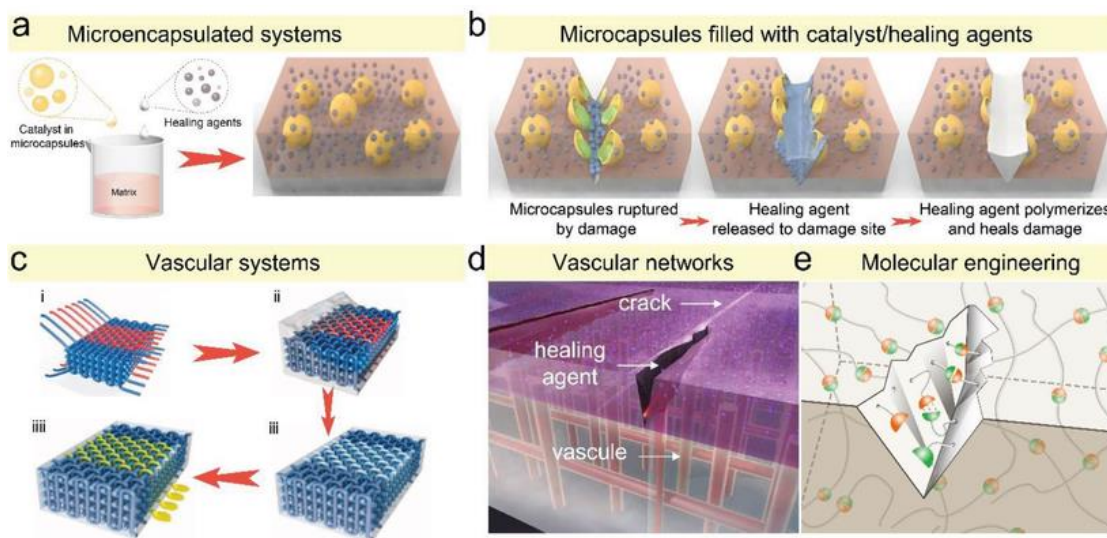


Рисунок 10 – Схема работы умного покрытия

Как можем видеть, в начале показан само покрытие с распределенными капсулами, которые заполнены «заживляющими» агентами. При появлении трещины капсула начинает автоматически разрываться и выпускает на свободу агентов. Агенты в свою очередь, заполняют разлом в трубе и полимеризируют. Тем самым восстанавливают целостность покрытия трубы. И таким образом появляется новый обновленный слой материала на трубе, который надежно защищает материал. Также данную технологию начали использовать ведущие нефтегазовые компании мира такие как, Shell и Total, начиная с 2020 года. [57]

В Казахстане эта технология в трубопроводном секторе не применяется в данный период времени. Для внедрения необходимо использовать определенные этапы.

Для начала необходимо провести исследование. Делая лабораторные испытания, они должны будут показать насколько хорошо умное покрытие может быть интегрированы с трубопроводом. И показать показатели в условиях климатической нестабильности и в агрессивной среде.

Следующим шагом станет, поэтапное внедрение умных покрытий. Так как это сложная и новая технология для нашей страны, следует начать с пилотных участков. А именно на участках требующих капитального ремонта. В государстве средняя протяжённость участков, подлежащих капитальному ремонту составляет около 1000 километров. Интегрирую самовосстанавливающуюся систему на участок трубопровода, обязательно нужно будет проводить мониторинговые работы.

Для масштабного внедрения нужно будет для начала подготовить кадров, обучить специалистов как правильно работать с умным покрытием. Обеспечить оборудованием предприятий, при возможности запустить производства материалов. Соответственно необходимо будет тесное взаимодействие между передовыми предприятиями страны и научно-инжиниринговых центров. При этом в нашей стране активно развиваются научные институты полимерных покрытий в городах Алматы и Караганды, что дает шанс на локализацию технологию в будущем.

С целью оценки экономической эффективности внедрения самовосстанавливающих покрытий на участках магистрального трубопровода, проведен анализ затрат и ожидаемая экономия по сравнению стандартных материалов. В следующей таблице 12 указаны исходные данные для расчетов.

Таблица 12 – Исходные данные

Наименование показателя	Величина показателя
1	2
Средняя протяженность участков, подлежащих капитальному ремонту (по данным КазТрансОйл)	1000 км
Стандартные антикоррозионные покрытие	25.000 – 30.000 долларов на километр
Самовосстанавливающееся покрытие	На 10.000 – 15.000 долларов дороже за 1 км
Срок службы обычного покрытия	25-30 лет
Срок службы самовосстанавливающегося	45-50 лет

Для внедрения умных покрытий на участок подлежащему капитальному ремонту, то есть на 1000 километров понадобятся следующие затраты.

Затраты на покрытие:

1000 км * 12.000 долл (средние значение) = 12 млн долларов.

Это будут наши инвестиции для умного покрытия. А именно дополнительные затраты на 1000 километров.

Экономический эффект:

Стандартная стоимость капремонта для трубопровода составить:

30.000 долл/км * 1000 км = 30 млн долларов.

Данная сумма также может быть и для будущего капитального ремонта труб.

Так как срок службы умных покрытий на 20 лет больше обычных, это позволит отложить выше указанные расходы, или же распределить их. Для расчета экономии на отложенном капитальном ремонте, можно рассчитать с помощью ставки дисконтирования. Так как процентная ставка позволит оценить доход от экономии к определенному периоду времени. [58]

Формула для расчета:

$$PV = CF / (1+r)^n \quad (1)$$

При 8% ставке дисконтирования:

$PV = 30 \text{ млн долл} / (1+0.08)^{20} = 6.400.000 \text{ долларов (округляем).}$

Экономия:

30 млн долл – 6.4 млн долл = 23.600.000 долларов.

Теперь можно рассчитать снижение текущих затрат на устранение локальных дефектов. По данным КТК мелкий ремонт покрытий в среднем обходится 2000 – 5000 долларов за километр в год. При использованиях умных покрытий расходы сокращаются на 50%. Таким образом:

$3500 \text{ (среднее)} * 50\% * 1000 \text{ км} = 1\,750\,000 \text{ долларов в год.}$

Для окупаемости инвестиции разделим на текущую экономию:

$12 \text{ млн долл} / 1,75 \text{ млн долл} = 6,86 \text{ лет (6-7 лет)}$

Также в исследовании была рассчитана дисконтированный срок окупаемости (DPP). Нужно рассчитать год, в котором накопленный дисконтированный поток превысит инвестиции. Формула для расчета:

$$DPP = \sum CF_t / (1+r)^t > I \quad (2)$$

где t – период для расчета показателя;
 CF – денежный поток в году t , 1.750.000 долларов ежегодно;
 I – первоначальная инвестиция 12.000.000 долларов;
 r – ставка дисконтирования $8\%=0.08$.

Рассчитываются дисконтированные денежные потоки по годам:

- Год 1: $1.750.000 / (1+0.08)^1 = 1.620.370$ долларов;
- Год 2: $1.750.000 / (1+0.08)^2 = 1.500.343$ долларов;
- Год 3: $1.750.000 / (1+0.08)^3 = 1.388.278$ долларов;
- Год 4: $1.750.000 / (1+0.08)^4 = 1.284.519$ долларов;
- Год 5: $1.750.000 / (1+0.08)^5 = 1.188.444$ долларов;
- Год 6: $1.750.000 / (1+0.08)^6 = 1.099.485$ долларов;
- Год 7: $1.750.000 / (1+0.08)^7 = 1.017.115$ долларов;
- Год 8: $1.750.000 / (1+0.08)^8 = 945.471$ долларов;
- Год 9: $1.750.000 / (1+0.08)^9 = 875.436$ долларов;
- Год 10: $1.750.000 / (1+0.08)^{10} = 810.589$ долларов;
- Год 11: $1.750.000 / (1+0.08)^{11} = 750.545$ долларов.

Далее суммируются дисконтированные потоки:

- Год 1: 1.620.370 долларов;
- Год 2: $1.620.370 + 1.500.343 = 3.120.713$ долларов;
- Год 3: $3.120.713 + 1.388.278 = 4.508.991$ долларов;
- Год 4: $4.508.991 + 1.284.519 = 5.793.510$ долларов;
- Год 5: $5.793.510 + 1.188.444 = 6.981.954$ долларов;
- Год 6: $6.981.954 + 1.099.485 = 8.081.439$ долларов;
- Год 7: $8.081.439 + 1.017.115 = 9.098.554$ долларов;
- Год 8: $9.098.554 + 945.471 = 10.044.025$ долларов;
- Год 9: $10.044.025 + 875.436 = 10.919.461$ долларов;
- Год 10: $10.919.461 + 810.589 = 11.730.050$ долларов;
- Год 11: $11.730.05 + 750.545 = 12.480.595$ долларов.

Как можно заметить, дисконтированный поток превысит первоначальные инвестиции в 11 году. Таким образом, дисконтированный срок окупаемости составит 11 лет. Вычислив DPP, результат показал реалистичную оценку срока возврата инвестиций, учитывая изменение стоимости денег во времени. Тем самым, в таблице 13 представлены итоги по умным покрытиям.

Таблица 13 – Итоги по умным покрытиям

Показатели	Значения
1	2
Инвестиции на покрытия	12 млн долл
Экономия (отложенный капремонт)	23,7 млн долл

Продолжение таблицы 13

1	2
Экономия (текущий ремонт)	1,75 млн долл
Окупаемость	6-7 лет
Дисконтированный срок окупаемости	11 лет

Как можно заметить, приведенные расчеты и причины внедрения дают хороший потенциальный эффект для Казахстана, в частности в трубопроводном секторе.

По экономическому эффект, это абсолютное снижение затрат на техническое обслуживание и ремонты на трубопроводах. За счет продления срока службы с помощью умных покрытий, уменьшатся число раскопок и повторных покрасок труб. Это в свою очередь, способствует отложению капитального ремонта на определенных участках, на несколько десятилетий. При этом национальные операторы смогут сэкономить на материалах и работе специалистов.

И один из важных, экологический эффект. Так как утечки углеводородов будут предотвращены сразу, будет снижаться риск загрязнения почвы и воды. В особенности это касается природного газа, так как при его утечке идёт сильный парниковый газ. Но при внедрении умных покрытия, такие утечки значительно уменьшатся. Это также касается и других видов груза, перевозимые трубопроводным транспортом.

При эксплуатации, повышается надежность магистралей. То есть, меньше непредвиденных простоев и аварий. Поскольку покрытия способны сами устранять мелкие повреждения, уменьшаются риск развития крупных коррозии. Так как все начинается с малых проблем. Вместе с этим это стабильная работа трубопроводного транспорта, без остановок.

Определив, основные проблемы, а именно износ инфраструктуры, частые аварии и утечки нефти и газа. Что часто приводит к экологическим рискам.

Исходя из проблем, были предложены практические решение, которые обусловлены расчетами, определяющие экономический эффект. А именно внедрение предиктивной аналитики, который базируется на искусственном интеллекте, а также применение самовосстанавливающихся покрытия на основе микрокапсулах.

В сумме внедрение данных предложении, они дадут комплексное преимущество. В частности, экономия расходов на ремонты и ресурсы, сократит экологические риски и повысит надежность трубопроводной инфраструктуры. И это даст возможность укрепить свое положение в мировом рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная дипломная работа была полностью посвящена исследованию проблем в трубопроводной сфере Казахстана. А именно его надежность и безопасность. Ключевое внимание было уделено на такие аспекты как, износ, утечки и аварии. При этом в работа оснащена предложениями по устранению проблем, и их обоснованиями.

В ходе исследования был, проведен анализ, который в свою очередь показал значительную долю аварий на трубопроводах нашей страны. Проблема связана с такими факторами как, физическое и коррозионный износ конструкции труб, отсутствие использование правильной и точной диагностики и минимальное применение передовых технологии. Это все вместе приводит, к экологическим повреждениям, нарушение логистические цепочек из-за простоев, а также к потерям прибыли, как для национальных операторов, так и для государства.

Приведенные проблемы, требуют внедрения современных технологии, которые способны обеспечить грамотный контроль и повысить устойчивость трубопроводной инфраструктуры Республики Казахстана.

В рамках дипломной работы, были предложены два перспективных и инновационных практических решении. Первое, это внедрение предиктивной аналитики на основе искусственного интеллекта. Второе, применение самовосстанавливающихся покрытий или же умного покрытия. Перечисленные технология являются новыми в трубопроводном транспорте Казахстана. Это показывает их актуальность в контексте исследуемой дипломной теме.

Главная причина внедрения предиктивной аналитики, это то что данная технология умеет анализировать большие данные. Такие как, давление, температуры, вибрации и других параметров трубопроводного транспорта. Затем с помощью специальных алгоритмов машинного обучения можно заранее выявлять участки склонные к угрозам утечки, трещин и конечно же износу. Это позволит своевременно планировать обслуживание, и сократить большое количество внеплановых остановок, простоев и аварий. И сэкономить достаточно количество потребностей в ресурсах. Подобные технология уже доказали свою полную эффективность, на примере зарубежных стран.

Использование самовосстанавливающихся покрытий также показало свою высокую эффективность. Такие материалы способны залечивать разные трещины, тем самым предотвращая развитие коррозии. Данная технология особенно актуальна для трубопроводов, которые проложенные в сложных климатических условиях, а также в трудных местностях.

Исходя из выполненного исследования, можно сделать вывод о том, что предложенные методы модернизации трубопроводного транспорта, позволят существенно повысить уровень надежности трубопроводных перевозок. А также сократить риски, связанные с экологией, улучшать качество транспортных услуг и главное увеличат срок службы инфраструктуры. Вместе

с этим, внедрение вышеперечисленных технологий отвечают задачам устойчивого развития и цифровизации Республики Казахстана.

Таким образом, задачи, которые были поставленные в введении были полностью решены. Обоснована необходимость перехода от реактивного к проактивному управлению состоянием трубопроводов нашей страны. И результаты проделанной работы полностью охарактеризовали свою значимость и актуальность применения в рамках современной системы транспортных услуг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Закон Республики Казахстан «о Магистральном трубопроводе» (2023).
<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300033083>
- 2 Международное энергетическое агентство (IEA) (2022). Роль трубопроводного транспорта в мировой энергетике. <https://www.iea.org/>
- 3 Международно-правовой режим трансграничных трубопроводов (2016).
https://mgimo.ru/science/diss/Moskwa_avtoreferat.pdf
- 4 Международно-правовые и национально-правовые основы стимулирования транспортно-транзитного потенциала Казахстана (2020).
https://histecon.wku.edu.kz/images/pravo/pps/mono_nlt.pdf
- 5 Каковы объемы добычи и потребления нефти в Казахстане и мире
<https://petrocouncil.kz/ru/novost/kakovy-obemy-dobychi-i-potrebleniya-nefti-v-kazahstane-i-mire>
- 6 Анализ рынка железнодорожных грузоперевозок
https://www.gov.kz/uploads/2024/7/1/12239a0e8dc7411baf6f77ed3bcaede9_original.2316788.pdf
- 7 ОЮЛ «Нефтегазовый Совет Казахстана» «Petrocouncil»
<https://petrocouncil.kz/ru?ysclid=madtsw7s937972448>
- 8 Kazakhstan`s National Energy Report 2023
<https://www.kazenergy.com/upload/document/operation/forum/2023/Kazakhstans%20National%20Energy%20Report%202023.pdf>
- 9 Трубопроводный транспорт: особенности и преимущества
<https://sky.pro/wiki/profession/truboprovodnyj-transport-osobennosti-i-preimushstva/>
- 10 АО «КазТрансОйл» https://kaztransoil.kz/ru/o_kompanii/regulirovanie_i_tarifi/?ysclid=m7nma9svcv557210708
- 11 ТОО «СЗТК «МунайТас» https://munaitas.kz/?page_id=443
- 12 Нефтяные и топливные проблемы Казахстана: перемены неизбежны
<https://oilcapital.ru/news/2023-04-14/neftyanye-i-toplivnye-problemy-kazahstana-peremeny-neizbezhny-2903309>
- 13 Нефть и газ Казахстана. 30 лет независимости: Путь созидания (2021).
https://www.kazenergy.com/upload/main/book_30_ru.pdf
- 14 Сколько нефти экспортировал Казахстан в 2023 году
<https://petrocouncil.kz/ru/novost/skolko-nefti-eksportiroval-kazahstan-v-2023-godu>
- 15 Экономика Казахстана: инвестиции восстанавливаются, нефтяной сектор на спаде <https://www.inbusiness.kz/ru/news/ekonomika-kazahstana-investicii-vosstanavlivayutsya-neftyanoj-sektor-na-spade>
- 16 Транспортно-логистическая отрасль Казахстана <https://aifc.kz/wp-content/uploads/2024/07/2.2-transportno-logisticheskaya-otrasl-kazahstana-aprel-2024.pdf>
- 17 Каспийский трубопроводный консорциум (КТК) (2021). Отчет о техническом состоянии трубопровода и планах модернизации.
<https://www.cpc.ru/RU/Pages/default.aspx>

- 18 Национальный доклад Республики Казахстана о кадастре антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2022 годы. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/%D0%9D%D0%94%D0%9A%202024%2027.12_3.pdf
- 19 Министерство энергетики Республики Казахстан <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/activities/179>
- 20 BP Statistical Review of World Energy (2023). <https://www.bp.com/en/global/corporate/energyeconomics.html?ysclid=madroq0qci44162057>
- 21 АО НК «КазМунайГаз» <https://www.kmg.kz/ru/>
- 22 Как казахстанский экспорт нефти оказался в одной корзине https://forbes.kz/articles/prinujdenie_kalternative_1667747133
- 23 Итоги полугодия в энергетическом секторе: ВИЭ, газификация и модернизация инфраструктуры <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-polugodiya-v-energeticheskom-sektore-vie-gazifikatsiya-i-modernizatsiya-infrastruktury-28882>
- 24 «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б. В.» <https://www.kpo.kz/ru>
- 25 ТОО «Тенгизшевройл» <https://tengizchevroil.com/ru>
- 26 Национальный доклад о состоянии промышленности Республики Казахстана (2024). https://qazindustry.gov.kz/images/docs/regdoc_ru--1736_889600.pdf
- 27 Транспорт в Республике Казахстан (январь-декабрь 2024 г). <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-transport/publications/280667/>
- 28 Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан <https://stat.gov.kz/ru/>
- 29 Министр энергетики доложил о рассматриваемых вариантах газификации севера и востока страны <https://primeminister.kz/ru/news/ministr-energetiki-dolozhil-o-rassmatrivaemyh-variantah-gazifikacii-severa-i-vostoka-strany-244633>
- 30 АО «НК «QazaqGaz» <https://qazaqgaz.kz/ru>
- 31 НА производственных объектах Казахстана допущено 28 аварий в 2019 https://forbes.kz/news/newsid_220033
- 32 Вторая валидация Казахстана. Итоговая оценка Международного Секретариата ИПДО (2020). https://eiti.org/sites/default/files/attachments/ru_kazakhstan_2nd_validation_2019_-_final_assessment.pdf
- 33 Информационное агентство Kazenergy (2023). Новые инвестиционные проекты в трубопроводной отрасли Казахстана. <https://www.kazenergy.com/ru/>
- 34 Анализ статистических данных транспортной отрасли в разрезе видов транспорта за период с 2012 по 2016 годы. <https://kazlogistics.kz/upload/iblock/008/008940f46e6d5626dce29d3a170d8c55.pdf>
- 35 World Bank Group <https://www.worldbank.org/ext/en/home>
- 36 К IV кварталу 2023 года в Республике Казахстан увеличилось число инвестиционных проектов в сфере транспортировки и хранения нефти и газа <https://infoline.spb.ru/news/?news=282078>

- 37 Жумагалиев Т.А (2020). Современные технологии в магистральных нефтепроводах Казахстана. Нефть и газ Казахстана.
- 38 Министерство энергетики Республики Казахстана (2023). Государственная программа развития нефтегазовой отрасли РК до 2030 года.
- 39 Европейский банк <https://www.ebrd.com/>
- 40 Predictive maintenance https://en.wikipedia.org/wiki/Predictive_maintenance
- 41 Predictive maintenance – Siemens Global <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/measurement-intelligence/predictive-maintenance.html>
- 42 Honeywell <https://www.honeywell.com/us/en>
- 43 Предиктивная аналитика на основе ИИ <https://dzen.ru/a/Zopc1By9DQ8jOuRq>
- 44 McKinsey & Company <https://www.mckinsey.com/>
- 45 Cisco Live! <https://www.cisco.com/>
- 46 Решения Honeywell для нефтегазовой промышленности <https://honeywellprocess.blob.core.windows.net/public/Marketing/Hon-oil-gas-sergey-popov.pdf>
- 47 KBR`s Sustainable Technology Solutions https://s23.q4cdn.com/238351756/files/doc_downloads/investor_highlights/2021-04.22-KBR-Sustainable-Technology-Solutions-Primer.pdf
- 48 SCADA ключевой элемент цифровой трансформации производства <https://techlabs.kz/scada-klyuchevoy-element-cifrovoj-transformacii-proizvodstva/>
- 49 Magnetic flux leakage https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_flux_leakage
- 50 Разработка и внедрение автоматизированных систем для возобновляемых источников энергии <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/article/view/2473>
- 51 How AI is Fueling Efficiency: Lessons from Shell`s Gas Industry Transformation <https://medium.com/@dirsyamuddin29/how-ai-is-fueling-efficiency-lessons-from-shells-gas-industry-transformation-3e754d4e7ff8>
- 52 ROZEN <https://www.rosen-group.com/en>
- 53 Применение глубокого обучения для предиктивного обслуживания нефтяного оборудования (2023). <https://arxiv.org/abs/2306.11040>
- 54 Smart Coatings for Corrosion Protection: On the Need for New Coating Concepts https://www.researchgate.net/publication/347857139_Smart_Coatings_for_Corrosion_Protection_On_the_Need_for_New_Coating_Concepts
- 55 Self-healing mechanisms in smart protective coatings: A review https://www.researchgate.net/publication/327146673_Self-healing_mechanisms_in_smart_protective_coatings_A_review#:~:text=vention%20,s traight%20forward%20methods%20for%20achieving
- 56 Advanced Micro/Nanocapsules for Self-Healing Coatings <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/18/8396#:~:text=the%20integrity%20of%20the%20material,102>

57 Enhancing Pipeline Safety and Reliability
https://netl.doe.gov/sites/default/files/2024-12/25thAnniversary/29_Coating%20for%20internal%20pipeline%20protection.pdf#:~:text=Corrosion%20is%20a%20leading%20cause,for%20internal%20pipeline%20corrosion%20protection

58 What Is Return on Investment (ROI) for Predictive Maintenance?
Unlocking the Value of Proactive Asset Management <https://oxmaint.com/blog/post/what-is-return-on-investment-roi-for-predictive-maintenance#:~:text=increased%20asset%20availability%2C%20higher%20production,productivity%20gains%20and%20cost%20savings>