

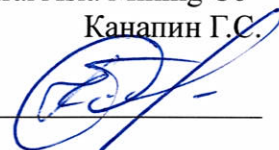
Координатор ОТ и ТБ  
ТОО “Central Asia Mining Co”  
Даутбаев Б.

Согласовано: \_\_\_\_\_



Главный инженер  
ТОО “Central Asia Mining Co”  
Канапин Г.С.

Утверждаю: \_\_\_\_\_



### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ  
по разработке и апробации цифровой системы мониторинга и позиционирования  
персонала и техники в подземных горных выработках месторождений Келиншектау и  
Жолбарысты

Оглавление	
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	4
1.1 Полное наименование системы и условное обозначение.....	4
1.2 Сведения о разработчике и заказчике системы .....	4
1.3 Основания для разработки системы .....	4
1.4 Плановые сроки выполнения работ.....	4
1.5 Научная регистрация и отчётность.....	5
1.6 Порядок оформления и предъявления результатов работ .....	5
1.7 Требования к точности определения координат.....	5
2. НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ (РАЗВИТИЯ) СИСТЕМЫ.....	6
2.1 Назначение системы.....	6
2.2 Цели создания системы.....	7
3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	8
3.1 Краткие сведения об объекте автоматизации.....	8
3.2 Геометрические и производственные особенности объекта.....	10
3.3 Условия эксплуатации объекта автоматизации.....	10
3.4 Характеристика зон эксплуатации .....	10
3.5 Особенности эксплуатации, влияющие на автоматизацию .....	11
4. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ .....	11
4.1 Требования к системе в целом .....	11
4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым системой .....	14
4.3 Требования к видам обеспечения системы .....	15
5. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ (РАЗВИТИЮ) СИСТЕМЫ.....	18
5.1 Общие положения.....	18
5.2 Стадии и этапы работ по созданию системы.....	18
5.3 Экспертиза документации, обеспечение надёжности и метрологическое обеспечение.....	19
6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЁМКИ СИСТЕМЫ.....	20
6.1 Виды, состав, объём и методы испытаний системы .....	20
6.2 Общие требования к приёмке работ и порядок утверждения приёмочной документации.....	25
7. ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ К ВВОДУ СИСТЕМЫ В ДЕЙСТВИЕ .....	25
7.1 Приведение информации, поступающей в систему, к виду, пригодному для автоматизированной обработки .....	26
7.2 Изменения, подлежащие выполнению на объекте автоматизации .....	26

7.3 Создание условий функционирования объекта автоматизации.....	26
7.4 Создание и (или) определение подразделений и служб, обеспечивающих функционирование системы.....	27
7.5 Комплектование штатов и обучение персонала.....	27
7.6 Изменения методов управления и производственного контроля.....	27
8. ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ.....	27
8.1 Общие требования к составу документации.....	27
8.2 Перечень документации по ГОСТ 34.201 .....	28
8.3 Документация в электронном виде.....	28
8.4 Требования к документированию программных и аппаратных компонентов.....	28
8.5 Документирование научно-исследовательской составляющей .....	29
8.6 Документирование результатов интеллектуальной деятельности.....	29
8.7 Требования к качеству и проверяемости документации .....	30
9. ИСТОЧНИКИ РАЗРАБОТКИ .....	30
Приложение А.....	31
Приложение Б .....	33

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1.1 Полное наименование системы и условное обозначение

Полное наименование системы: Цифровая система мониторинга и позиционирования персонала и подземной самоходной техники в подземных горных выработках месторождений Келиншектау и Жолбарысты.

Условное обозначение системы: ЦСМП-ПГВ (Central Asia Mining). Шифр темы: Шифр темы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР): САМ-DSP-2026.

### 1.2 Сведения о разработчике и заказчике системы

Заказчик (пользователь системы): Товарищество с ограниченной ответственностью «Central Asia Mining Co», Республика Казахстан, недропользователь месторождений Келиншектау и Жолбарысты, расположенных на территории Сузакского района Туркестанской области. Горные объекты Заказчика находятся в пределах Сузакского района Туркестанской области, ориентировочно в 120 км северо-западнее районного центра Шолакорган и в 60 км северо-восточнее железнодорожной станции Жанакорган. Ближайшим населённым пунктом является п. Ран Ата.

Система создаётся в интересах эксплуатации подземных горных объектов месторождений Келиншектау и Жолбарысты в целом, при этом опытно-промышленная апробация и экспериментальное подтверждение характеристик системы выполняются на отдельных пилотных участках (объектах) указанных месторождений.

Перечень конкретных пилотных участков (подземных выработок, горизонтов и производственных зон), на которых осуществляется опытно-промышленная эксплуатация системы, уточняется и утверждается в Программе и методике испытаний, разрабатываемой в рамках выполнения НИОКР и согласуемой с Заказчиком.

Разработчик (исполнитель НИОКР): Аккредитованная научная организация Республики Казахстан, имеющая действующее свидетельство об аккредитации на право выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области цифровизации, промышленной безопасности и горных технологий.

### 1.3 Основания для разработки системы

Основаниями для разработки системы являются:

– требования действующего законодательства Республики Казахстан в области промышленной безопасности, охраны труда и предупреждения чрезвычайных ситуаций при ведении подземных горных работ;

– необходимость цифровой трансформации системы производственного контроля и промышленной безопасности на подземных объектах недропользователя;

– потребность в создании и научно обоснованной апробации цифровых средств позиционирования персонала и подземной техники в условиях подземных горных выработок;

– программа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленная на оценку применимости, точности, устойчивости и масштабируемости цифровых технологий позиционирования в подземных условиях;

– договор на выполнение НИОКР, утверждённый Заказчиком.

### 1.4 Плановые сроки выполнения работ

Срок выполнения работ по созданию системы составляет 12 месяцев. Планируемые сроки реализации проекта: начало работ - март 2026 г.; окончание работ - март 2027 г..

### 1.5 Научная регистрация и отчётность

Работы по разработке, внедрению и апробации системы выполняются исключительно в статусе НИОКР и оформляются как научно-исследовательские работы в области цифровизации промышленной безопасности и подземных горных работ.

Проект подлежит обязательной регистрации в АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы» в установленном порядке. Исполнитель обязан обеспечить подготовку, подачу и сопровождение регистрационных материалов.

По результатам выполнения НИОКР Исполнитель обязан подготовить и представить Заказчику научно-технический отчёт, включающий:

- описание целей, задач и методологии научных исследований;
- описание цифровой архитектуры системы и обоснование выбранных технических решений;
- результаты лабораторных, полевых и опытно-промышленных испытаний;
- экспериментальную оценку точности позиционирования в статических и динамических условиях;
- анализ устойчивости и отказоустойчивости системы;
- научные выводы и рекомендации по масштабированию и дальнейшему развитию системы.

Научно-технический отчёт подлежит регистрации и учёту в АО «НЦГНТЭ».

### 1.6 Порядок оформления и предъявления результатов работ

Результаты работ по созданию системы предъявляются Заказчику поэтапно, в соответствии с календарным планом НИОКР, и включают:

- отчётные материалы по каждому этапу НИОКР;
- комплект проектной, программной и программно-технической документации;
- результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний;
- Программу и методику испытаний, утверждённую Заказчиком;
- научно-технический отчёт по итогам НИОКР;
- материалы по публикационной и патентной деятельности.

Окончательные результаты принимаются Заказчиком на основании актов приёмки выполненных работ.

### 1.7 Требования к точности определения координат

Система должна обеспечивать определение координат персонала и подземной техники со следующими показателями погрешности:

- в статических условиях (объект неподвижен):
  - средняя погрешность — не более 10 м;
  - максимальная погрешность — не более 15 м;
- в динамических условиях (объект в движении):
  - средняя погрешность — не более 15 м;
  - максимальная погрешность — не более 25 м.

Указанные показатели подлежат обязательному экспериментальному подтверждению в ходе опытно-промышленных испытаний в соответствии с утверждённой Программой и методикой испытаний.

### 1.8 Научно-исследовательская, публикационная и интеллектуальная деятельность (НИОКР и РИД)

Работы по настоящему техническому заданию выполняются в формате НИОКР и обязательно включают научно-аналитическую, экспериментальную, публикационную и интеллектуальную составляющие.

В рамках выполнения НИОКР Исполнитель обязан:

- провести патентный поиск и анализ мировых аналогов разрабатываемой цифровой системы;
  - подготовить аналитический обзор существующих технических решений с оценкой уровня новизны;
  - обеспечить подготовку и публикацию научных статей и (или) научных обзоров, отражающих ход выполнения и результаты проекта: не менее 2 (двух) статей или обзоров, индексируемых в базе данных Science Citation Index Expanded системы Web of Science, и (или) в рецензируемом научном издании, имеющем процентиль по показателю CiteScore в базе данных Scopus не менее 35 (тридцати пяти); не менее одной статьи в отечественных или зарубежных научных изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, из Перечня изданий, входящих в список 1 и (или) список 2 для публикации основных результатов научных исследований;
  - обеспечить проведение патентного поиска, подготовку и подачу заявки на патент на результаты интеллектуальной деятельности, созданные в ходе выполнения НИОКР (изобретение и (или) полезная модель);
  - обеспечить оформление, распределение и передачу исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности Заказчику в порядке, установленном договором на выполнение НИОКР и действующим законодательством Республики Казахстан.
- Результаты интеллектуальной деятельности, созданные в ходе выполнения НИОКР (программное обеспечение, алгоритмы, технические решения, методики, научные материалы), подлежат передаче Заказчику в полном объеме, определенном договором.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ (РАЗВИТИЯ) СИСТЕМЫ

### 2.1 Назначение системы

Создаваемая автоматизированная система предназначена для автоматизации и цифровой поддержки процессов оперативного управления промышленной безопасностью, производственного контроля и реагирования на аварийные и предаварийные ситуации при ведении подземных горных работ, а также для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по оценке применимости и эффективности цифровых технологий мониторинга и позиционирования в подземных условиях.

Вид автоматизируемой деятельности:

- оперативное диспетчерское управление подземными работами;
- производственный контроль;
- контроль промышленной безопасности и охраны труда;
- информационная поддержка планов ликвидации аварий (ПЛА);
- аналитическая и научно-исследовательская деятельность в рамках НИОКР.

Объекты автоматизации:

- подземный персонал, выполняющий горные, вспомогательные и сервисные работы;
- подземная самоходная горная техника;
- подземные горные выработки (штольни, орты, уклоны, горизонты, вентиляционные и транспортные выработки);
- производственная и газовая среда подземных выработок;
- процессы реагирования на аварийные и предаварийные ситуации.

Автоматизируемые пункты управления:

- диспетчерская служба предприятия;
- службы промышленной безопасности и охраны труда;
- инженерно-технические службы, участвующие в управлении подземными работами;
- службы по чрезвычайным ситуациям и ВГСО в части предоставления цифровых данных и аналитической информации.

Управляемые объекты и процессы:

- допуск и нахождение персонала в подземных выработках;
- маршруты и зоны перемещения персонала и подземной техники;
- режимы реагирования при возникновении аварийных и предаварийных событий.

Система предназначена для эксплуатации на подземных объектах месторождений Келиншектау и Жолбарысты. Подтверждение заявленных характеристик осуществляется на пилотных участках, перечень и границы которых устанавливаются и утверждаются в Программе и методике испытаний с последующей возможностью масштабирования.

## 2.2 Цели создания системы

Целью создания системы является достижение измеримого повышения уровня промышленной безопасности, управляемости подземных горных работ и оперативности реагирования на опасные события за счёт внедрения цифровой системы мониторинга и позиционирования персонала и подземной техники, подтверждённого результатами опытно-промышленных испытаний и НИОКР.

Для достижения указанной цели должны быть обеспечены следующие целевые показатели, являющиеся критериями оценки достижения целей и приёмки системы.

### 1. Технические цели

#### 1.1. Точность позиционирования:

- в статических условиях — средняя погрешность не более 10 м;
- в динамических условиях — средняя погрешность не более 15 м.

#### 1.2. Временные параметры:

- период обновления координат персонала — не более 5 с;
- период обновления координат подземной техники — не более 3 с;
- время реакции системы на тревожные события (SOS, превышение газов, критические биометрические параметры) — не более 1 с.

1.3. Автономность. Время автономной работы носимых устройств — не менее 12 часов при штатной эксплуатации.

Критерий достижения: подтверждение соответствия указанным параметрам по результатам опытно-промышленных испытаний в соответствии с утверждённой ПМИ.

### 2. Технологические цели

2.1. Обеспечение непрерывного цифрового мониторинга местоположения персонала и подземной техники во всех утверждённых выработках пилотных участков.

2.2. Обеспечение устойчивой работы при обрыве связи с центральным сервером с локальным хранением данных и последующей синхронизацией без потери информации.

2.3. Формирование цифровых карт подземных выработок с отображением актуального положения персонала и техники в режиме реального времени.

Критерий достижения: круглосуточная устойчивая работа системы в ходе опытно-промышленной эксплуатации без критических отказов, зафиксированная в протоколах испытаний.

### 3. Цели в области промышленной безопасности

3.1. Снижение времени обнаружения аварийных и предаварийных ситуаций по сравнению с базовым состоянием.

3.2. Обеспечение оперативного определения местонахождения персонала при аварийных ситуациях и учениях ПЛА.

3.3. Повышение эффективности мероприятий ПЛА за счёт использования актуальных цифровых данных о персонале и технике.

Критерий достижения: подтверждение работоспособности системы при отработке аварийных сценариев и учениях ПЛА с оформлением актов и протоколов.

### 4. Производственно-экономические цели

4.1. Повышение прозрачности процессов нахождения и перемещения персонала в подземных выработках.

4.2. Формирование единой цифровой базы данных для анализа использования рабочего времени персонала и эксплуатации подземной техники.

4.3. Создание предпосылок для оптимизации производственных процессов без снижения уровня промышленной безопасности.

Критерий достижения: наличие формируемых системой отчётов и аналитических материалов, используемых Заказчиком в управленческой деятельности.

#### 5. Научно-технические цели

5.1. Получение экспериментально подтверждённых данных о применимости, точности и устойчивости цифровых технологий позиционирования в подземных условиях.

5.2. Формирование научно-технического задела для дальнейшего развития, масштабирования и тиражирования системы.

5.3. Обеспечение выполнения требований к научным публикациям и правовой охране результатов интеллектуальной деятельности, установленных техническим заданием.

Критерий достижения: подготовка и передача Заказчику научно-технического отчёта, научных публикаций, результатов патентного поиска и подтверждение подачи заявки на патент в соответствии с требованиями ТЗ.

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

#### 3.1 Краткие сведения об объекте автоматизации

Объектом автоматизации являются подземные горные объекты месторождений Келиншектау и Жолбарысты, расположенные на одной производственной территории в Сузакском районе Туркестанской области Республики Казахстан. Месторождения разрабатываются подземным способом и представляют собой сложную многоуровневую систему подземных горных выработок, включающую:

- транспортные штреки и уклоны;
- вентиляционные выработки;
- ортовые и бортовые ответвления;
- горизонты различной глубины;
- вспомогательные и сервисные выработки.

Разработка ведётся с применением подземной самоходной горной техники, а также с участием подземного персонала, выполняющего горные, вспомогательные, ремонтные и сервисные работы. В рамках настоящего технического задания объекты автоматизации рассматриваются как пилотные площадки для выполнения НИОКР, на которых осуществляется научно-исследовательская и опытно-промышленная апробация цифровой системы мониторинга и позиционирования персонала и подземной техники. Перечень конкретных пилотных выработок, горизонтов и участков подлежит уточнению и утверждению в Программе и методике испытаний.

В рамках выполнения НИОКР и опытно-промышленной апробации системы предусматривается поставка, монтаж и эксплуатация программно-технических средств, распределённых по площадкам внедрения. Распределение оборудования по площадкам приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Распределение оборудования по площадкам внедрения системы

№ п/п	Наименование оборудования	Назначение	Ед. изм.	м/р «Келиншектау»	м/р «Жолбарысты»	Примечание
1	Носимое устройство позиционирования персонала (умный идентификатор/датчик)	Определение местоположения персонала, передача тревожных сигналов (SOS), мониторинг параметров	шт.	45	25	Количество уточняется по численности персонала на пилотных участках
2	Бортовой модуль позиционирования подземной техники	Определение координат и параметров движения подземной техники	шт.	6	2	По количеству единиц техники на пилотных участках
3	Стационарные опорные точки позиционирования (маяки, ретрансляторы)	Формирование сети позиционирования в подземных выработках	шт.	50	30	Размещение определяется ПМИ и схемой выработок
4	Подземные узлы сбора и передачи данных (шлюзы)	Агрегация и передача данных в центральную систему	шт.	10	8	Устанавливаются на ключевых узлах сети
5	Серверное оборудование (локальное/поверхностное)	Управление, обработка и визуализация данных	компл.	1	1	Может быть централизованным
6	Рабочие места диспетчера (АРМ)	Мониторинг, управление и аналитика	компл.	2	1	Количество по структуре диспетчерских служб
7	Источники бесперебойного питания (ИБП)	Обеспечение автономной работы оборудования	шт.	20	15	Для критически важных узлов
8	Коммуникационное оборудование (кабели, антенны, крепления)	Обеспечение связи и монтажа	компл.	50	30	В составе монтажных комплектов

### 3.2 Геометрические и производственные особенности объекта

Подземные горные выработки характеризуются следующими особенностями, оказывающими непосредственное влияние на проектирование и функционирование системы автоматизации:

- протяжённость отдельных выработок достигает 1,0–1,6 км, что требует устойчивой передачи данных на больших расстояниях;
- многоуровневая структура горизонтов с вертикальными и наклонными связями, увеличивающая количество переходов между уровнями;
- наличие поворотов под углом 70–90°, формирующих зоны ухудшенного радиопокрытия («теневые зоны»);
- наличие узких участков, карманов, ниш, зумпфов и участков с ограниченной вентиляцией;
- развитая вентиляционная сеть, влияющая на распространение радиосигналов и размещение оборудования;
- одновременное перемещение персонала и подземной техники по пересекающимся маршрутам.

Указанные особенности обуславливают необходимость разработки и научной апробации устойчивых, отказоустойчивых и адаптивных решений позиционирования в рамках НИОКР.

### 3.3 Условия эксплуатации объекта автоматизации

Эксплуатация системы осуществляется в условиях подземных горных выработок, характеризующихся следующими факторами окружающей среды:

- температура воздуха — от +5 °С до +35 °С;
- относительная влажность воздуха — до 95 %;
- наличие пыли, взвешенных частиц и аэрозолей;
- вибрационные нагрузки, удары и механические воздействия;
- ограниченное пространство и сложная геометрия размещения оборудования;
- возможные обрывы связи с поверхностью и центральным сервером;
- наличие потенциально взрывоопасной газовой среды (метан, сероводород и др.).

Оборудование и программно-технические средства системы должны быть рассчитаны на круглосуточную эксплуатацию в указанных условиях и соответствовать требованиям промышленной безопасности Республики Казахстан, включая требования к взрывозащищённому исполнению при необходимости.

### 3.4 Характеристика зон эксплуатации

В пределах объекта автоматизации выделяются следующие типы зон:

Зоны со стандартными условиями эксплуатации, в которых:

- обеспечена нормативная вентиляция;
- отсутствуют устойчивые превышения концентраций опасных газов;
- допускается штатное перемещение персонала и техники.

Зоны повышенной опасности, к которым относятся:

- участки с потенциальным скоплением газов;
- зоны с ухудшенной вентиляцией;
- участки с ограниченной видимостью и сложной геометрией;
- зоны пересечения маршрутов персонала и техники;
- аварийно-опасные участки, определяемые службами промышленной безопасности.

Критерии отнесения выработок к зонам повышенной опасности и перечень таких зон подлежат уточнению и утверждению в рамках ПМИ и внутренних регламентов Заказчика.

### 3.5 Особенности эксплуатации, влияющие на автоматизацию

Эксплуатация объекта автоматизации предполагает:

- перемещение персонала и техники в условиях отсутствия прямой радиовидимости;
- необходимость устойчивой работы системы при временной потере связи с центральным сервером;
- требования к локальному хранению данных и последующей синхронизации;
- использование системы в аварийных и предаварийных режимах;
- применение системы в интересах служб промышленной безопасности, ПЛА, ЧС и ВГСО.

Указанные особенности подлежат обязательному учёту при проектировании, внедрении и опытно-промышленной апробации системы в рамках НИОКР.

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

### 4.1 Требования к системе в целом

#### 4.1.1 Требования к структуре и функционированию системы

4.1.1.1 Создаваемая автоматизированная система представляет собой распределённую многоуровневую цифровую систему мониторинга и позиционирования персонала и подземной самоходной техники, функционирующую в условиях подземных горных выработок.

4.1.1.2 В состав системы должны входить следующие подсистемы: подсистема носимых устройств персонала; подсистема позиционирования подземной техники; инфраструктурная подсистема (датчики, антенны, ретрансляторы); подсистема сбора и передачи данных (шлюзы, коммуникационные концентраторы); серверная и программно-аналитическая подсистема; подсистема тревожных событий и поддержки ПЛА; подсистема хранения, анализа и визуализации данных.

4.1.1.3 Система должна иметь двухуровневую иерархию: подземный уровень (сбор и предварительная обработка данных); поверхностный уровень (централизованная обработка, хранение и визуализация).

4.1.1.4 Степень централизации системы — децентрализованная с централизованным управлением, обеспечивающая автономную работу подземных компонентов при обрыве связи с центральным сервером.

4.1.1.5 Информационный обмен между компонентами системы должен осуществляться по проводным и беспроводным цифровым каналам связи (UWB, LoRa, BLE, Wi-Fi Mesh или эквивалентным), допускающим работу в условиях протяжённых выработок до 1,6 км, поворотов до 90°, повышенной влажности, пылевыделения и вибрации.

4.1.1.6 Система должна обеспечивать совместимость и информационное взаимодействие с диспетчерской службой предприятия, службами промышленной безопасности и охраны труда, системами ПЛА, службами ЧС и ВГСО (в части предоставления информации).

4.1.1.7 Режимы функционирования системы: штатный (круглосуточный, 24/7); автономный (при отсутствии связи с центральным сервером); аварийный (при возникновении тревожных и аварийных событий); режим диагностики и тестирования.

4.1.1.8 Система должна обеспечивать автоматизированную диагностику состояния носимых устройств, инфраструктурных компонентов, каналов связи, серверного оборудования и программного обеспечения.

4.1.1.9 Архитектура системы должна предусматривать возможность дальнейшего развития и модернизации без полной замены оборудования и программного обеспечения.

#### 4.1.2 Требования к численности и квалификации персонала системы

- 4.1.2.1 Эксплуатация системы должна обеспечиваться диспетчерами (пользователи системы), инженерно-техническим персоналом служб промышленной безопасности, техническим персоналом сопровождения системы.
- 4.1.2.2 Минимальные требования к квалификации: диспетчер — среднее специальное или высшее техническое образование, прохождение обучения работе с системой; инженерно-технический персонал — высшее техническое образование, знание основ промышленной безопасности; обслуживающий персонал — подготовка по эксплуатации цифровых и телекоммуникационных систем.
- 4.1.2.3 Режим работы персонала системы — круглосуточный, посменный.
- 4.1.3 Требования к показателям назначения системы
- 4.1.3.1 Система должна обеспечивать выполнение своего целевого назначения при следующих параметрах: погрешность определения координат персонала и техники в статических условиях — не более 10 м (средняя), не более 15 м (максимальная); в динамических условиях — не более 15 м (средняя), не более 25 м (максимальная); время обновления координат: персонал — не более 5 с, техника — не более 3 с; время реакции на тревожное событие — не более 1 с; время автономной работы носимых устройств — не менее 12 часов.
- 4.1.3.2 Критерием достижения показателей назначения является подтверждение указанных параметров в ходе опытно-промышленных испытаний в соответствии с утверждённой Программой и методикой испытаний.
- 4.1.4 Требования к надёжности
- 4.1.4.1 Система должна обеспечивать коэффициент готовности не менее 0,98 и сохранность данных при отказах и потере питания.
- 4.1.4.2 Нормируемые аварийные ситуации: потеря связи с сервером; отказ носимого устройства; отказ инфраструктурного узла; потеря электропитания.
- 4.1.4.3 Программное обеспечение должно обеспечивать автоматическое восстановление работоспособности без потери данных.
- 4.1.5 Требования по безопасности
- 4.1.5.1 Оборудование системы должно соответствовать требованиям промышленной безопасности Республики Казахстан и требованиям взрывозащиты для подземных горных выработок.
- 4.1.5.2 Используемые технические средства должны иметь исполнение, допускающее эксплуатацию во взрывоопасных зонах.
- 4.1.6 Требования к эргономике и технической эстетике
- 4.1.6.1 Интерфейсы системы должны быть интуитивно понятными, с поддержкой русского языка.
- 4.1.6.2 Носимые устройства не должны ограничивать подвижность работника и создавать дополнительную опасность.
- 4.1.7 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию и хранению
- 4.1.7.1 Система должна обеспечивать эксплуатацию в круглосуточном режиме без остановки производственных процессов.
- 4.1.7.2 Гарантийный срок на оборудование и программное обеспечение — не менее 24 месяцев, рекомендуемый — 36 месяцев.
- 4.1.7.3 Должны быть предусмотрены требования к постгарантийному обслуживанию.
- 4.1.8 Требования к защите информации
- 4.1.8.1 Система должна обеспечивать защиту информации от несанкционированного доступа в соответствии с НТД Республики Казахстан.
- 4.1.8.2 Должна быть обеспечена сохранность информации при авариях и потере питания.
- 4.1.9 Требования к патентной чистоте
- 4.1.9.1 Должна быть обеспечена патентная чистота системы на территории Республики Казахстан и стран ЕАЭС.

#### 4.1.10 Требования к стандартизации и унификации

4.1.10.1 При разработке системы должны использоваться стандартизированные протоколы связи, унифицированные аппаратные и программные компоненты.

#### 4.1.11 Дополнительные требования

4.1.11.1 В рамках НИОКР должна быть разработана Программа и методика испытаний, утверждаемая Заказчиком.

4.1.11.2 Система должна рассматриваться как объект научных исследований с обязательной регистрацией результатов.

#### 4.1.12 Требования к потенциальному исполнителю

4.1.12.1 Потенциальный исполнитель должен являться юридическим лицом Республики Казахстан, имеющим подтвержденный статус научной или научно-технической организации, аккредитованной в установленном порядке на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области цифровизации, промышленной безопасности, автоматизированных систем управления и горных технологий.

4.1.12.2 Исполнитель обязан обладать документально подтвержденным опытом реализации аналогичных проектов, связанных с разработкой и внедрением цифровых систем мониторинга, позиционирования персонала и техники, интеллектуальных систем промышленной безопасности, цифровых двойников производственных объектов либо автоматизированных систем диспетчеризации в горнодобывающей или промышленной отрасли.

4.1.12.3 Опыт должен подтверждаться договорами НИОКР, актами выполненных работ, научно-техническими отчётами, публикациями, патентами, а также положительными отзывами заказчиков.

4.1.12.4 Исполнитель должен обладать собственной подтвержденной компетенцией в области разработки программного обеспечения промышленного уровня с архитектурой распределённых систем, создания алгоритмов позиционирования и обработки пространственных данных, проектирования и внедрения систем в сложных геометрических и взрывоопасных условиях подземных горных выработок, проведения опытно-промышленных испытаний и экспериментальной верификации измеримых КРІ, оформления результатов интеллектуальной деятельности и сопровождения патентных процедур, а также подготовки научных публикаций в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus.

4.1.12.5 В составе Исполнителя должны быть специалисты с высшим техническим образованием в области горного дела, автоматизации, телекоммуникаций, информационных технологий или промышленной безопасности, включая не менее одного специалиста с учёной степенью PhD или кандидата наук по профильному направлению.

4.1.12.6 Исполнитель должен обладать собственной материально-технической базой, включающей серверную инфраструктуру, лабораторное оборудование для предварительных испытаний, средства моделирования и анализа распространения сигналов в замкнутых средах, а также штат квалифицированных инженеров и программистов, обеспечивающих полный цикл разработки и сопровождения системы.

4.1.12.7 Исполнитель должен иметь подтвержденный опыт работы с недропользователями Республики Казахстан, знание требований законодательства в области промышленной безопасности, охраны труда, защиты информации и взрывозащищённого оборудования, а также опыт регистрации научных отчетов в АО «НЦГНТЭ».

4.1.12.8 Исполнитель обязан обеспечить регистрацию проекта в качестве НИОКР в установленном порядке, подготовку научно-технического отчёта с последующей регистрацией, подготовку и подачу не менее двух научных публикаций в международные рецензируемые издания, а также подготовку и подачу заявки на патент по результатам интеллектуальной деятельности.

4.1.12.9 Исполнитель должен обладать устойчивым финансовым состоянием, достаточным кадровым потенциалом и организационной структурой, позволяющими обеспечить выполнение проекта в установленный срок не более 12 месяцев с гарантией достижения установленных в настоящем ТЗ измеримых показателей эффективности.

#### 4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым системой

##### 4.2.1 Общие положения

Система должна обеспечивать автоматизацию функций мониторинга, позиционирования, анализа и реагирования на опасные и аварийные события при ведении подземных горных работ, а также выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Функции системы реализуются в рамках функциональных подсистем, вводимых в эксплуатацию в одну очередь в составе опытно-промышленной эксплуатации. Возможность поэтапного расширения функционала предусматривается архитектурой системы.

##### 4.2.2 Перечень функциональных подсистем и выполняемых функций

###### 4.2.2.1 Подсистема позиционирования персонала

###### Функции:

– автоматическое определение координат подземного персонала в режиме реального времени;

- отображение местоположения персонала на цифровой карте подземных выработок;
- фиксация истории перемещений персонала;
- определение нахождения персонала в разрешённых и запрещённых зонах;
- формирование тревожных событий при нарушении зон допуска.

Временной регламент. Период обновления координат — не более 5 секунд.

###### Требования к качеству:

– средняя погрешность позиционирования — не более 10 м (статически), не более 15 м (динамически);

- достоверность определения местоположения — не менее 95 %;
- форма представления выходной информации — графическая (карта) и табличная.

###### Критерии отказа функции:

- отсутствие обновления координат более 15 секунд;
- потеря достоверности данных ниже установленного порога;
- невозможность отображения персонала на цифровой карте.

###### 4.2.2.2 Подсистема позиционирования подземной техники

###### Функции:

- автоматическое определение координат подземной самоходной техники;
- отображение техники на цифровой карте;
- регистрация маршрутов и времени работы техники.

Временной регламент. Период обновления координат — не более 3 секунд.

###### Требования к качеству:

- средняя погрешность позиционирования — не более 15 м;
- непрерывность мониторинга при штатной работе;
- форма представления информации — графическая и табличная.

###### Критерии отказа функции:

- отсутствие обновления координат более 10 секунд;
- потеря связи с бортовым модулем без восстановления;
- некорректное отображение положения техники.

###### 4.2.2.3 Подсистема мониторинга тревожных и аварийных событий

###### Функции:

- приём и обработка сигналов SOS от персонала;
- фиксация превышений допустимых параметров газовой и производственной среды;
- формирование аварийных и предаварийных уведомлений;
- передача информации в диспетчерскую службу.

Временной регламент. Время реакции системы на тревожное событие — не более 1 секунды.

Требования к качеству:

- достоверность формирования тревожных событий — не менее 99 %;
- одновременная обработка не менее 100 тревожных событий без деградации производительности;

– форма представления информации — визуальная, звуковая и текстовая.

Критерии отказа функции:

- задержка формирования тревоги более допустимого времени;
- потеря тревожного события;
- некорректная классификация события.

#### 4.2.2.4 Подсистема диспетчеризации и визуализации

Функции:

- визуализация текущей ситуации в подземных выработках;
- отображение персонала, техники и тревожных событий;
- поддержка действий диспетчера при авариях и ПЛА.

Временной регламент. Задержка отображения данных — не более 2 секунд.

Требования к качеству:

- одновременная работа не менее 10 операторов;
- непрерывность отображения данных в режиме 24/7;
- форма представления — интерактивная цифровая карта и панели мониторинга.

Критерии отказа функции:

- недоступность интерфейса диспетчера;
- несоответствие отображаемых данных фактическим;
- потеря визуализации тревожных событий.

#### 4.2.2.5 Подсистема хранения и анализа данных

Функции:

- долговременное хранение данных о перемещениях персонала и техники;
- формирование отчётов и аналитических выборок;
- предоставление данных для НИОКР и управленческих решений.

Временной регламент. Формирование стандартных отчётов — не более 30 секунд.

Требования к качеству:

- сохранность данных — 100 %;
- целостность и воспроизводимость архивной информации;
- форма представления — отчёты, таблицы, графики.

Критерии отказа функции:

- утрата или искажение данных;
- невозможность формирования отчётов;
- некорректная работа аналитических функций.

#### 4.2.3 Требования к одновременности и согласованности функций

Система должна обеспечивать одновременное выполнение всех функциональных подсистем без взаимного влияния на временные и качественные показатели, включая:

- одновременное позиционирование персонала и техники;
- одновременную обработку тревожных событий;
- параллельную визуализацию и запись данных.

#### 4.2.4 Требования к надёжности выполнения функций

Для каждой функции должны быть обеспечены:

- автоматическое восстановление после сбоев;
- регистрация отказов и событий;
- сохранность данных при отказах и потере электропитания.

### 4.3 Требования к видам обеспечения системы

#### 4.3.1 Требования к математическому обеспечению

4.3.1.1. Математическое обеспечение системы должно включать совокупность математических моделей, алгоритмов и методов обработки данных, обеспечивающих выполнение функций позиционирования, мониторинга, анализа и прогнозирования параметров промышленной безопасности в подземных горных выработках.

4.3.1.2. В системе должны применяться следующие математические методы и модели:

– алгоритмы пространственного позиционирования в замкнутых и протяжённых подземных средах;

– методы фильтрации и сглаживания координат (в том числе для компенсации шумов и «теневых зон»);

– вероятностные и статистические методы оценки достоверности данных;

– модели обнаружения аномалий и предаварийных состояний;

– методы временного анализа и корреляции событий.

4.3.1.3. Математические модели должны обеспечивать работоспособность системы при статическом положении объекта; динамическом движении персонала и техники; обрывах связи и автономных режимах.

4.3.1.4. В рамках НИОКР допускается разработка, адаптация и экспериментальная проверка собственных алгоритмов, а также использование типовых математических методов с последующей научной оценкой их применимости и точности.

4.3.2 Требования к информационному обеспечению

4.3.2.1. Информационное обеспечение системы должно обеспечивать формирование, хранение, обработку и передачу следующих категорий данных:

– данные позиционирования персонала и подземной техники;

– данные о состоянии носимых устройств и инфраструктурных компонентов;

– биометрические данные персонала;

– данные газового мониторинга и параметров среды;

– тревожные, аварийные и предаварийные события;

– аналитические и отчётные данные.

4.3.2.2. Данные в системе должны быть организованы в виде структурированных баз данных с разграничением прав доступа.

4.3.2.3. Информационный обмен между компонентами системы должен осуществляться автоматически по защищённым цифровым каналам связи.

4.3.2.4. Система должна обеспечивать информационную совместимость со смежными системами предприятия (диспетчерские системы, системы промышленной безопасности, ПЛА) посредством стандартных интерфейсов и форматов обмена данными.

4.3.2.5. Для управления данными должны применяться промышленные системы управления базами данных, обеспечивающие надёжное хранение данных; резервное копирование; восстановление данных при сбоях и потере питания.

4.3.2.6. Должна быть обеспечена защита данных от разрушения при авариях, отказах оборудования и обрывах электропитания.

4.3.2.7. Контроль, хранение, обновление и восстановление данных должны регламентироваться эксплуатационной документацией.

4.3.2.8. Документы и отчёты, формируемые системой, должны иметь юридическую значимость в соответствии с требованиями ГОСТ 6.10.4 и внутренними регламентами Заказчика.

4.3.3 Требования к лингвистическому обеспечению

4.3.3.1. В системе должны применяться современные языки программирования высокого уровня, обеспечивающие надёжность, расширяемость и сопровождаемость программных средств.

4.3.3.2. Языки взаимодействия пользователей с системой — русский (обязательный), при необходимости допускается поддержка казахского языка.

4.3.3.3. Кодирование и декодирование данных должны обеспечивать корректную обработку кириллических символов.

4.3.3.4. Диалоговые интерфейсы должны быть ориентированы на работу диспетчерского и инженерно-технического персонала в условиях повышенной ответственности.

#### 4.3.4 Требования к программному обеспечению

4.3.4.1. Программное обеспечение системы может включать как разрабатываемые, так и покупные программные средства, адаптированные для условий подземных горных работ.

4.3.4.2. Программное обеспечение должно быть максимально независимым от конкретных типов аппаратных средств и операционных систем.

4.3.4.3. Требования к качеству программного обеспечения отказоустойчивость; автоматическое восстановление после сбоев; защита от несанкционированного доступа; ведение журналов событий и ошибок.

4.3.4.4. Контроль качества программных средств должен осуществляться путём функционального, нагрузочного и интеграционного тестирования.

4.3.4.5. Разрабатываемые программные средства подлежат учёту и согласованию в составе фондов алгоритмов и программ Исполнителя.

#### 4.3.5 Требования к техническому обеспечению

4.3.5.1. В системе допускается использование следующих видов технических средств:

- носимые интеллектуальные устройства персонала;
- бортовые модули подземной техники;
- стационарные датчики, антенны и ретрансляторы;
- шлюзы и коммуникационные концентраторы;
- серверное и сетевое оборудование.

4.3.5.2. Технические средства должны соответствовать следующим измеримым параметрам: время автономной работы носимых устройств — не менее 12 часов; время отклика системы на тревожное событие — не более 1 секунды; устойчивость работы при обрыве связи с центральным сервером; сохранность данных при потере электропитания.

4.3.5.3. Оборудование, применяемое в подземных горных выработках, должно иметь исполнение, соответствующее требованиям взрывозащиты, действующим в Республике Казахстан.

4.3.5.4. Гарантийный срок на оборудование и программное обеспечение не менее 24 месяцев, с обязательным постгарантийным сопровождением.

#### 4.3.6 Требования к метрологическому обеспечению

4.3.6.1. В системе подлежат метрологическому обеспечению следующие измерительные каналы:

- каналы позиционирования персонала;
- каналы позиционирования подземной техники;
- каналы биометрического мониторинга;
- каналы газового мониторинга.

4.3.6.2. Требования к точности измерений:

- погрешность позиционирования в соответствии с требованиями раздела 4.2;
- погрешности измерения параметров газовой среды — в пределах нормативных требований РК.

4.3.6.3. Измерительные каналы должны быть метрологически совместимы.

4.3.6.4. Вид метрологической аттестации — ведомственная, с возможностью государственной аттестации при необходимости.

#### 4.3.7 Требования к организационному обеспечению

4.3.7.1. Должны быть определены подразделения Заказчика, ответственные за эксплуатацию системы.

4.3.7.2. Должен быть установлен порядок взаимодействия:

- диспетчерской службы;
- служб промышленной безопасности;
- инженерно-технического персонала;

– служб ЧС и ВГСО.

4.3.7.3. Система должна обеспечивать защиту от ошибочных действий персонала путём ограничений доступа и предупреждений.

4.3.8 Требования к методическому обеспечению

4.3.8.1. В составе методического обеспечения должны быть разработаны:

- Программа и методика испытаний (ПМИ);
- методики эксплуатации системы;
- методики анализа данных и оценки эффективности.

4.3.8.2. ПМИ подлежит обязательному утверждению Заказчиком.

## 5. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ (РАЗВИТИЮ) СИСТЕМЫ

### 5.1 Общие положения

Работы по созданию цифровой системы мониторинга и позиционирования персонала и подземной самоходной техники выполняются в формате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в соответствии с требованиями ГОСТ 34.601, ГОСТ 34.602-89 и ГОСТ 34.201.

Создание системы осуществляется по стадийно-этапной модели, обеспечивающей прослеживаемость результатов, наличие формализованных выходных документов и однозначность приёмки на каждом этапе. Все этапы НИОКР имеют измеримые показатели достижения (KPI), подтверждаемые документально и результатами испытаний.

Общий срок выполнения работ составляет 12 месяцев (март 2026 г. - март 2027 г.). Ответственным за выполнение работ является Разработчик, при контрольной, экспертной и приёмочной функции Заказчика.

### 5.2 Стадии и этапы работ по созданию системы

5.2.1 Этап 1. Научно-аналитическая подготовка и сбор исходных данных. На данном этапе выполняются работы по сбору, систематизации и анализу исходных данных об объекте автоматизации, включая геометрию подземных горных выработок, условия эксплуатации, численность персонала, состав подземной техники и характеристики производственной среды. Проводится анализ зон стандартных условий и зон повышенной опасности, формируется цифровая база исходных данных.

KPI этапа: полнота исходных данных - 100 %; подтверждённая пригодность данных для проектирования. Результаты: аналитический отчёт; цифровая база исходных данных.

5.2.2 Этап 2. Научно-исследовательские работы и патентно-аналитическое обоснование. На этапе выполняется патентный поиск и анализ мировых аналогов, исследование технологий позиционирования и передачи данных в подземных условиях, моделирование распространения сигналов и оценка применимости технологий. Формируется научно обоснованная архитектура системы.

KPI этапа: наличие патентного отчёта; обоснованная архитектура, подтверждённая моделированием. Результаты: отчёт о патентном поиске; научно-аналитический отчёт; описание архитектуры системы.

5.2.3 Этап 3. Проектирование системы. Этап включает разработку проектных и программно-технических решений, формирование структуры системы и подсистем, разработку схем размещения оборудования и его распределения по площадкам месторождений «Келиншектау» и «Жолбарысты», подготовку спецификаций технических средств.

KPI этапа: утверждённая проектная документация; отсутствие замечаний, препятствующих внедрению. Результаты: комплект проектной документации; перечень и распределение оборудования по площадкам.

5.2.4 Этап 4. Подготовка и лабораторная апробация. На этапе осуществляется поставка и настройка оборудования, лабораторные и стендовые испытания аппаратных и

программных компонентов, проверка соответствия требованиям промышленной безопасности и взрывозащиты.

КРІ этапа: подтверждение работоспособности оборудования; отсутствие критических отказов. Результаты: отчёт о лабораторных испытаниях; протоколы проверки безопасности.

5.2.5 Этап 5. Монтаж и внедрение на пилотных участках. Выполняется монтаж инфраструктурных элементов, развертывание серверного и прикладного программного обеспечения, подключение носимых устройств персонала и бортовых модулей техники на пилотных участках. КРІ этапа: готовность системы к испытаниям — 100 %. Результаты: акт готовности пилотных участков; протоколы первичных проверок.

5.2.6 Этап 6. Опытно-промышленные испытания. Проводятся опытнo-промышленные испытания в соответствии с утверждённой Программой и методикой испытаний. Проверяются точность позиционирования, время обновления данных, автономность, отказоустойчивость, работа в аварийных режимах.

КРІ этапа:

– средняя погрешность позиционирования персонала  $\leq 10$  м (статически),  $\leq 15$  м (динамически);

– время реакции на тревожное событие  $\leq 1$  с;

– автономная работа носимых устройств  $\geq 12$  часов.

Результаты: протоколы испытаний; массив экспериментальных данных.

5.2.7 Этап 7. Доработка и интеграция. На этапе выполняется устранение выявленных замечаний, оптимизация алгоритмов, интеграция системы с процессами промышленной безопасности и ПЛА.

КРІ этапа: отсутствие критических замечаний по результатам повторных проверок.

Результаты: доработанная версия системы; отчёт о доработке.

5.2.8 Этап 8. Обучение персонала

Проводится обучение диспетчерского и инженерно-технического персонала Заказчика, передаются методические материалы.

КРІ этапа: обучено не менее 90 % целевого персонала. Результаты: акты обучения; методические материалы.

5.2.9 Этап 9. Ввод в эксплуатацию и оценка КРІ. Осуществляется ввод системы в эксплуатацию и оценка достижения целевых показателей.

КРІ этапа: подтверждение достижения всех целевых показателей ТЗ. Результаты: акт ввода в эксплуатацию; отчёт о достижении КРІ.

5.2.10 Этап 10. Завершение НИОКР и оформление результатов. Подготавливается научно-технический отчёт, осуществляется его регистрация в АО «НЦГНТЭ», обеспечивается подготовка научных публикаций и подача заявки на патент, оформляется передача прав на РИД Заказчику.

КРІ этапа: регистрация НТО; подтверждение подачи патентной заявки.

Результаты: научно-технический отчёт; подтверждение регистрации; материалы по РИД.

5.3 Экспертиза документации, обеспечение надёжности и метрологическое обеспечение.

Экспертиза технической и научной документации, обеспечение надёжности и метрологическое обеспечение являются неотъемлемыми элементами работ по созданию и развитию системы и выполняются на всех ключевых стадиях жизненного цикла системы в рамках НИОКР.

Экспертиза технической, программной и научной документации проводится на стадиях проектирования системы, проведения опытнo-промышленных испытаний, а также по завершении выполнения научно-исследовательских и опытнo-конструкторских работ. Экспертизе подлежат проектные решения, программно-техническая документация, результаты испытаний, научно-технические отчёты и иные материалы, формируемые в ходе выполнения НИОКР. Объём экспертизы, перечень подлежащих рассмотрению документов,

этапы её проведения, а также перечень организаций, привлекаемых в качестве экспертов, определяются Программой и методикой испытаний и условиями договора на выполнение НИОКР.

Обеспечение надёжности системы осуществляется на всех этапах её создания и апробации. В рамках работ по обеспечению надёжности выполняются анализ потенциальных отказов и отказоустойчивости системы, проверка функционирования автономных режимов работы, оценка сохранности данных при аварийных ситуациях и потере электропитания, а также контроль выполнения установленных показателей надёжности, заданных настоящим техническим заданием.

Работы по метрологическому обеспечению выполняются на этапах проектирования, испытаний и опытно-промышленной эксплуатации системы. Метрологическое обеспечение включает формирование и уточнение перечня измерительных каналов, оценку точности измерений, проверку метрологической совместимости технических и программных средств, а также проведение ведомственной метрологической аттестации измерительных каналов и средств измерений в установленном порядке. Порядок, сроки и исполнители работ по метрологическому обеспечению определяются Программой и методикой испытаний и согласуются с Заказчиком.

## 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЁМКИ СИСТЕМЫ

### 6.1 Виды, состав, объём и методы испытаний системы

Контроль качества выполнения работ и подтверждение соответствия разрабатываемой цифровой системы мониторинга и позиционирования персонала и подземной техники требованиям настоящего технического задания осуществляется путём проведения комплекса испытаний системы и её составных частей. Испытания проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 34.601-90, ГОСТ 34.603-92, ГОСТ 34.602-89, а также с учётом отраслевых нормативных документов Республики Казахстан в области промышленной безопасности, охраны труда и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

В рамках проекта предусматриваются следующие виды испытаний:

Предварительные испытания, выполняемые на стадии завершения разработки и адаптации программно-аппаратных компонентов системы. Целью предварительных испытаний является проверка корректности функционирования отдельных подсистем, алгоритмов обработки данных, каналов связи, носимых устройств и инфраструктурных элементов в лабораторных и полевых условиях.

Опытно-промышленные испытания, проводимые непосредственно в условиях подземных горных выработок месторождений «Келиншектау» и «Жолбарысты». Данный вид испытаний является ключевым и направлен на экспериментальное подтверждение работоспособности, устойчивости и эффективности системы в реальных условиях эксплуатации, включая сложную геометрию выработок, повышенную влажность, запылённость, вибрации, протяжённые участки и зоны с ограниченной связью.

Приёмочные испытания, проводимые после завершения опытно-промышленной эксплуатации и до ввода системы в промышленную эксплуатацию. Приёмочные испытания подтверждают достижение всех установленных технических, функциональных и эксплуатационных показателей системы.

Объём испытаний включает проверку следующих параметров и характеристик:

- точность определения координат персонала и подземной техники в статических и динамических условиях, отдельно для стандартных зон и зон повышенной опасности;
- устойчивость и отказоустойчивость цифровых каналов связи при обрыве связи с центральным сервером и в автономных режимах работы;
- время обновления координат и время реакции системы на тревожные и аварийные события;
- автономность носимых устройств, датчиков и узловых компонентов;

- корректность формирования тревожных событий, сигналов SOS и сценариев поддержки ПЛА;
- сохранность, целостность и воспроизводимость цифровых данных при отказах оборудования и потере электропитания;
- соответствие оборудования требованиям взрывозащиты и промышленной безопасности для эксплуатации в подземных горных выработках.

Методы испытаний включают инструментальные измерения, натурные эксперименты, имитацию аварийных и предаварийных сценариев, анализ журналов событий, сравнение фактических показателей с установленными нормативными значениями, а также статистическую обработку результатов.

Для проведения испытаний в рамках НИОКР Исполнителем в обязательном порядке разрабатывается Программа и методика испытаний, подлежащая согласованию и утверждению Заказчиком до начала опытно-промышленных испытаний (таблица 2).

Таблица 2 - КРП, подлежащие подтверждению в ходе испытаний и приёмки системы

№	Группа показателей	Наименование показателя	Нормативное значение	Метод контроля	Этап подтверждения
1	Точность позиционирования	Средняя погрешность определения координат персонала (статические условия)	$\leq 10$ м	Инструментальные измерения, сопоставление с контрольными точками	Опытно-промышленные, приёмочные
2	Точность позиционирования	Максимальная погрешность определения координат персонала (статические условия)	$\leq 15$ м	Инструментальные измерения	Опытно-промышленные
3	Точность позиционирования	Средняя погрешность определения координат персонала (динамические условия)	$\leq 15$ м	Траекторный анализ, лог-файлы	Опытно-промышленные
4	Точность позиционирования	Максимальная погрешность определения координат персонала (динамические условия)	$\leq 25$ м	Инструментальные измерения	Опытно-промышленные
5	Точность позиционирования	Средняя погрешность определения координат подземной техники	$\leq 15$ м	Сопоставление маршрутов движения	Опытно-промышленные

6	Временные характеристики	Период обновления координат персонала	$\leq 5$ с	Анализ журналов системы	Предварительные ОПИ
7	Временные характеристики	Период обновления координат подземной техники	$\leq 3$ с	Анализ журналов системы	Предварительные ОПИ
8	Реакция системы	Время реакции системы на тревожное событие (SOS, авария)	$\leq 1$ с	Имитация тревожных сценариев	ОПИ, приёмочные
9	Производительность	Количество одновременно отслеживаемых объектов (персонал + техника)	$\geq$ проектного значения Заказчика	Нагрузочные испытания	ОПИ
10	Надёжность	Коэффициент готовности системы	$\geq 0,98$	Статистический анализ отказов	Приёмочные
11	Надёжность	Потеря данных при отказах и потере питания	Не допускается	Контроль целостности БД	ОПИ
12	Автономность	Время автономной работы носимых устройств	$\geq 12$ ч	Контроль разряда аккумуляторов	ОПИ
13	Устойчивость	Работа системы при обрыве связи с центральным сервером	Сохранение функций локального уровня	Имитация отказа связи	ОПИ
14	Функциональность	Корректность формирования тревожных и аварийных событий	$\geq 99$ % достоверности	Анализ сценариев ПЛА	ОПИ
15	Эксплуатация	Непрерывность работы системы	24/7 без критических отказов	Журналы эксплуатации	ОПИ

16	Безопасность	Соответствие требованиям промышленной безопасности и взрывозащиты	Обязательное соответствие	Проверка сертификатов	Приёмочные
17	Информационная безопасность	Сохранность информации при авариях	Полная сохранность	Тесты восстановления	Приёмочные
18	Аналитика	Формирование отчётов и архивов данных	Без искажений	Контроль отчётности	Приёмочные
19	НИОКР	Подготовка научно-технического отчёта	Обязательное	Экспертиза отчёта	Завершение НИОКР
20	НИОКР	Подготовка публикаций и патентного отчёта	В объёме ТЗ	Документальный контроль	Завершение НИОКР

## 6.2 Общие требования к приёмке работ и порядок утверждения приёмочной документации

Приёмка результатов работ осуществляется поэтапно в соответствии со стадиями и этапами создания системы, установленными настоящим техническим заданием и ГОСТ 34.601-90. Приёмка работ по каждому этапу осуществляется комиссией с участием представителей Заказчика, Исполнителя, а также при необходимости представителей служб промышленной безопасности, охраны труда и уполномоченных подразделений предприятия.

Местом проведения приёмки являются:

- производственные площадки месторождений «Келиншектау» и «Жолбарысты» для этапов, связанных с монтажом, испытаниями и опытно-промышленной эксплуатацией;
- диспетчерские и служебные помещения Заказчика для проверки серверной части, программно-аналитической платформы и интерфейсов пользователей.

Сроки проведения приёмочных мероприятий устанавливаются календарным планом выполнения работ и охватывают весь период реализации проекта продолжительностью 12 месяцев (март 2026–март 2027гг.).

По результатам каждого этапа Исполнитель обязан представить комплект отчётных и приёмочных документов, включая:

- отчёты о выполненных работах;
- протоколы испытаний;
- акты опытно-промышленной эксплуатации;
- заключения о достижении установленных КРІ и показателей эффективности;
- обновлённую техническую и эксплуатационную документацию.

Приёмка системы в целом осуществляется на основании результатов приёмочных испытаний и подтверждения достижения всех количественных и качественных показателей, установленных в ТЗ, включая точность позиционирования, время отклика, автономность, устойчивость каналов связи и соответствие требованиям промышленной безопасности.

Результаты приёмки оформляются Актом приёмки системы, который является основанием для ввода системы в промышленную эксплуатацию и завершения НИОКР.

Приёмочная документация подлежит согласованию и утверждению Заказчиком в установленном порядке. Все спорные вопросы, выявленные в ходе приёмки, подлежат устранению Исполнителем в согласованные сроки с повторным подтверждением соответствия.

## 7. ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ К ВВОДУ СИСТЕМЫ В ДЕЙСТВИЕ

Подготовка объекта автоматизации к вводу цифровой системы мониторинга и позиционирования персонала и подземной техники в действие является обязательной стадией реализации проекта и осуществляется в целях обеспечения соответствия условий эксплуатации требованиям настоящего технического задания, нормативных документов Республики Казахстан в области промышленной безопасности, а также условиям проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Работы по подготовке объекта автоматизации выполняются Заказчиком при методическом и техническом сопровождении Исполнителя и включают комплекс организационных, технических, информационных и кадровых мероприятий.

7.1 Приведение информации, поступающей в систему, к виду, пригодному для автоматизированной обработки

До ввода системы в действие Заказчик обязан обеспечить подготовку и актуализацию исходной информации, используемой системой, в цифровом виде и форматах, пригодных для машинной обработки.

В рамках подготовки должны быть выполнены следующие мероприятия:

- оцифровка и актуализация планов подземных горных выработок, включая штольни, орты, уклоны, горизонты, вентиляционные и транспортные выработки;
- формирование цифровых слоёв зон эксплуатации с классификацией на зоны стандартных условий и зоны повышенной опасности;
- присвоение уникальных идентификаторов персоналу, подземной технике и носимым устройствам;
- подготовка справочников, классификаторов и нормативных параметров, используемых системой (зоны допуска, пороговые значения тревог, маршруты перемещения).

Форматы представления данных и структура цифровых карт должны соответствовать требованиям к информационному и лингвистическому обеспечению системы и Программе и методике испытаний.

7.2 Изменения, подлежащие выполнению на объекте автоматизации

Для обеспечения функционирования системы Заказчик обязан обеспечить внесение необходимых изменений в объект автоматизации, не затрагивающих технологический процесс добычи, но обеспечивающих условия для развертывания цифровой инфраструктуры.

К таким изменениям относятся:

- выделение и подготовка мест установки стационарных датчиков, антенн, ретрансляторов и шлюзов;
- обеспечение условий для прокладки кабельных линий и размещения элементов беспроводной сети;
- подготовка помещений для размещения серверного оборудования и рабочих мест диспетчерской службы;
- определение и утверждение пилотных участков внедрения на месторождениях «Келиншектау» и «Жолбарысты» с указанием конкретных горизонтов и выработок.

Перечень пилотных участков подлежит обязательному утверждению до начала опытно-промышленных испытаний.

7.3 Создание условий функционирования объекта автоматизации

Заказчик обязан обеспечить условия эксплуатации, при которых гарантируется достижение системой показателей, установленных настоящим ТЗ.

К таким условиям относятся:

- обеспечение стабильного электропитания элементов системы;
- соблюдение требований промышленной безопасности и взрывозащиты;
- регламентированный доступ к зонам размещения оборудования;
- возможность проведения опытно-промышленных испытаний, включая отработку аварийных и предаварийных сценариев в рамках ПЛА.

Система должна обеспечивать корректную работу в автономных режимах при временном нарушении условий эксплуатации с последующим восстановлением целостности данных.

#### 7.4 Создание и (или) определение подразделений и служб, обеспечивающих функционирование системы

Заказчик обязан определить организационные подразделения, ответственные за функционирование системы, включая:

- диспетчерскую службу;
- службу промышленной безопасности и охраны труда;
- техническую службу сопровождения системы;
- ответственных за взаимодействие со службами ЧС и ВГСО.

Функции и зоны ответственности указанных подразделений закрепляются внутренними распорядительными документами Заказчика.

#### 7.5 Комплектование штатов и обучение персонала

До ввода системы в действие Заказчик совместно с Исполнителем обязан обеспечить комплектование штатов и обучение персонала. Обучение включает:

- подготовку диспетчеров по работе с интерфейсами мониторинга и тревожных событий;
- обучение инженерно-технического персонала основам эксплуатации и диагностики системы;
- проведение практических тренировок по сценариям аварийных ситуаций;
- инструктаж персонала по использованию носимых устройств.

Результаты обучения оформляются протоколами и являются обязательным условием допуска к эксплуатации системы.

#### 7.6 Изменения методов управления и производственного контроля

В рамках внедрения системы Заказчик обеспечивает адаптацию методов оперативного управления и производственного контроля с использованием цифровых данных системы. Данные системы используются:

- в диспетчерском управлении;
- при реализации мероприятий ПЛА;
- в анализе инцидентов и нарушений;
- в научно-исследовательской и аналитической деятельности в рамках НИОКР.

### 8. ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ

#### 8.1 Общие требования к составу документации

В рамках выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию цифровой системы мониторинга и позиционирования персонала и подземной техники Исполнитель обязан обеспечить разработку, оформление, согласование и передачу Заказчику полного комплекта документации, соответствующего требованиям ГОСТ 34.201, ГОСТ 34.602-89, ГОСТ 34.015-2002, а также нормативно-техническим документам отрасли Заказчика и действующему законодательству Республики Казахстан.

Состав и содержание документации должны обеспечивать: возможность однозначной приёмки результатов НИОКР; воспроизводимость результатов опытно-промышленных испытаний; промышленную эксплуатацию системы; правовую защиту результатов интеллектуальной деятельности; подтверждение научной составляющей проекта.

Перечень документации подлежит предварительному согласованию с Заказчиком и утверждается в составе Технического задания и календарного плана НИОКР.

## 8.2 Перечень документации по ГОСТ 34.201

По завершении соответствующих стадий и этапов работ Исполнитель обязан представить следующие комплекты документов.

На стадии технического проекта и опытно-промышленной эксплуатации:

- техническое задание (уточнённая редакция с учётом результатов НИОКР);
- описание архитектуры системы;
- описание функциональных подсистем;
- описание алгоритмов позиционирования и обработки данных;
- описание программного обеспечения;
- спецификации оборудования с указанием измеримых параметров;
- схемы размещения оборудования по площадкам м/р «Келиншектау» и м/р «Жолбарысты».

На стадии испытаний и приёмки:

- Программа и методика испытаний (ПМИ), утверждённая Заказчиком;
- протоколы лабораторных испытаний;
- протоколы опытно-промышленных испытаний;
- отчёты о проверке точности позиционирования в статических и динамических условиях;
- отчёты о проверке устойчивости работы при обрыве связи с центральным сервером;
- отчёты по отказоустойчивости и сохранности данных.

На стадии завершения НИОКР:

- научно-технический отчёт по НИОКР;
- отчёт о патентном поиске и анализе мировых аналогов;
- материалы по публикационной активности;
- комплект документов по результатам интеллектуальной деятельности.

## 8.3 Требования к оформлению и регистрации отчётной документации по НИОКР

8.3.1 Отчёт о выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по настоящему Техническому заданию должен быть оформлен в полном соответствии с требованиями ГОСТ 7.32–2017 «Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

8.3.2 Структура отчёта должна включать обязательные элементы, предусмотренные ГОСТ 7.32–2017, в том числе титульный лист установленной формы, задание на НИР, реферат, содержание, перечень обозначений и сокращений, введение, основную часть с изложением целей, задач, методологии, хода выполнения и результатов работ, заключение, список использованных источников и приложения.

8.3.3 Отчёт должен содержать обоснование актуальности и научной новизны выполненных работ, описание применённых методов, моделей и алгоритмов, результаты опытно-промышленных испытаний с подтверждением достижения установленных в ТЗ измеримых КРІ, анализ надёжности и устойчивости функционирования системы, оценку ожидаемой технико-экономической эффективности, оценку научно-технического уровня и степени готовности технологии (TRL), сведения о полученных результатах интеллектуальной деятельности, а также сведения о подготовленных и опубликованных научных статьях.

8.3.4 Оформление отчёта должно строго соответствовать требованиям ГОСТ 7.32–2017 в части структуры разделов, нумерации, оформления таблиц, рисунков и формул, оформления ссылок и списка литературы, а также оформления приложений.

8.3.5 Отчёт представляется Заказчику в печатном виде в двух экземплярах и в электронном виде в форматах PDF или DOCX. Электронная версия должна полностью соответствовать печатной версии по содержанию и структуре.

8.3.6 Итоговый научно-технический отчёт подлежит обязательной регистрации в АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы» в установленном

порядке. Исполнитель обязан обеспечить подготовку полного комплекта регистрационных материалов, их подачу, сопровождение процедуры регистрации и получение подтверждающих документов о постановке отчёта на государственный учёт НИОКР.

8.3.7 Потенциальный исполнитель должен обладать подтверждённым опытом регистрации НИОКР и отчётной документации в АО «НЦГНТЭ», включая подготовку реферативных форм, регистрационных карт и сопроводительных материалов в соответствии с действующими требованиями национальной системы учёта научно-исследовательских работ.

#### 8.4 Требования к документированию программных и аппаратных компонентов

Документирование программных средств, алгоритмов и программно-аппаратных комплексов межотраслевого применения должно выполняться в соответствии с требованиями ЕСПД и ЕСКД, включая: описание программных интерфейсов (API); руководство администратора; руководство пользователя; описание форматов данных; описание механизмов резервного копирования и восстановления; описание мер по информационной безопасности.

Для компонентов, в отношении которых отсутствуют прямые государственные стандарты документирования, Исполнитель обязан разработать документы, содержащие: назначение и область применения компонента; функциональные и технические характеристики; условия эксплуатации в подземных выработках; ограничения и предельные режимы работы; требования по безопасности и взрывозащите.

#### 8.5 Документирование научно-исследовательской составляющей

В целях устранения формального характера НИОКР Исполнитель обязан обеспечить документирование научной составляющей проекта в следующем объёме:

– Отчёт о патентном поиске, включающий анализ охранных документов и мировых аналогов; выявление прототипов; оценку уровня новизны разрабатываемых решений; выводы о патентной чистоте и целесообразности правовой охраны.

– Научно-технический отчёт, содержащий: методологию исследований; описание экспериментальных установок и условий испытаний; количественные результаты измерений; анализ точности, устойчивости и масштабируемости системы; выводы и рекомендации по дальнейшему развитию.

– Публикационная документация, подтверждающая: подготовку и подачу не менее двух научных статей в рецензируемые журналы, индексируемые в Web of Science (Q1–Q4) и (или) Scopus с CiteScore  $\geq 35$ ; подготовку не менее одной статьи в изданиях, рекомендованных КОКНВО МНВО РК.

#### 8.6 Документирование результатов интеллектуальной деятельности

Исполнитель обязан обеспечить оформление документации по РИД, созданным в ходе выполнения НИОКР, включая: программное обеспечение; алгоритмы позиционирования и аналитики; архитектурные и технические решения; методики испытаний и обработки данных.

В состав документации должны входить материалы для подачи заявки на патент (изобретение и/или полезная модель); документы, определяющие объём и границы правовой охраны; документы, регламентирующие передачу исключительных прав Заказчику.

Порядок распределения, передачи и использования прав на РИД определяется договором на выполнение НИОКР и должен быть однозначно отражён в итоговой документации.

## 8.7 Требования к качеству и проверяемости документации

Вся документация должна содержать измеримые и проверяемые показатели; исключать формулировки типа «не хуже», «как правило», «достаточный уровень»; обеспечивать однозначность критериев приёмки; быть согласованной между собой по терминам, параметрам и обозначениям. Документация является неотъемлемой частью результатов работ и подлежит приёмке Заказчиком наравне с программно-аппаратными компонентами системы.

## 9. ИСТОЧНИКИ РАЗРАБОТКИ

Настоящее техническое задание разработано на основании следующих нормативных и методических документов

1. ГОСТ 34.602–89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы».
2. ГОСТ 34.601–90 «Автоматизированные системы. Стадии создания».
3. ГОСТ 34.201–89 «Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем».
4. ГОСТ 34.603–92 «Автоматизированные системы. Испытания».
5. ГОСТ 34.015–2002 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы».
6. Нормативно-технические документы Республики Казахстан в области промышленной безопасности, охраны труда и предупреждения чрезвычайных ситуаций при ведении подземных горных работ.
7. Отраслевые нормативные документы и внутренние регламенты Заказчика, регулирующие производственный контроль, диспетчерское управление и реализацию планов ликвидации аварий (ПЛА).

Требования к ожидаемой эффективности создаваемой системы

А.1 Общие положения

Создаваемая цифровая система мониторинга и позиционирования персонала и подземной самоходной техники должна обеспечивать достижение ожидаемой эффективности в области промышленной безопасности, оперативного управления и производственно-экономических показателей при ведении подземных горных работ.

Ожидаемая эффективность системы устанавливается в виде минимально допустимых требований, подлежащих подтверждению в ходе опытно-промышленных и приёмочных испытаний. Недостижение установленных требований рассматривается как невыполнение условий технического задания.

А.2 Требования к эффективности в области промышленной безопасности

В результате внедрения системы должны быть обеспечены следующие показатели эффективности в области промышленной безопасности:

время определения местонахождения персонала при аварийных и предаварийных ситуациях — не более 2 минут с момента возникновения события;

время реакции системы на тревожное событие (SOS, аварийный сигнал, превышение пороговых параметров) — не более 1 секунды;

доля аварийных и предаварийных ситуаций, при которых местоположение персонала определяется однозначно и достоверно, — не менее 98 %;

полнота информационного обеспечения мероприятий по планам ликвидации аварий (ПЛА) — 100 % для зон, охваченных системой;

возможность использования данных системы при проведении учебных и тренировочных мероприятий по ПЛА — обязательная.

Указанные требования подлежат подтверждению в ходе опытно-промышленных испытаний и отработки аварийных сценариев.

А.3 Требования к оперативной и управленческой эффективности

Система должна обеспечивать повышение оперативности и прозрачности управления подземными горными работами за счёт использования цифровых данных в режиме реального времени.

Минимальные требования к оперативной эффективности устанавливаются следующим образом:

обеспечение непрерывного мониторинга местоположения персонала и техники в режиме 24/7 в пределах зон внедрения системы;

возможность одновременного отображения не менее 95 % фактически находящихся в подземных выработках работников и единиц техники;

обеспечение формирования тревожных уведомлений и визуализации обстановки без участия оператора;

обеспечение доступности архивных данных о перемещениях персонала и техники за период не менее 12 месяцев.

Подтверждение требований осуществляется по результатам опытно-промышленной эксплуатации и анализа журналов системы.

А.4 Требования к производственно-экономической эффективности

Создаваемая система должна формировать предпосылки для повышения производственно-экономической эффективности без снижения уровня промышленной безопасности.

Минимальные требования к ожидаемой производственно-экономической эффективности устанавливаются следующим образом:

сокращение непроизводительных потерь рабочего времени персонала — не менее 4 % за счёт повышения управляемости и прозрачности нахождения персонала в подземных выработках;

сокращение времени простоев подземной техники, связанных с организационными и диспетчерскими факторами, — не менее 3 %;

сокращение трудоёмкости анализа и расследования инцидентов и нарушений требований промышленной безопасности — не менее 20 %;

обеспечение формирования цифровой базы данных для последующей оптимизации производственных процессов — обязательное.

Фактический экономический эффект может быть уточнён по результатам опытно-промышленной эксплуатации и не является ограничением для принятия системы Заказчиком при условии достижения показателей промышленной безопасности.

#### А.5 Интегральные требования к эффективности системы

В результате выполнения НИОКР и внедрения системы должны быть обеспечены следующие интегральные показатели эффективности:

эффективность системы в области промышленной безопасности должна иметь приоритетное значение по отношению к производственно-экономическим показателям;

достижение установленных требований по безопасности и оперативности является обязательным условием приёмки системы;

ожидаемая эффективность системы должна быть подтверждена документально результатами опытно-промышленных испытаний, протоколами измерений, актами эксплуатации и анализом КРІ.

Система, не обеспечившая достижение минимально установленных требований эффективности, считается не соответствующей настоящему техническому заданию.

Требования к научно-техническому уровню создаваемой системы\*\*

Б.1 Общие положения

Создаваемая цифровая система мониторинга и позиционирования персонала и подземной самоходной техники должна соответствовать установленному научно-техническому уровню, обеспечивающему возможность её опытно-промышленной апробации и последующего промышленного внедрения в условиях подземных горных выработок.

Научно-технический уровень системы должен быть не ниже уровня современных отечественных и зарубежных систем-аналогов и обеспечивать достижение целевых показателей по точности, устойчивости, функциональной полноте и технологической зрелости, установленных настоящим техническим заданием.

Б.2 Требования к сравнительным научно-техническим показателям

В результате выполнения НИОКР проектируемая система должна обеспечивать следующие показатели научно-технического уровня, не ниже указанных значений:

Показатель	Требование ТЗ
Средняя погрешность позиционирования в подземных условиях	не более 10–15 м
Время реакции на тревожное событие	не более 1 с
Работа в автономном режиме при обрыве связи	обязательная, с сохранением данных
Интеграция с планами ликвидации аварий (ПЛА)	обязательная, функционально полная
Аналитическая обработка и архивирование данных	расширенные, с долговременным хранением
Возможность проведения НИОКР и масштабирования	обязательная, архитектурно предусмотренная

Указанные требования являются минимально допустимыми и подлежат подтверждению в ходе опытно-промышленных испытаний.

Б.3 Требования к уровню готовности технологии (TRL)

Уровень готовности технологии создаваемой системы должен обеспечивать выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с последующим переходом к опытно-промышленной эксплуатации.

Требования к уровню TRL устанавливаются следующим образом:

Этап реализации	Требуемый уровень TRL
Исходный уровень до начала НИОКР	не ниже TRL 3–4
По завершении опытно-промышленных испытаний	не ниже TRL 6
Потенциал промышленного внедрения	не ниже TRL 7

В рамках выполнения НИОКР система должна быть доведена не менее чем до уровня TRL 6, что предполагает:

- наличие интегрированной версии системы;
- подтверждённую работоспособность в реальных условиях подземных горных выработок;
- экспериментально подтверждённое достижение целевых показателей, установленных настоящим ТЗ;
- возможность устойчивой опытно-промышленной эксплуатации.

Переход к уровню TRL 7 должен быть обеспечен архитектурными и программными решениями системы и рассматриваться как целевой ориентир для последующего масштабирования и промышленного внедрения.

Б.4 Интегральные требования к научно-техническому уровню системы

В результате выполнения НИОКР создаваемая система должна соответствовать следующим интегральным требованиям:

–научно-технический уровень системы должен быть не ниже среднего уровня современных систем-аналогов, применяемых в подземных горных работах;

–система должна соответствовать современному уровню цифровизации промышленной безопасности, включая автоматизацию мониторинга, позиционирования и реагирования на опасные события;

–система должна обладать научной новизной, выражающейся в совокупности архитектурных, алгоритмических и эксплуатационных решений, адаптированных к условиям подземных горных выработок;

–достижимый уровень готовности технологии должен обеспечивать возможность принятия Заказчиком обоснованного решения о промышленном внедрении и масштабировании системы по результатам НИОКР.

Подтверждение соответствия указанным требованиям осуществляется на основании результатов опытно-промышленных испытаний, протоколов измерений, научно-технического отчёта и достижения КРІ, установленных техническим заданием.