

# Zhanaozen~Bastau Section: Terrain Characteristics and Longitudinal Profile

Секретариат Организации экономического сотрудничества (ОЭС)

## Цифровое моделирование пути для строительства и эксплуатации железных дорог ОЭС: Пилотный участок Жанаозен-Бастау (Республика Казахстан)

Major Railway Line



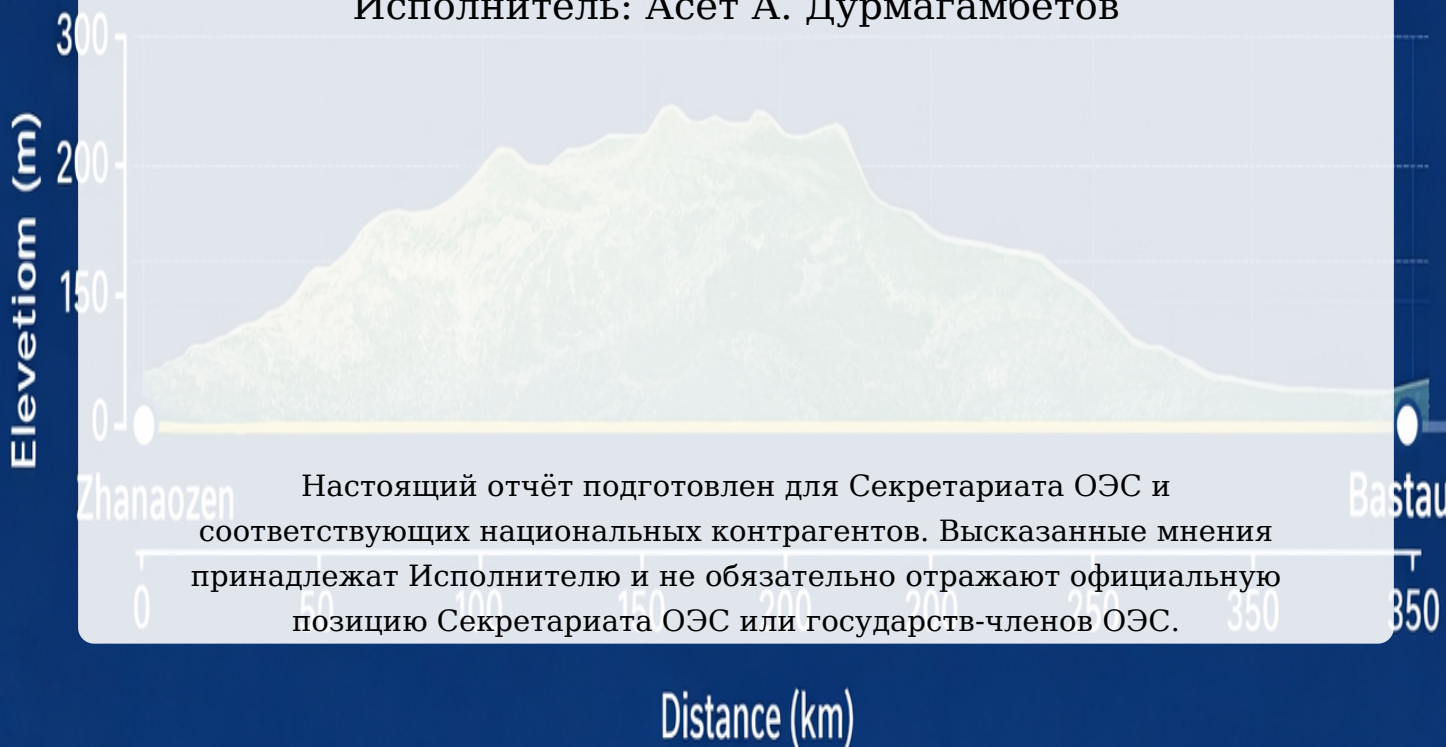
KTI Railway Corridor

Подготовлено для Секретариата Организации экономического сотрудничества (ОЭС), Тегеран, 2025

Подготовлено в соответствии с Контрактом от 30 октября 2025 года и Техническим заданием (ТЗ).

### Longitudinal Profile

Исполнитель: Асет А. Дурмагамбетов



Настоящий отчёт подготовлен для Секретариата ОЭС и соответствующих национальных контрагентов. Высказанные мнения принадлежат Исполнителю и не обязательно отражают официальную позицию Секретариата ОЭС или государств-членов ОЭС.

## Краткий обзор

Пилотный проект по цифровому моделированию пути (ЦМП) для участка Жанаозен–Бастау коридора Казахстан–Туркменистан–Иран (КТИ) подтверждает, что развертывание подходящей цифровой модели пути технически осуществимо и экономически оправдано в условиях ОЭС. Промежуточный отчёт Исследования был рассмотрен государствами-членами ОЭС, с получением отзывов от туркменской и иранской сторон. Туркменская сторона подтвердила использование российского технического решения, в то время как иранская сторона указала, что в настоящее время эксплуатируется устаревшее австрийское решение, которое не полностью соответствует современным требованиям цифровизации. В этом контексте Иранские железные дороги выразили интерес к более всестороннему последующему Исследованию с расширенным охватом, которое потребует ориентировочного бюджета в размере 350–500 тыс. долл. США, возможно, с поддержкой международных организаций, фондов развития и международных финансовых институтов.

Количественная оценка демонстрирует:

- положительную чистую приведённую стоимость (ЧПС) во всех рассмотренных сценариях;
- период окупаемости примерно 2–3 года в сценарии базового случая;
- внутренние нормы доходности (ВНД), в целом соответствующие международным эталонам для цифровых железнодорожных проектов и проектов управления активами.

Пилот подтверждает, что относительно скромные инвестиции в цифровое моделирование пути могут принести существенные экономические и операционные преимущества. Цифровое моделирование в этом Исследовании понимается как интегрированная система, сочетающая инфраструктуру физических измерений (аппаратное обеспечение) и аналитическое программное обеспечение для поддержки принятия решений, поддерживаемая соответствующими механизмами управления и управления данными. Такой интегрированный подход позволяет добиться значительной экономии на обслуживании пути, сократить перерывы в обслуживании и

поддерживать более безопасные и надёжные операции вдоль стратегических региональных коридоров.

В отношении аппаратной компоненты международный опыт показывает, что современные инспекционные и диагностические решения с конкурентоспособной общей стоимостью владения особенно эффективны в коридорах, характеризующихся неоднородными условиями пути. Решения, широко развернутые в крупных железнодорожных системах, включая те, что происходят из КНР, могут снизить частоту отказов и гарантийные риски для подвижного состава и инфраструктурных активов. Это создаёт благоприятные условия для привлечения международных источников финансирования, включая банки, поддерживающие экспортно-ориентированные железнодорожные технологии и стремящиеся снизить операционные риски и риски жизненного цикла.

Программная компонента ЦМП рассматривается в отчёте через прозрачную и проверяемую математическую структуру, связывающую геометрию пути, динамические силы, зоны риска и решения по обслуживанию с экономическими результатами. Подробные расчёты ЦМП, представленные в Исследовании, демонстрируют, что подход избегает зависимости от непрозрачных или «чёрных ящиков» решений и предоставляет прочную основу для инженерных и инвестиционных решений.

Исследование также демонстрирует банковскую привлекательность предлагаемого подхода. Государства-члены ОЭС уже выделяют национальные бюджетные средства на строительство, реконструкцию и обслуживание железных дорог в индивидуальном порядке. Предоставляя количественный и credible механизм экономии затрат и повышения эффективности, ЦМП создаёт стимулы для координации и открывает возможность структурирования синдицированного финансирования для поддержки цифровизации на уровне коридора. Такое финансирование может быть мобилизовано на льготных условиях через международные банки развития и фонды, включая те, что связаны с рамками экспортного финансирования. Предлагаемая модель реализации предусматривает разработку минимально жизнеспособного продукта (МЖП) на уровне коридора, за которым следует создание национальных операторов в каждой участвующей стране, с обработкой данных на националь-

ных серверах для обеспечения суверенитета данных, снижения рисков и надёжного обслуживания долга. В то же время подход соответствует стандартным критериям грантовой приемлемости, включая охрану окружающей среды, устойчивое развитие, развитие человеческого капитала и эффективность общественного бюджета.

Настоящий отчёт предоставляет:

- краткое обоснование ЦМП как инструмента для железных дорог ОЭС;
- справочную архитектуру и минимальную техническую спецификацию для Цифровой модели пути, соответствующую международной хорошей практике и нуждам ОЭС;
- дорожную карту реализации для пилотного участка Жанаозен–Бастау (8 недель), включая управление, этапы и результаты;
- экономическую модель, связывающую качество геометрии, динамические силы и затраты на обслуживание;
- оценку международного опыта (SBB, США/ЕС, РЖД/КТЖ, КНР) и его применимости к коридорам ОЭС;
- рекомендации по масштабированию подхода по государствам-членам ОЭС, включая варианты привлечения международных финансовых институтов (МФИ) и технологических партнёров.

Пилотный участок Жанаозен–Бастау предлагается в качестве демонстрационного случая для:

- интеграции инженерных данных геометрии, данных о состоянии (ПУ-32) и операционной информации в единую цифровую модель;
- демонстрации прозрачных, проверяемых и данных-ориентированных решений по обслуживанию и инвестициям;
- поддержки разработки стандарта ОЭС для цифрового моделирования пути и последующего развертывания на уровне коридора.

## Содержание

<b>1 Введение</b>	<b>6</b>
1.1 Контекст . . . . .	6

Окончательный технический отчёт	4
1.2 Основание задания	7
1.3 Объект анализа	7
1.4 Исходные материалы	7
<b>2 Актуальность и стратегическое обоснование</b>	<b>8</b>
2.1 Макроэкономическая перспектива	8
2.2 Соответствие повесткам ОЭС и глобальным	9
<b>3 Цели и объём работ</b>	<b>9</b>
3.1 Общая цель	9
3.2 Конкретные задачи	10
<b>4 Методология</b>	<b>10</b>
4.1 Аналитический подход	10
4.2 Данные и контроль качества	11
<b>5 Обзор промежуточного отчёта государствами-членами ОЭС</b>	<b>11</b>
<b>6 Международный опыт цифрового моделирования пути</b>	<b>12</b>
6.1 Сравнительный обзор	12
6.2 Ключевые уроки для ОЭС	13
<b>7 Предположения и ограничения</b>	<b>14</b>
<b>8 План реализации пилота (8 недель)</b>	<b>15</b>
<b>9 Экономическая модель: КАПЗ, ОПЗ, ЧПС и ВВД</b>	<b>15</b>
9.1 Структура затрат	16
9.2 Сценарии (5-летний горизонт, ставка дисконтирования 10%)	16
9.3 Производительность за 10 лет	16
9.4 Иллюстративные графики	17
<b>10 Архитектура ЦМП и технические требования</b>	<b>18</b>
10.1 Логическая архитектура	19

---

10.2	Технические требования . . . . .	19
10.3	План П&В . . . . .	20
<b>11</b>	<b>Сравнительные варианты для реализации Фазы 2</b>	<b>20</b>
11.1	Ключевые критерии оценки . . . . .	21
11.2	Вариант А: GE + Infotrans конфигурация . . . . .	21
11.3	Вариант В: CRRC + Локальное решение . . . . .	22
11.4	Ориентировочная сравнительная матрица . . . . .	23
11.5	Рекомендуемый подход для ОЭС . . . . .	25
<b>12</b>	<b>Модальность реализации и график платежей</b>	<b>26</b>
<b>13</b>	<b>Требования к исполнителю</b>	<b>27</b>
<b>14</b>	<b>Экспертная оценка пилотного участка и ключевые ре- комендации</b>	<b>27</b>
14.0.1	Институциональные и управленческие предпосыл- ки . . . . .	28
<b>А</b>	<b>Соответствие требованиям ТЗ и КПЭ</b>	<b>29</b>
А.1	Применение анализа SWOT . . . . .	29
А.2	Применение критериев SMART . . . . .	30
А.3	Экономическая оценка: КАПЗ и ОПЗ . . . . .	32
А.4	Соответствие Ключевым показателям эффективности (КПЭ) . . . . .	33
<b>В</b>	<b>Ссылки</b>	<b>33</b>
<b>С</b>	<b>Регистр исходных материалов</b>	<b>34</b>
<b>Д</b>	<b>Глоссарий</b>	<b>35</b>

# 1. Введение

## 1.1 Контекст

Настоящий отчёт подготовлен в соответствии с утверждённым Техническим заданием и структурирован для обеспечения ясности, прозрачности и соответствия международно принятым практикам отчётности.

Техническое задание состоит из пяти основных пунктов. Настоящий отчёт предоставляет подробный анализ и обоснование первых четырёх пунктов Технического задания. Пятый пункт предоставляется в форме презентационных материалов, которые предоставлены как самостоятельная презентация и служат дополнением к отчёту, предлагая краткий и визуальный обзор ключевых выводов, предположений и заключений.

Такое разделение между аналитическим отчётом и презентационными материалами соответствует международным лучшим практикам для технических и feasibility исследований, обеспечивая как методологическую строгость, так и эффективную коммуникацию результатов для лиц, принимающих решения.

Государства-члены ОЭС инвестируют значительные средства в железнодорожную инфраструктуру для поддержки региональной связности, упрощения торговли и диверсификации транзитных маршрутов. В то же время фискальное пространство ограничено, и менеджеры инфраструктуры ожидают:

- снижения затрат жизненного цикла;
- улучшения безопасности и надёжности;
- интеграции с цифровыми системами торговли и транспорта.

Цифровое моделирование пути (ЦМП) — это практический, технически зрелый инструмент для достижения этих целей. В отличие от чисто концептуальных нарративов «цифровых близнецов», предлагаемый подход ЦМП фокусируется на:

- точном представлении геометрии пути и связанных активов;
- систематической связи с диагностикой и историей обслуживания;
- прозрачной экономической оценке стратегий обслуживания.

## 1.2 Основание задания

Задание основано на:

- Контракте между Секретариатом ОЭС и Исполнителем от 30 октября 2025 года;
- Техническом задании: Исследование по цифровому моделированию для железных дорог ОЭС (2025);
- решениях и рекомендациях соответствующих органов ОЭС (РПС, СКТТ, ГПУ).

Пилот ЦМП на Жанаозен–Бастау разработан как проект с низкими затратами и высокой демонстрационной ценностью для иллюстрации преимуществ данных-ориентированного обслуживания и планирования в реалистичном операционном контексте.

## 1.3 Объект анализа

Основной объект — участок Жанаозен–Бастау (операционная длина ок. 35 км), часть транспортного коридора КТИ. Для моделирования и масштабируемости периметр 35 км рассматривается в соответствии с требованием ТЗ (географический периметр до 35 км).

## 1.4 Исходные материалы

Ключевые входные данные включают:

- Наборы данных КТЖ: геометрия, формы ПУ-32, списки инженерных сооружений, технические параметры;
- Документация Секретариата ОЭС и ТЗ;
- международные ссылки и технические статьи по цифровому моделированию пути.

Анализ местности показывает, что железнодорожный коридор КТИ преимущественно проходит по ровным и слегка волнистым районам. Это представляет значительное конкурентное преимущество по сравнению с альтернативными коридорами ОЭС, проходящими через горные и предгорные регионы.

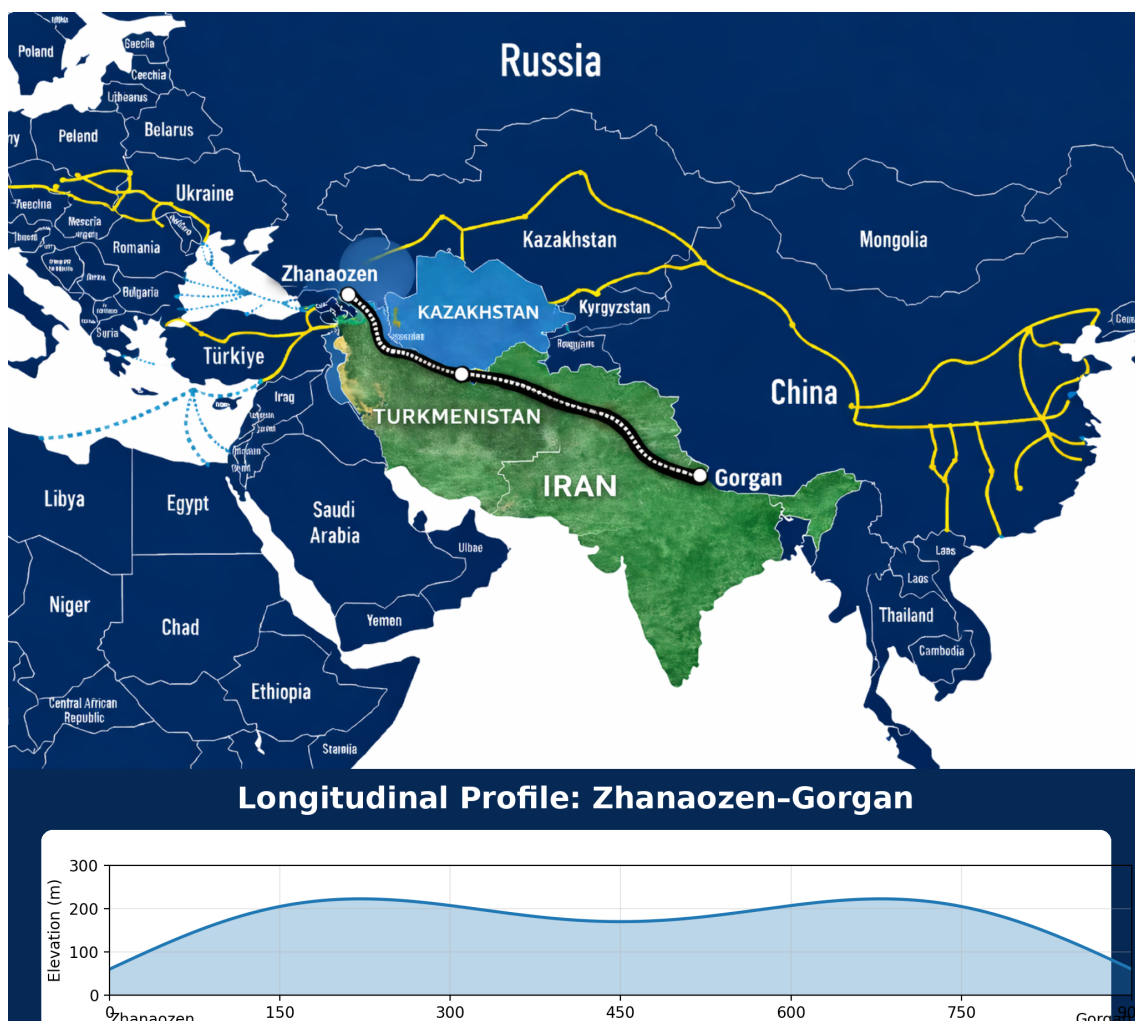


Рис. 1: Железнодорожный коридор КТИ: Общая трассировка маршрута с рельефом местности

## 2. Актуальность и стратегическое обоснование

### 2.1 Макроэкономическая перспектива

Средние затраты на строительство железных дорог 2–10 млн долл. США за км, в сочетании с растущими расходами на обслуживание, подчёркивают важность оптимизации как КАПЗ, так и ОПЗ. Для государств-членов ОЭС:

- большие участки сети находятся в суровых климатических и геотехнических условиях;
- грузовые потоки волатильны и чувствительны к производи-

тельности коридора;

- бюджетные ограничения ограничивают возможности полной реконструкции.

Систематический, цифровой подход к состоянию пути и геометрии позволяет:

- целевые вмешательства вместо сплошных ремонтов;
- приоритизацию участков с наивысшим экономическим и безопасным воздействием;
- лучшее обоснование финансирования и финансирования правительствам и МФИ.

## 2.2 Соответствие повесткам ОЭС и глобальным

Инициатива ЦМП соответствует:

- Видению ОЭС 2025 и последующим стратегиям региональной связности;
- ЦУР, в частности ЦУР 9 (Промышленность, инновации и инфраструктура) и ЦУР 13 (Борьба с изменением климата);
- рекомендациям ЭСКАТО ООН и ЕЭК ООН по цифровизации транспортных коридоров и гармонизации данных;
- стандартам ООН/ЦЕФАКТ для электронного обмена данными, поддерживающими мультимодальный транспорт.

Стратегическая оценка инициативы Цифрового моделирования пути (ЦМП) также применяла рамку SWOT для идентификации ключевых сильных сторон, слабостей, возможностей и угроз, связанных как с пилотной реализацией, так и с потенциальным масштабированием по коридорам железных дорог ОЭС. Результаты этого анализа суммированы в Приложении А (Соответствие требованиям ТЗ и КПЭ).

## 3. Цели и объём работ

### 3.1 Общая цель

Продемонстрировать через практический пилот, что Цифровое моделирование пути:

- технически достижимо с реальными данными и инструментами, доступными в железных дорогах ОЭС;
- приносит измеримые экономические преимущества в терминах сниженных затрат жизненного цикла;
- может быть кодифицировано в масштабируемый стандарт ОЭС.

## 3.2 Конкретные задачи

1. Обзор международного опыта (SBB, США/ЕС, РЖД/КТЖ, КНР и другие) в цифровом моделировании пути и активов.
2. Определение и документирование предположений и ограничений, релевантных для сетей ОЭС.
3. Разработка плана реализации пилота на 8 недель для участка Жанаозен-Бастау.
4. Дизайн архитектуры ЦМП, включая модель данных, интерфейсы и рамку П&В.
5. Построение экономической модели, связывающей качество геометрии, динамические нагрузки и затраты на обслуживание.
6. Предложение управления, управления рисками, КПЭ и отчётных механизмов.
7. Предоставление рекомендаций по масштабированию по ключевым коридорам ОЭС.

Цели Исследования и пилотной реализации были сформулированы и оценены в соответствии с критериями SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant and Time-bound), обеспечивая ясность объёма, проверяемость результатов и соответствие Техническому заданию. Более подробная информация предоставлена в Приложении А.

## 4. Методология

### 4.1 Аналитический подход

Исследование сочетает:

- обзор международных стандартов, руководств и кейсов;
- анализ данных пути КТЖ (геометрия, ПУ-32, сооружения) для пилотного участка;

- упрощённое, но прочное моделирование нагрузок, связанных с кривизной, и затрат на обслуживание;
- анализ сценариев для КАПЗ/ОПЗ и скорректированных по риску доходов;
- качественную оценку институциональной и технической готовности.

## 4.2 Данные и контроль качества

Источники данных проверяются на:

- полноту и охват для пилотного участка;
- последовательность между геометрией, сооружениями и оценками ПУ-32;
- правдоподобность ключевых параметров (радиус, возвышение, скорости, нагрузки на ось).

Предлагаемая рамка ЦМП встраивает:

- процессы ETL с правилами валидации;
- воспроизводимые расчёты для поддержки решений;
- чёткое разделение между сырыми данными, обработанными индикаторами и рекомендациями.

## 5. Обзор промежуточного отчёта государствами-членами ОЭС

Промежуточный отчёт Исследования по развитию железнодорожного коридора КТИ был представлен на рассмотрение заинтересованным государствам-членам Организации экономического сотрудничества (ОЭС).

На основе полученных официальных ответов:

- туркменская сторона сообщила, что в настоящее время используется российское техническое решение для планирования и управления железнодорожной инфраструктурой;
- иранская сторона указала, что всё ещё используется устаревшее австрийское решение, которое не полностью соответствует современным требованиям цифровизации, интероперабель-

ности и развития потенциала.

Кроме того, Иранские железные дороги выразили интерес к более всестороннему и углублённому Исследованию, аналогичному настоящему, но с расширенным объёмом работ. Реализация такого Исследования потребует увеличения бюджета примерно до 1000-1200 тыс. долл. США, возможно, через вовлечение и поддержку международных организаций, фондов развития и финансовых институтов.

## 6. Международный опыт цифрового моделирования пути

### 6.1 Сравнительный обзор

Юрисдикция	Ключевые элементы	Наблюдаемое влияние
Швейцария (SBB)	Интегрированный BIM/ЦМП, унифицированный реестр активов, непрерывный контроль геометрии	Экономия жизненного цикла 10-20%; улучшенное планирование; сокращение времени владения путём
США/ЕС	<b>Amtrak/FRA TGMS</b> (Система измерения геометрии пути) и инспекционные вагоны, соответствующие <b>EN 13848</b> , использующие LiDAR, IMU, RTK-GNSS; автоматизированная классификация дефектов и предиктивная аналитика.	Сокращение ограничений скорости; более целевое тампонирование и обновления; отсроченный КАПЗ
РЖД/КТЖ	Стандарты для колеи 1520 мм; связь моделей кривизны, возвышения и износа	Обслуживание на основе рисков; лучшая корреляция между геометрией и ухудшением

---

КНР	<b>Высокоскоростные инспекционные поезда CRCC</b> (например, CIT450, способные к инспекции на скорости 450 км/ч) с интегрированной геометрией пути (LiDAR/IMU), контактной сетью, сигнализацией, диагностикой и обнаружением аномалий на основе ИИ; модели реального времени для предиктивного обслуживания с использованием глубокого обучения для целевых ремонтов.	Более высокая утилизация (до 20% увеличения пропускной способности); сокращение задержек (на 30–50% через предиктивные вмешательства); сокращение простоев на обслуживании на 40%; снижение затрат жизненного цикла на 15–25% через целевые ремонты.
-----	---	--

---

## 6.2 Ключевые уроки для ОЭС

- Начните с фокусированного объёма: геометрия и состояние пути, не полный цифровой близнец всех активов.
- Используйте открытые, документированные структуры данных для избежания привязки к поставщику.
- Убедитесь, что выходы понятны инженерам пути и финансовым отделам.
- Рассматривайте ЦМП как ongoing процесс, не разовую съёмку.
- **Урок США/ЕС:** TGMS позволяет полностью автоматизированное обнаружение дефектов с субсантиметровой точностью, обеспечивая предиктивное обслуживание без человеческой инспекции.
- **Урок КНР:** Высокоскоростные инспекционные поезда, такие как CIT450, интегрируют мультисистемную диагностику с ИИ для обнаружения аномалий в реальном времени, достигая значительных приростов эффективности; однако их высокий КАПЗ и фокус на сетях 350+ км/ч делают их подходящими в основном как эталон для масштабируемых, модульных решений

в условиях ОЭС.

## 7. Предположения и ограничения

ID	Описание	Тип	Комментарий
A1	Своевременный доступ к данным КТЖ/ОЭС в машиночитаемых форматах	Предположение	<b>SLA</b> (Соглашение об уровне сервиса) с определёнными сроками ответа, контактными лицами
A2	Геопространственная точность основных наборов данных $\leq 1$ см	Предположение	Поддержка RTK/LiDAR
A3	Совместимость с существующими стандартами и нормами 1520 мм	Предположение	Конфликты не ожидаются
A4	Ставка дисконтирования 10%	Предположение	Соответствует практикам ОЭС
A5	Вариация трафика в пределах $\pm 15\%$ от базового	Предположение	Вне диапазона запускает обновление
C1	Потолок бюджета пилота 10 000 долл. США	Ограничение	Требование ТЗ
C2	Реализация в течение 8 недель	Ограничение	Требование ТЗ
C3	Географический периметр до 35 км	Ограничение	Объём пилота (полностью применён)
C4	Интеграция уровня МЖП (API или на основе файлов)	Ограничение	Без полной перестройки ИТ
C5	Контроль изменений через Группу управления и ЗИ	Ограничение	Дисциплина управления

## 8. План реализации пилота (8 недель)

План реализации и результаты Исследования полностью соответствуют Ключевым показателям эффективности (КПЭ), определённым в Техническом задании. Эти КПЭ понимаются как успешная доставка указанных выходов, а не технических метрик, и включают: международный обзор, технические требования, экономическую модель, окончательное техническое задание и презентацию. Формальное сопоставление всех КПЭ с соответствующими результатами и разделами отчёта предоставлено в Приложении А.

Недели	Деятельности	Ворота / Приёмка
1-2	Мобилизация заинтересованных сторон; соглашения о доступе к данным; прототип ETL; начальный анализ геометрии и ПУ-32	Ворота 1: подтверждена доступность и качество данных
3-4	Определение модели данных ЦМП; дизайн архитектуры и интерфейсов; выбор инструментов и форматов	Ворота 2: технический дизайн одобрен Группой управления
5-6	Калибровка экономической модели; валидация КПЭ; план П&В; черновые результаты для пилотного участка	Ворота 3: методологический пакет одобрен
7-8	Консолидированные результаты пилота; окончательный отчёт; рекомендации; ТЗ для Фазы 2 (масштабирование) подготовлено в соответствии с требованиями ОЭС	Ворота 4: окончательные результаты приняты

## 9. Экономическая модель: КАПЗ, ОПЗ, ЧПС и ВНД

Экономическая оценка пилота Цифрового моделирования пути (ЦМП) основана на чётком разделении между капитальными расходами (КАПЗ) и операционными расходами (ОПЗ). Это различие обеспе-

чивает прозрачность предположений о затратах и предоставляет прочную основу для расчёта стандартных показателей эффективности инвестиций, включая Чистую приведённую стоимость (ЧПС), Внутреннюю норму доходности (ВНД) и период окупаемости. КАПЗ и ОПЗ применяются как экономические входные параметры, а не как Ключевые показатели эффективности (КПЭ), в соответствии с критериями оценки, изложенными в Техническом задании и суммированными в Приложении А.

## 9.1 Структура затрат

Категория	КАПЗ (долл. США)	ОПЗ (долл.)
Оборудование съёмки / датчики	2 500	3 000
Программное обеспечение / лицензии / облако	1 200	2 000
Обработка данных / аналитика	3 000	4 000
Обучение / развитие потенциала	1 000	1 000
Мониторинг / поддержка	0	6 000
<b>Итого</b>	<b>7 700</b>	<b>16 000</b>

## 9.2 Сценарии (5-летний горизонт, ставка дисконтирования 10%)

Сценарий	КАПЗ (долл. США)	ОПЗ/год (долл. США/год)	Чистая выгода/год (долл. США/год)	Окупаемость (лет)	ЧПС (5 лет) (долл. США)
Консервативный	7 700	1 600	2 400	3.2	1 400
Базовый слу- чай	7 700	1 600	3 400	2.3	5 200
Оптимистичный	7 700	1 600	5 400	1.4	12 800

## 9.3 Производительность за 10 лет

Сценарий	Чистая выгода/год (долл. США)	Окупаемость (лет)	ЧПС (Базовый горизонт) (долл. США)	ЧПС (10 лет) (долл. США)
Консервативный	2 400	3.21	1 397.89	7 046.96
Базовый слу- чай	3 400	2.26	5 188.68	13 191.53
Оптимистичный	5 400	1.43	12 770.25	25 480.66

Ориентировочная ВНД:

- 22–25% (Консервативный),
- 36–40% (Базовый случай),
- выше 60% (Оптимистичный).

## 9.4 Иллюстративные графики

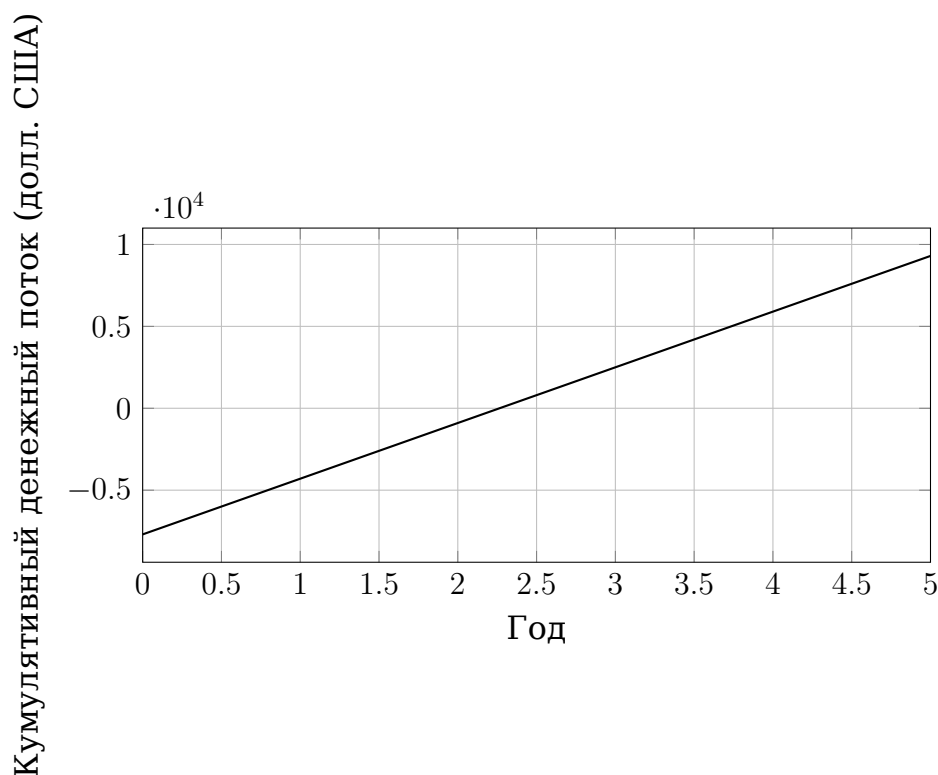


Рис. 2: Кумулятивный денежный поток, сценарий базового случая.

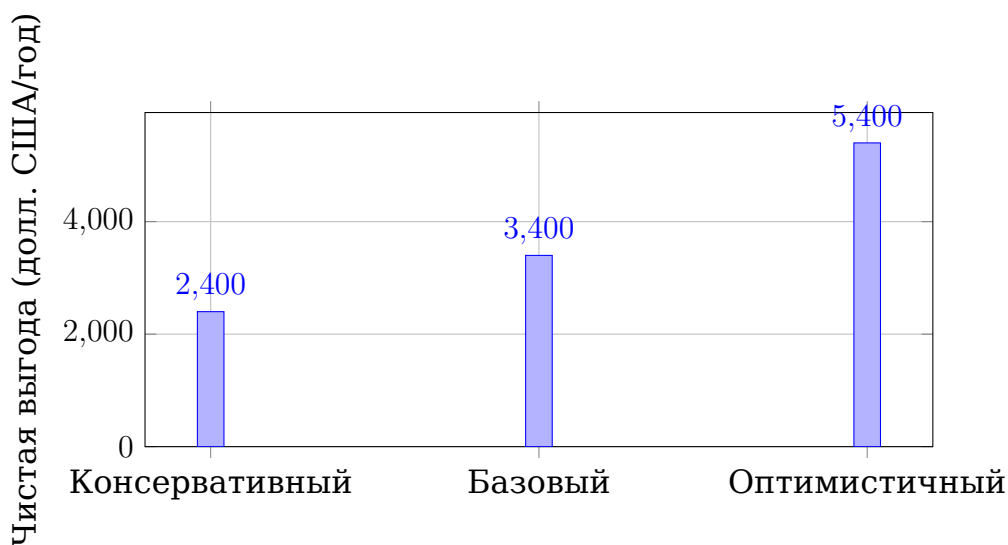


Рис. 3: Годовые чистые выгоды по сценариям.

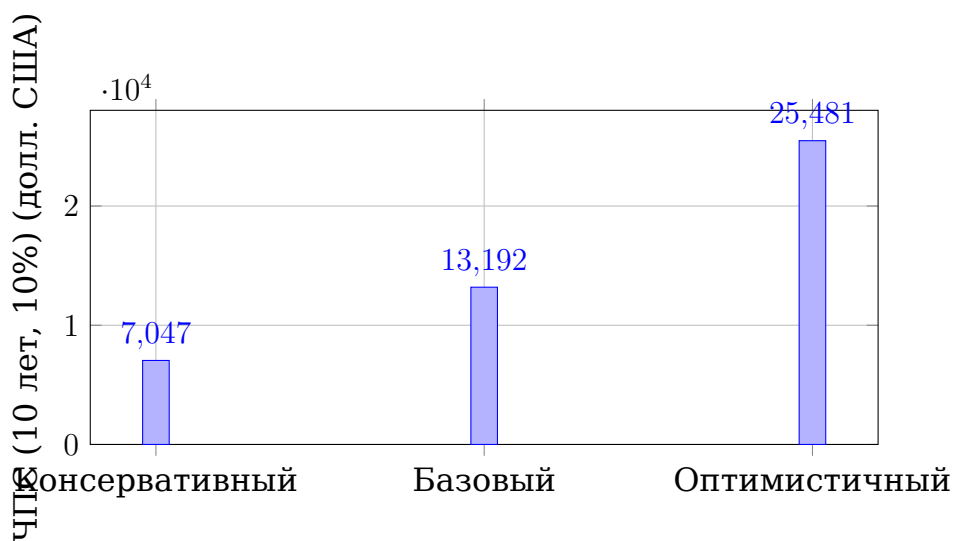


Рис. 4: ЧПС за 10 лет по сценариям.

## 10. Архитектура ЦМП и технические требования

Техническая архитектура и требования, определённые в этом разделе, составляют один из основных результатов Исследования в соответствии с Техническим заданием. Они поддерживают достижение ожидаемых исходов и принятых критериев, включая техническую осуществимость, масштабируемость и соответствие междуна-

родной хорошей практике, как далее документировано в Приложении А.

## 10.1 Логическая архитектура

1. **Слой данных:** геометрия, диагностика, сооружения, операции, окружающая среда.
2. **ETL & Качество:** конвейеры ingestion, правила валидации, журналы ошибок.
3. **Моделирование:** кривизна  $\kappa$ , возвышение  $h$ , переходные кривые, зоны риска.
4. **Аналитика:** модели затрат, ЧПС/ВНД/ДОХ, симуляции сценариев.
5. **Интерфейсы:** API/обмен файлами с системами КТЖ и ОЭС; отчётность.
6. **Безопасность:** RBAC, шифрование, аудит; данные на национальных серверах.

## 10.2 Технические требования

Компонент	Требования
Данные геометрии	Точность $\leq 1$ мм; форматы: CSV/GeoJSON; поля: РК, $x, y, z, \kappa, h$
Диагностика	Формы ПУ-32 в структурированном формате; поля: дефект, степень, дата, ремонт
ETL	Автоматизированная обработка; валидация: полнота, диапазон, последовательность
Модель	Математическая: $F = mv^2\kappa$ ; зоны риска по порогам
Аналитика	Расчёт ЧПС/ВНД; сценарии: консервативный/базовый/оптимистичный
Интерфейсы	REST API; аутентификация: OAuth/JWT
Хранение	Локальное/облачное; резервное копирование: ежедневное; восстановление: <4 часов
П&В	Планы тестирования: единичные, интеграционные; метрики: IoU/RMSE для геометрии

---

Управление	СМ для версий; CR для изменений; SLA для поддержки
------------	--

---

### 10.3 План П&В

- **Проверка:** соответствие спецификациям (точность, покрытие).
- **Валидация:** полезность для пользователей (инженеры, менеджеры).
- **Метрики:** RMSE для геометрии; точность расчётов затрат.

## 11. Сравнительные варианты для реализации Фазы 2

Успешное завершение пилота Жанаозен-Бастау (периметр 35 км) создаёт платформу для более крупномасштабного развертывания Фазы 2 решений Цифрового моделирования пути (ЦМП) на приоритетных коридорах ОЭС. Для Фазы 2 рассматриваются два ориентировочных технологических и поставочных конфигураций:

- **Вариант А: GE + Infotrans конфигурация** — модель партнёрства на основе установленного глобального поставщика диагностических и цифровых железнодорожных систем (портфель типа GE/Wabtec) в сочетании с региональным системным интегратором таким как Infotrans или эквивалентный партнёр на базе ОЭС.
- **Вариант В: CRRC + локальное решение** — конфигурация на основе китайских инспекционных и ЦМП технологий (например, инспекционные транспортные средства и подсистемы CRRC), интегрированная с программным обеспечением и услугами, предоставляемыми локальными поставщиками в регионе ОЭС.

Оба варианта технически осуществимы для железных дорог ОЭС и могут обеспечить уровни точности, требуемые концепцией ЦМП. Выбор должен быть обусловлен: (i) экономикой жизненного цикла, а не только начальным КАПЗ; (ii) проверяемой точностью и надёжностью; (iii) интеграцией, владением данными и мерами кибербез-

опасности; и (iv) локализацией навыков и поддержки в государствах-членах ОЭС.

## 11.1 Ключевые критерии оценки

Для Фазы 2 предлагаются следующие критерии:

1. **Точность и надёжность измерений:** достижимые допуски для геометрии (выравнивание, уровень, колея), повторяемость, стабильность калибровки и доступность протоколов проверки и валидации (П&В), соответствующих EN 13848 и релевантным стандартам 1520 мм.
2. **Общая стоимость владения (ОСП):** комбинированный КА-ПЗ/ОПЗ за 8–10 лет, включая аппаратное обеспечение, лицензии на ПО, облачную/локальную инфраструктуру, калибровку, обслуживание, обучение и обновления.
3. **Интеграция и интероперабельность:** открытость интерфейсов (API), доступность документированных моделей данных, лёгкость интеграции с системами КТЖ/ОЭС и национальными платформами управления активами.
4. **Локализация и развитие потенциала:** степень, в которой реализация строит устойчивый опыт в регионе (железные дороги ОЭС, университеты, инженерные фирмы), снижая зависимость от единственных иностранных поставщиков.
5. **Управление, риск и устойчивость цепочки поставок:** диверсификация поставщиков, устойчивость к экспортным контролям/санкциям, позиция кибербезопасности и контрактная ясность по владению данными.

## 11.2 Вариант А: GE + Infotrans конфигурация

Эта конфигурация предполагает использование зрелой диагностической и аналитической платформы западного происхождения, предоставляемой совместно с интегратором региона ОЭС.

Ключевые характеристики:

- **Точность:** современные системы на основе лазера/IMU обычно достигают субмиллиметрового до миллиметрового разрешения по ключевым параметрам и предназначены для соот-

ветствия стандартам типа EN 13848 и установленным режимам приёма, используемым европейскими и североамериканскими железными дорогами.

- **Зрелость системы:** долгий операционный опыт на коридорах смешанного трафика; проверенные наборы инструментов для анализа тенденций, порогов тревоги, классификации дефектов и интеграции в управление активами предприятия.
- **Ориентировочный профиль затрат:**
  - более высокие начальные лицензии и сборы за интеграцию;
  - предсказуемые циклы поддержки и обновлений;
  - потенциал для рамочных соглашений, охватывающих несколько железных дорог ОЭС и снижающих удельные затраты в масштабе.
- **Интеграция:** сильная поддержка документированных API и экспорта сырых и обработанных данных; соответствие открытому, нейтральному к поставщику архитектуре ЦМП, предложенной в этом отчёте.
- **Риски:** подверженность колебаниям валюты и режимам экспортного контроля; необходимость чётких договорённостей для обеспечения хостинга данных в юрисдикциях ОЭС и передачи знаний локальному персоналу.

Вариант А хорошо подходит там, где приоритет: (i) максимальная прозрачность алгоритмов и интерфейсов, (ii) сильное соответствие ожиданиям ЕС/МФИ по безопасности и кибербезопасности, и (iii) эталонная «справочная» реализация для стандартизации по ОЭС.

### 11.3 Вариант В: CRRC + Локальное решение

Эта конфигурация использует инспекционные технологии и подвижной состав китайского происхождения, в сочетании с локальными возможностями ПО и аналитики в странах ОЭС.

Ключевые характеристики:

- **Точность:** Системы инспекции типа CRRC, применяемые на высокоскоростных и тяжёлых грузовых сетях в Азии, также обеспечивают высокую точность для геометрии, колеи, профиля и дефектов; они подходят для интенсивного мониторин-

га и рамок предиктивного обслуживания при валидации со стороны ОЭС.

- **Ориентировочный профиль затрат:**
  - во многих случаях конкурентный или более низкий удельный КАПЗ для пакетов датчиков и оборудования на пути, особенно когда поставляется как часть более широкой программы подвижного состава или сигнализации;
  - потенциал снижения затрат через локальное производство или сборку;
  - ОПЗ сильно влияет на локализацию обслуживания и доступность локальных партнёров по сервису.
- **Потенциал локализации:** сильный объём для структурирования проектов так, чтобы университеты, проектные институты и ИТ-компании на базе ОЭС совместно разрабатывали слои аналитики ЦМП, дашборды и компоненты интеграции.
- **Интеграция и политика данных:** эффективное использование в рамках ОЭС ЦМП требует:
  - полного доступа к сырым потокам измерений и документации;
  - контрактных гарантий владения данными менеджерами инфраструктуры;
  - избежания закрытых, proprietary форматов, ограничивающих интероперабельность.
- **Риски:** потенциальная неоднородность между поставляемыми подсистемами, зависимость от конкретных поставщиков или протоколов, если интеграция не тщательно стандартизирована, и необходимость проверки соответствия требованиям ОЭС по кибербезопасности и конфиденциальности.

Вариант В привлекателен там, где: (i) эффективность затрат и быстрое развертывание на длинных коридорах критичны, и (ii) есть чёткая стратегия инвестиций в локальный инженерный потенциал и выравнивания форматов данных и API со стандартами ОЭС с самого начала.

## 11.4 Ориентировочная сравнительная матрица

Критерий	Вариант А: GE + Infotrans	Вариант В: CRRC + Локальное решение
Точность измерений	Доказанная точность на уровне мм; зрелые процессы QA/П&В; сильное соответствие EN 13848	Высокая точность, продемонстрированная на китайских высокоскоростных и тяжёлых грузовых линиях; требуется верификация для конкретных случаев ОЭС
Ориентировочная ОСП за 10 лет	Более высокий КП/лицензии; стабильные затраты на поддержку; благоприятный многограновом масштабе, если используется гармонизированная закупка	Потенциально более низкий КАПЗ; ОПЗ зависит от локальной экосистемы сервиса; благоприятный, где сильны локальные партнёры
Интеграция и открытость	Обычно сильная поддержка API; легче поставление с открытой схемой ЦМП ОЭС; более низкий риск блокировки данных при чётких контрактах	Требует тщательных переговоров по форматам данных/доступу API; осуществимо, но больше вариаций по реализациям
Локализация навыков	Опирается на структурированное обучение и регионального интегратора; хорошо, если построено в обязательные программы обучения/передачи	Высокий потенциал для совместной разработки с локальными фирмами и университетами; поддерживает передачу технологий, если формально мандатировано

Критерий	Вариант А: GE + Infotrans	Вариант В: CRRC + Локальное решение
Риск цепочки поставок и геополитический	Подверженность атлантической льяторной среде; сказуемо, но подлежит соображениям экспортного контроля	Подверженность цепочкам поставок, цен трированным на КНР; устойчивая поставка аппаратного обеспечения, но ОЭС должна выровнять политики данных/безопасности
Подходящность для Фазы 2 ОЭС	Сильный кандидат для «справочной» платформы ЦМП ОЭС и программ, финансируемых МФИ, подчёркивающих прозрачность и стандарты	Сильный кандидат для экономически эффективного масштабирования, особенно с прочной локальной интеграцией и обязательствами по открытым данным

## 11.5 Рекомендуемый подход для ОЭС

Для Фазы 2 рекомендуется, чтобы ОЭС и участвующие железные дороги:

- приняли **технологически нейтральное, основанное на стандартах ТЗ**, позволяющее обоим конфигурациям (и другим квалифицированным поставщикам) конкурировать по общим техническим и экономическим критериям;
- требовали от всех претендентов:
  1. предоставления полного доступа к сырым и обработанным данным геометрии;
  2. документирования API и структур данных, совместимых с моделью ЦМП ОЭС;
  3. обязательств по обучению на месте и совместным упражнениям П&В с железными дорогами ОЭС.
- оценивали предложения по **ЧПС/ВНД за 8-10 лет**, не только по начальной цене оборудования, с явным баллом за локали-

зацию, кибербезопасность и долгосрочную поддержку;

- рассмотрели **стратегию двойного пилота**, в которой: один коридор принимает конфигурацию типа Вариант А, а другой — конфигурацию типа Вариант В, оба сопоставленные с одним и тем же стандартом ЦМП ОЭС, для бенчмаркинга производительности, затрат и институциональной подгонки в реальных условиях ОЭС.

Это сохраняет конкуренцию, снижает зависимость от единственного поставщика и обеспечивает, что какая бы комбинация поставщиков ни была выбрана для Фазы 2, она будет работать полностью в рамках Стандарта цифрового моделирования пути ОЭС, разработанного на основе пилота Жанаозен-Бастау.

## 12. Модальность реализации и график платежей

Клиентские учреждения: Министерство транспорта Казахстана, соответствующие органы Ирана и Туркменистана, в координации с Секретариатом ОЭС.

Группа управления надзирает:

- валидацию плана работы;
- обзор промежуточных результатов;
- приёмку окончательных выходов и рекомендаций.

---

Этап	Доля цены контракта
Ворота 1 (Данные и план)	20%
Ворота 2 (Дизайн одобрен)	30%
Ворота 3 (Модель и КПЭ)	30%
Ворота 4 (Окончательный отчёт)	20%

---

## 13. Требования к исполнителю

- Демонстрированный опыт в цифровом моделировании или данных-ориентированном управлении активами для транспортной инфраструктуры (желательно железных дорог).
- Способность работать с Секретариатом ОЭС и множественными национальными заинтересованными сторонами.
- Возможность доставки прозрачных, документированных и воспроизводимых аналитических инструментов.

## 14. Экспертная оценка пилотного участка и ключевые рекомендации

Пилотный участок Жанаозен–Бастау (операционная длина 35 км; периметр пилота 35 км) был оценён с использованием предлагаемой рамки Цифровой модели пути (ЦМП).

Экспертная оценка подтверждает:

1. Существующая трассировка и геометрия ограничивают безопасное и экономическое увеличение скоростей грузов без целевых корректировок.
2. Эффективное ограничение 50 км/ч на критических подучастках может снизить потенциальную пропускную способность примерно на 20–25% относительно оптимизированного сценария геометрии.
3. ЦМП позволяет идентифицировать места для незначительных улучшений трассировки и возвышения с измеримыми приростами производительности, поддерживает обслуживание на основе рисков и связывает геометрию с затратами.
4. При консервативных предположениях пилот ЦМП даёт положительную ЧПС, короткую окупаемость (около 1.5–3 лет) и ВНД на уровне или выше эталонов МФИ.
5. Концепция масштабируема по коридорам ОЭС и соответствует ongoing инициативам цифровизации.

Ключевые рекомендации:

- принять пилот Жанаозен–Бастау как справочный случай для

Стандарта цифрового моделирования пути ОЭС;

- реализовать поэтапное масштабирование на приоритетных коридорах ОЭС;
- привлекать квалифицированных технологических партнёров под открытыми, неисключающими договорённостями, обеспечивая, что владение данными остаётся у государств-членов ОЭС и менеджеров инфраструктуры;
- использовать доказательства на основе ЦМП для подготовки предложений финансирования для AIIB, IsDB, ADB, EDB и других.

#### **14.0.1. Институциональные и управленческие предпосылки**

Хотя техническая осуществимость и экономическое обоснование Цифровой модели пути (ЦМП) были продемонстрированы через пилот Жанаозен-Бастау, оценка показывает, что полная реализация её преимуществ зависит от скоординированных институциональных и управленческих механизмов среди участвующих стран.

В частности, дальнейший прогресс требует гармонизации методологий для расследования и разрешения операционных и конфликтных ситуаций, выравнивания подходов к оценке состояния пути и последовательности в стандартах данных, интерпретации и процедурах принятия решений. Без такого выравнивания цифровые решения рискуют остаться фрагментированными и ограниченными изолированными национальными приложениями.

Решение этих предпосылок позволит постепенный переход от индивидуальных цифровых инициатив к совместно управляемому и интероперабельному Цифровому железнодорожному коридору. Этот переход подразумевает разработку и принятие общих регуляторных и нормативных рамок на уровне ОЭС, обеспечивающих предсказуемую и прозрачную основу для трансграничной координации и долгосрочного инвестиционного планирования.

С точки зрения управления, создание постоянного стоячего координационного комитета считается практическим и эффективным механизмом для поддержки этого процесса. Такой орган будет мандатирован координировать разработку, утверждение и периодиче-

ское обновление общих технических, методологических и цифровых стандартов, тем самым обеспечивая непрерывность, институциональную память и стабильную основу для инициатив цифровизации на уровне коридора.

Во время обсуждения промежуточных и пилотных результатов иранская сторона специально подчеркнула важность расширения объёма цифровой оценки за пределы только геометрии пути. В частности, внимание было обращено на состояние стрелок и переводов, а также на более широкий набор инфраструктурных и операционных параметров, которые не были полностью охвачены в рамках настоящего Исследования.

Эти дополнительные параметры, хотя и вне оригинального объёма, теперь артикулированы и признаны релевантными областями для дальнейшего развития. Настоящая работа поэтому рассматривается как катализатор, который может предоставить дальнейший импульс для последующих, более всесторонних оценок, опираясь на методологические, технические и институциональные основы, установленные через текущий пилот.

## **А. Соответствие требованиям ТЗ и КПЭ**

Это Приложение демонстрирует полное соответствие настоящего Исследования утверждённому Техническому заданию (ТЗ), включая применение рамок SWOT и SMART, использование КАПЗ и ОПЗ в экономической оценке и доставку всех требуемых Ключевых показателей эффективности (КПЭ).

### **А.1 Применение анализа SWOT**

Анализ SWOT был применён для структурирования стратегической оценки пилота ЦМП и его потенциального масштабирования по коридорам ОЭС, идентифицируя сильные стороны, слабости, возможности и угрозы, релевантные техническим, экономическим и институциональным измерениям.

Таблица 10: Анализ SWOT пилота Цифрового моделирования пути (ЦМП)

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабости</b>
Доказанная техническая осуществимость ЦМП на живом пилотном участке; Количественные экономические преимущества (положительная ЧПС, приемлемая ВНД); Прозрачная и проверяемая математическая методология; Совместимость с международными железнодорожными практиками.	Ограниченный объём пилота (фокус на параметрах, связанных с геометрией); Зависимость от доступности и качества входных данных; Начальная институциональная фрагментация по странам.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
Масштабирование по коридорам железных дорог ОЭС; Доступ к льготному финансированию и грантам; Разработка общего цифрового стандарта ОЭС; Развитие потенциала и локализация экспертизы.	Различные национальные регуляции и стандарты; Задержки в обмене данными и координации; Риск привязки к поставщику без чёткого управления; Неравномерный темп принятия цифровизации среди стран.

## A.2 Применение критериев SMART

Формулировка целей Исследования и объёма пилотной реализации была руководствована рамкой SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant and Time-bound), как явно требуется Техническим заданием. Применение критериев SMART обеспечило, что Исследование избегало абстрактных или декларативных целей и вместо этого фокусировалось на проверяемых, операционных и экономически значимых исходах.

**Specific.** Цели Исследования были определены с чётким и однозначным фокусом на пилотном участке Жанаозен-Бастау коридора КТИ, с географически ограниченным периметром примерно 35 км, в полном соответствии с ТЗ. Объём явно охватывал цифровое моделирование геометрии и состояния пути, экономическую оценку эффектов обслуживания и подготовку технически прочной основы для потенциального масштабирования. Никакие не связанные

активы или спекулятивные цифровые функции не были включены, обеспечивая хорошо определённый и контролируемый объём.

**Measurable.** Цели Исследования были переведены в измеримые выходы и индикаторы, включая количественные экономические метрики (ЧПС, ВНД, период окупаемости), определённые пороги точности для геометрических параметров и ясно идентифицируемые результаты (отчёты, технические спецификации, экономические расчёты и презентационные материалы). Эта измеримость позволяет независимую верификацию результатов и поддерживает прозрачный обзор органами ОЭС, национальными властями и потенциальными финансирующими институтами.

**Achievable.** Все цели были сформулированы с учётом существующих институциональных, технических и бюджетных ограничений. Пилот опирается на типы данных, технологии измерений и аналитические методы, которые уже доступны или реалистично развертываемы в железных дорогах ОЭС. План реализации и предположения о затратах были намеренно консервативными, обеспечивая достижение целей в пределах согласованного бюджетного потолка и 8-недельного срока пилота.

**Relevant.** Цели Исследования напрямую соответствуют стратегическим приоритетам ОЭС, включая региональную связность, оптимизацию затрат жизненного цикла инфраструктуры, улучшение безопасности и надёжности железнодорожных операций и поддержку устойчивых транспортных коридоров. С экономической перспективы фокус на оптимизации КАПЗ и ОПЗ, банковской привлекательности и принятии решений на основе доказательств обеспечивает высокую релевантность для правительств, менеджеров инфраструктуры и международных финансовых институтов.

**Time-bound.** Все деятельности и результаты были структурированы в пределах чётко определённого и контрактно фиксированного периода реализации. Дорожная карта пилота указывает конкретные этапы, ворота приёма и окончательные выходы, которые должны быть доставлены в течение восьми недель. Эта структура с привязкой ко времени поддерживает эффективный контроль проекта, своевременное принятие решений Секретариатом ОЭС и готовность к последующим фазам.

Подробная оценка целей Исследования по каждому критерию SMART суммирована в Таблице 11.

Таблица 11: Оценка целей Исследования по критериям SMART

<b>Критерий</b>	<b>Применение в Исследовании</b>
Specific	Демонстрация Цифрового моделирования пути на определённом пилотном участке Жанаозен-Бастау коридора КТИ, с чётко определённым объёмом и выходами.
Measurable	Количественные экономические индикаторы (ЧПС, ВНД, период окупаемости), метрики качества геометрии и чётко определённые результаты в соответствии с Техническим заданием.
Achievable	Реализация с использованием существующих технологий измерений, источников данных и институциональных механизмов в пределах согласованного срока и бюджета.
Relevant	Прямой вклад в цели ОЭС по эффективности железных дорог, безопасности, снижению затрат, устойчивости и конкурентоспособности коридоров.
Time-bound	Все деятельности и результаты завершены в пределах контрактного периода реализации, включая 8-недельную дорожную карту пилота.

Таблица подтверждает, что все КПЭ, определённые в Техническом задании, были полностью доставлены. Международный обзор, Технические требования, Экономическая модель и Окончательное техническое задание включены как посвящённые разделы Окончательного отчёта, в то время как Презентация предоставлена как отдельный файл для удобства.

### **А.3 Экономическая оценка: КАПЗ и ОПЗ**

Экономическая модель явно отличает КАПЗ и ОПЗ как основные входы для оценки производительности инвестиций. Эти параметры лежат в основе расчёта ЧПС, ВНД и периода окупаемости, представленных в Разделе 9.

## А.4 Соответствие Ключевым показателям эффективности (КПЭ)

Таблица 12: Соответствие Ключевым показателям эффективности (КПЭ), определённым в ТЗ

КПЭ ТЗ	Результат по ТЗ	Статус	Ссылка в Окончательном отчёте
Международный обзор	Аналитический отчёт	Завершён	Разделы 6-7 (Международный опыт и бенчмаркинг)
Разработаны технические требования	Документ технических требований	Завершён	Раздел 10 (Архитектура ЦМП и технические требования)
Завершена экономическая модель	Экономический расчёт	Завершён	Раздел 9 (Экономическая модель: КАПЗ, ОПЗ, ЧПС и ВВД)
Подготовлено окончательное техническое задание	Техническое задание для следующей фазы	Завершён	Раздел 19 (Экспертная оценка и ключевые рекомендации), включая объём Фазы 2
Разработана презентация	Файл презентации	Завершён	Приложение: Презентация (предоставлена как отдельный файл)

Таблица подтверждает, что все КПЭ, определённые в Техническом задании, были полностью доставлены. Международный обзор, Технические требования, Экономическая модель и Окончательное техническое задание включены как посвящённые разделы Окончательного отчёта, в то время как Презентация предоставлена как отдельный файл для удобства.

## В. Ссылки

- Секретариат ОЭС (2025). Цифровое моделирование для железных дорог ОЭС — Документация контракта.
- ОЭС (2025). ТЗ — Исследование по цифровому моделированию для железных дорог ОЭС.
- КТЖ: Приложения 2-11, заявления о состоянии пути ПУ-32 (октябрь 2025).
- Ильяшева Г.И., Дурмагамбетов А.А. (2025). Экономическая модель для Цифрового моделирования пути.

<b>Ссылка в Окончательном отчёте</b>			
Международный обзор	Аналитический отчёт	Завершён	Разделы 6-7 (Международный опыт и бенчмаркинг)
Разработаны технические требования	Документ технических требований	Завершён	Раздел 10 (Архитектура ЦМП и технические требования)
Завершена экономическая модель	Экономический расчёт	Завершён	Раздел 9 (Экономическая модель: КАПЗ, ОПЗ, ЧПС и ВВД)
Подготовлено окончательное техническое задание	Техническое задание для следующей фазы	Завершён	Раздел 19 (Экспертная оценка и ключевые рекомендации), включая объём Фазы 2
Разработана презентация	Файл презентации	Завершён	Приложение: Презентация (предоставлена как отдельный файл)

## С. Регистр исходных материалов

Файл	Версия
Annex No. 9,10,11.xlsx	2025-11-05
Reply to Request (19).docx	2025-11-05
Annex No. 7 List of Level Crossings Zhanaozen-Bastau.xls	2025-11-05
Contract Digital Railway Modelling, KTI Section.docx	2025-11-05
Annex No. 3 Technical Characteristics Zhanaozen-Bastau.docx	2025-11-05
ToR - Study on Railway Digital Modelling.docx	2025-11-05
Ilyasheva-Valikh.pdf	2025-11-05
Annex No. 8.docx	2025-11-05
Annex No. 6 List of Engineering Structures.docx	2025-11-05
Report (25).pdf	2025-11-05

Annex 2 PU-32 Track Condition 2025-11-05  
Statements.pdf

## D. Глоссарий

Термин	Определение
ОЭС	Организация экономического сотрудничества
РПС	Региональный плановый совет ОЭС
СКТТ	Совет по координации транзитного транспорта ОЭС
СПР	Совет постоянных представителей при ОЭС
ГПУ	Группа управления проектом ОЭС
ООН/ЦЕФАКТ	Центр ООН по упрощению процедур торговли и электронной торговле
ЭСКАТО ООН / ЕЭК ООН	Региональные комиссии ООН (Азиатско-Тихоокеанский регион / Европа)
СМГС	Соглашение о международном грузовом сообщении по железным дорогам
ЦМП	Цифровая модель пути
ПУ-32	Форма заявления о состоянии пути
$\kappa$	Кривизна, $\kappa = 1/R$
$R$	Радиус кривой
$h$	Возвышение наружного рельса
КАПЗ/ОПЗ	Капитальные / операционные расходы
ЧПС/ДОХ/ВНД	Показатели эффективности инвестиций
КПЭ	Ключевой показатель эффективности
ETL	Extract-Transform-Load
LiDAR/GPS	Высокоточные приборы геодезической съёмки
RTK/IMU	
BIM	Моделирование информационное зданий
П&В	Проверка и валидация
УК	Управление конфигурацией
IoU/RMSE	Метрики перекрытия / ошибки
КТЖ/РАИ/ТДЖ	Железные дороги Казахстана, Ирана, Туркменистана

---

АИВ/IsDB/ADB/EDB	Международные финансовые институты
ЗИ	Запрос на изменение
Группа управле-	Орган управления проектом
ния	
SLA	Соглашение об уровне сервиса
RBAC	Управление доступом на основе ролей

---