

2025

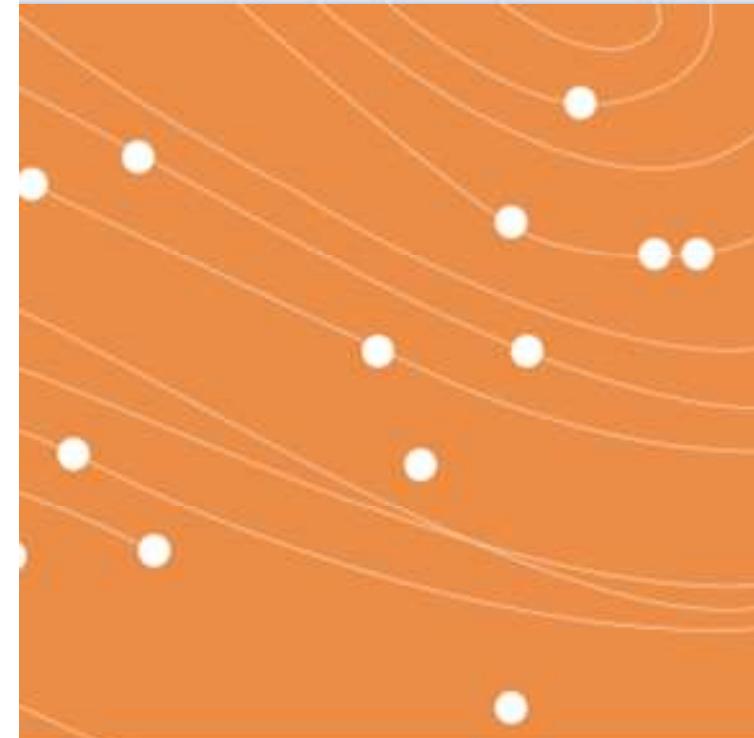
# «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК»

ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

User Guide

Версия: 1.01

НИР  
ЦЕНТР



# Инструкция пользователя

Добро пожаловать в «Цифровой двойник»!

«Цифровой двойник» — это симулятор работы карьера, созданный для математического моделирования технологических процессов. Он позволяет создать виртуальную копию карьера и отвечать на ключевые вопросы: «Что, если...?» и «Как лучше сделать...?».

## Функциональные возможности «Цифрового двойника»:

- Тестирувать гипотезы без риска.

Проигрывать различные сценарии в безопасной виртуальной среде, например моделировать поломку экскаватора или закрытие маршрута, и оценивать влияние на производительность..

- Оптимизировать логистику и максимизировать производительность.

Автоматический расчет оптимальных маршрутов и наряд-заданий для техники (экскаваторов и самосвалов).

- Получать объективные данные для принятия решений.

Предоставление точных расчетов теоретически возможного объема добычи. Возможность сравнить эффективность ручного планирования с работой алгоритма автоматического планирования.

- Оценивать риски и повышать прозрачность.

Моделирование внештатных ситуаций: поломок, взрывных работ, нехватки топлива. Ведение детального лога событий для полной картины происходящего.

## Работа в системе организована в рамках четырёх основных разделов, доступных через меню навигации:

- Сценарии - создание и запуск сценария моделирования работы карьера.
- Результаты моделирования - вывод итоговых данных симуляции: графики производительности, логи событий, таблицы рейсов и автоматические заключения (например, «мало техники для загрузки экскаваторов»).
- Справочники - создание и настройка объектов модели: карьеры, техника (самосвалы, экскаваторы), площадки, заправки. Доступны готовые шаблоны для быстрого старта.
- Редактор карты - визуальное проектирование инфраструктуры карьера. Загружаются горные планы в формате DXF, размещаются объекты и строятся графы дорог.



# Инструкция пользователя

## Окно сценариев

Окно «Сценарии» — окно для создания, редактирования, хранения, контроля и запуска виртуальной модели работы карьера.

Кнопка создания новой модели

Ранее созданные сценарии (например, «Сценарий Карьера 2»).

Кнопка мгновенного запуска ранее созданного сценария (например, «Сценарий Карьера 2»).

Задание календарных дат и времени выполнения симуляции.

Ввод уникального названия создаваемого сценария.

Выбор существующего карьера из списка системы.

Выбор режима расстановки техники по маршрутам:

- Автоматический режим - в симуляции участвуют все площадки, самосвалы и экскаваторы, созданные пользователем в меню «Справочник».
- Ручной режим - в симуляции участвуют только самосвалы и экскаваторы, выбранные пользователем из меню «Справочник».

Кнопка открытия главного меню навигации.

Переход к окну справочников.

**Цифровой двойник**

**НАВИГАТОР**

Настройка параметров моделирования

Период моделирования

Начало: 17.10.2025 10:00      Окончание: 21.10.2025 13:00

Название сценария: ура

Конфигурация моделирования

Карьера 1

Режим расстановки самосвалов по маршрутам

Вручную

Учет достоверности

Включить учет достоверности

Ручная расстановка самосвалов по маршрутам

Маршруты

Маршрут 9 (Э1 - Пункт разгрузки 1)

Самосвалы

AC1	<input checked="" type="checkbox"/>	AC2	<input checked="" type="checkbox"/>	AC3	<input checked="" type="checkbox"/>	AC4	<input checked="" type="checkbox"/>	AC5	<input type="checkbox"/>	AC6	<input type="checkbox"/>	AC7	<input type="checkbox"/>	AC8	<input type="checkbox"/>	AC9	<input type="checkbox"/>	AC10	<input type="checkbox"/>	AC11	<input type="checkbox"/>	AC12	<input type="checkbox"/>	AC13	<input type="checkbox"/>	AC14	<input type="checkbox"/>	AC15
AC16	<input type="checkbox"/>	AC17	<input type="checkbox"/>	AC18	<input type="checkbox"/>	AC19	<input type="checkbox"/>	AC20	<input type="checkbox"/>	AC21	<input type="checkbox"/>	AC22	<input type="checkbox"/>	AC23	<input type="checkbox"/>	AC24	<input type="checkbox"/>	AC25	<input checked="" type="checkbox"/>	AC26	<input type="checkbox"/>	AC27	<input type="checkbox"/>	AC28	<input type="checkbox"/>	AC29		

Сохранить настройки сценария      Удалить

Запустить симуляцию

Ручная расстановка техники по маршрутам. Поле предназначено для ручного распределения самосвалов по маршрутам.

- В левой части окна отображается список доступных маршрутов.
- В правой части отображается перечень самосвалов из справочника для выбора техники, участвующей в моделировании.

- Сохранить настройки сценария — фиксация выбранных назначений техники.
- Удалить — очистка текущих настроек.
- Запустить симуляцию — начало моделирования с заданными параметрами и автоматическое открытие окна с результатами по завершении.

При выборе опции «Включить учёт достоверности» автоматически создаются три варианта модели:

- Идеальный — моделирование без учёта отказов и поломок.
- Рисковый — моделирование с повышенной вероятностью отказов техник.
- Моделирование с учётом статистически средних показателей отказов и простоеов.



# Инструкция пользователя

## Окно справочников

Окно «Справочники» — окно с набором предустановленных характеристик для автозаполнения данных без ручного ввода.

Активный проект для управления всеми связанными объектами и процессами.

Добавление и настройка самосвалов с указанием модели, характеристик, координат и показателей надежности (время до поломки, количество отказов, среднее время ремонта).

Добавление и настройка параметров экскаваторов: модели, расположения, производительности и статистики отказов и ремонтов.

Создание и редактирование площадок разгрузки с указанием координат, вместимости, угла наклона, количества машин на разгрузке и параметров надежности.

Добавление и настройка заправок с указанием расположения, количества пистолетов и скорости заправки.

Внесение временных интервалов плановых ремонтов и обслуживания.

Указание временных интервалов и зон на карте, в течение которых запланированы взрывные работы.

Кнопка открытия главного меню навигации.

Переход к окну сценариев.

Имя карьера в системе.

Фиксация введенных характеристик модели.

Переход на страницу настройки маршрутов движения экскаваторов.

**Цифровой дневник**

- Шаблоны
  - Шаблоны самосвалов
  - Шаблоны экскаваторов
  - Шаблоны площадок
  - Шаблоны заправок
- Карьер 1
  - Самосвалы (27)
  - Экскаваторы (4)
  - Площадки разгрузки (2)
    - Маршруты (7)
    - Заправки (1)
    - Площадки (1)
    - Логотипы (0)
  - Расписание плановых простое
  - Расписание взрывных работ

**Настройки карьера**

Ввод плана в эксплуатацию: 20.10.2025 12:00  
Выход плана из эксплуатации: 20.10.2025 20:00

Название карьера: Карьер 1

Редактировать график

Географические координаты

Широта центра (°): 58.174935  
Долгота центра (°): 59.816051  
Высота центра (м): 0

Настройки времени

Часовой пояс: Москва (Europe/Moscow)

Настройки работы

Сдвиг обеденного перерыва от начала смены: 04:00  
Продолжительность обеденного перерыва (мин): 60

Настройки смен

Начало смены:	00:00	Окончание смены:	08:00
Начало смены:	08:00	Окончание смены:	00:00

Добавить смену

Смена	Смена 1 00:00-08:00	Смена 2 08:00-00:00
Обед		

Сохранить Показать на карте

Сохранение всех заданных параметров и настроек карьера.

Настройка графика смен и переносов обеденных перерывов.

Установка времени начала и окончания дневной и ночной смен.

Открытие интерактивной карты с отображением расположения карьера.

Задание смещения относительно начала смены и продолжительности в минутах.

Синхронизация процессов модели с локальным временем

Определение геодезических координат (широта, долгота, высота над уровнем моря).

**НАВИГАТОР**

# Инструкция пользователя

## Окно редактора карт

Окно «Редактор карты» — инструмент для визуализации и редактирования элементов модели карьера на интерактивной карте.

Открывает поле экскаваторов из «Справочника» для просмотра и редактирования их характеристик (доступно в режиме редактирования).

Центрирует карту на выбранном объекте, отображает его краткие характеристики и открывает панель данных.

Управление видимостью объектов.

Кнопка открытия главного меню навигации.

**Цифровой двойник**

Карьер 1

- Слои
- Дороги
- Пункты разгрузки
- Площадки
- Участки взрывных работ
- Заправки
- Пункты ремонта
- Экскаваторы
  - Э1
  - Э3
  - Э4
  - Э5

+ -

Выберите шаблон...

**Экскаватор**

Название: Э4

Широта: 58.1732941361403 Долгота: 59.81235379196089 Исходная высота: 0

Объем ковша (м<sup>3</sup>): 12 Скорость подъема ковша (м/с): 0,6

Количество градусов в одном обороте: 90

Скорость поворота стрелы (град/с): 28,8

Скоростькопания (м<sup>3</sup>/с): 0,5

Скорость наполнения ковша (м<sup>3</sup>/с): 0,6 Коэффициент наполнения ковша: 0,9

Коэффициент инерции стрелы: 1,2 Коэффициент возвратного движения: 0,3

Продолжительность безотказной работы (на начало моделирования), час: 4200

Зафиксировано отказов (на начало моделирования), шт: 50

Средняя продолжительность ремонта, мин: 120

Сохранить Удалить

NAVIGATOR

Режим редактирования: изменение, создание и удаление объектов.

Интерактивные иконки объектов обозначающие технику, пункты разгрузки и заправки; каждая иконка связана с характеристиками объекта, автоматически загружаемыми из «Справочника».

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 1. Подготовка данных в меню справочников

#### 1. Открыть меню справочников

- Нажать кнопку «Меню навигации» или открыть меню навигации и выбрать соответствующий раздел.

#### 2. Настроить карьер

- Выбрать существующий проект карьера или создать новый (например, «Карьера 1»).
- Создать его характеристики:
  - План эксплуатации – установить временные рамки ввода и вывода из эксплуатации карьера.
  - Название – ввести имя карьера для идентификации в системе.
  - Географические координаты – определить центр карьера (широта, долгота, высота над уровнем моря).
  - Настройки времени – выбрать часовой пояс (Московское / Свердловское).
  - Настройки работы – установить график перерывов (смещение обеденного перерыва от начала смены и его продолжительность в минутах).
  - Настройки смен – задать время начала и окончания дневной и ночной смен. Можно использовать визуальный контроллер смен для графического редактирования.
  - Сохранить изменения.

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 1. Подготовка данных в меню справочников

1)

Добавить шаблон самосвала

Шаблон самосвала

Название: Шаблон самосвала 2

Грузоподъемность кузова (т): 10	Скорость порожним (км/ч): 35	Скорость груженым (км/ч): 18
Продолжительность безотказной работы (на начало моделирования), час: 12	Зарегистрировано отказов (на начало моделирования), шт: 50	Среднее время ремонта (ч): 4
Объем бака (л): 200	Критический уровень топлива (л): 50	Порог плановой заправки (л): 80
Стартовый уровень топлива (л): 200	Холостой расход топлива (л/ч): 15	Идеальный расход топлива ( $\text{г}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$ ): 205
Плотность топлива (кг/л): 0.82	Мощность двигателя (кВт): 176	

Сохранить

2)

Добавить шаблон экскаватора

Шаблон экскаватора

Название: Шаблон экскаватора 2

Объем ковша (м <sup>3</sup> ): 1.2	Скорость подъема ковша (м/с): 0.6	
Количество градусов в одном обороте: 90	Скорость поворота стрелы (град/с): 0.8	Скорость копания (м <sup>3</sup> /с): 0.15
Скорость наполнения ковша (м <sup>3</sup> /с): 0.07	Коэффициент наполнения ковша: 0.9	
Коэффициент инерции стрелы: 1.2	Коэффициент возвратного движения: 0.85	
Продолжительность безотказной работы (на начало моделирования), час: 12	Зарегистрировано отказов (на начало моделирования), шт: 100	Средняя продолжительность ремонта, мин: 8

Сохранить

3)

Добавить шаблон площадки

Шаблон площадки разгрузки

Название: Шаблон площадки 1

Вместимость, т: 100000000	Одновременно разгружающихся АС: 100	
Угол наклона (град): 26		
Продолжительность безотказной работы (на начало моделирования), час: 24	Зарегистрировано отказов (на начало моделирования), шт: 50	Средняя продолжительность ремонта, мин: 24

Сохранить

4)

Добавить шаблон заправки

Шаблон заправки

Название: Шаблон заправки 3

Количество пистолетов, шт: 2	Скорость подачи топлива, л/сек: 2
---------------------------------	--------------------------------------

Сохранить

### 3. Добавить технику и объекты

Шаблоны позволяют заранее сохранить параметры техники и объектов, чтобы при последующем добавлении не вводить данные вручную. После создания шаблон можно выбрать в соответствующем разделе (самосвалы, экскаваторы, площадки, заправки). Для работы с шаблоном необходимо открыть ветку «Шаблоны».

#### 1) Шаблон. Самосвалы

- Создать и сохранить шаблон самосвала с полным набором характеристик (модель, координаты, показатели надёжности и т. д.).
- После сохранения шаблон доступен для выбора при добавлении самосвалов.

#### 2) Шаблон. Экскаваторы

- Создать и сохранить шаблон экскаватора с заданными параметрами (модель, расположение, производительность, статистика отказов и ремонтов и т.д.).
- Сохранённый шаблон можно использовать при добавлении новых экскаваторов.

#### 3) Шаблон. Площадки разгрузки

- Сформировать и сохранить шаблон площадки с занесением общей вместимости, угла наклона, количества одновременно обслуживаемых единиц автотранспорта (АС) и прочие характеристики.
- После сохранения шаблон доступен для выбора при создании площадок.

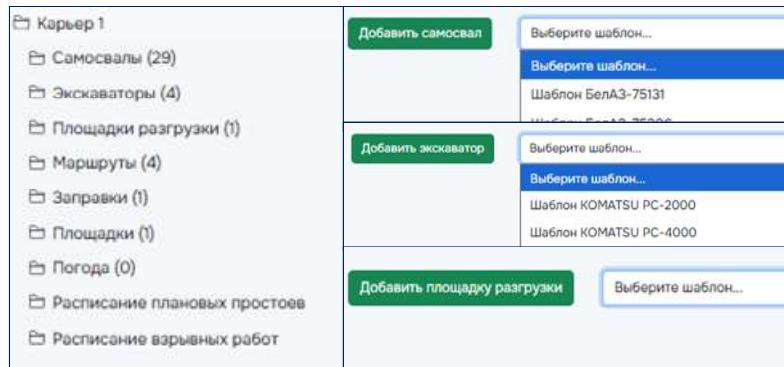
#### 4) Шаблон. Заправки

- Создать шаблон заправки с необходимыми характеристиками: расположение, количество пистолетов, скорость заправки и другие параметры.
- Сохранённый шаблон можно выбрать при добавлении заправок в систему.

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 1. Подготовка данных в меню справочников



### 3. Добавить из шаблона («Самосвалы», «Экскаваторы», «Площадки Разгрузки», «Заправки»)

- В меню навигации выбрать соответствующий раздел и нажать кнопку «Добавить...».
- После нажатия откроется выпадающее поле, где можно выбрать ранее созданный шаблон.
- После выбора шаблона указать имя единицы.
- Нажать «Сохранить», чтобы применить изменения и добавить объект в систему.

### 4. Добавить маршруты

- В меню навигации выбрать соответствующий раздел и нажать кнопку «Добавить маршрут»
- После нажатия откроется форма для ввода данных маршрута.
- В форме задать начальную и конечную точки, указав координаты (X, Y), скорость движения порожним (км/ч), скорость движения гружёным (км/ч), уклон (%).
- После заполнения таблицы нажать «Сохранить», чтобы добавить маршрут в систему.

The screenshot shows a form for creating a route:

Добавить маршрут

Маршрут 9 (Э1 – Пункт разгрузки 1)

Сегменты маршрута:

Начало	Конец	Скорость порожним (км/ч)	Скорость гружёным (км/ч)	Уклон (%)	Удалить
(56.173413, 59.812168)	(56.173311, 59.812387)	35	18	0	
(56.173311, 59.812387)	(56.173367, 59.812628)	35	18	0	
(56.173367, 59.812628)	(56.173498, 59.812687)	35	18	0	
(56.173498, 59.812687)	(56.173681, 59.812655)	35	18	0	

The screenshot shows a form for creating a dump site:

Добавить площадку пересменки

Площадка

Название:

Площадку пересменки 4

Широта:

Долгота:

0

Зона обеда

Зона пересменки

Зона ожидания взрыва

Зона ремонта

Сохранить

Показать на карте

### 5. Добавить площадку

- В меню навигации выбрать соответствующий раздел и нажать кнопку «Добавить площадку пересменки».
- После нажатия откроется выпадающее поле, где можно выбрать ранее созданный шаблон.
- После выбора шаблона указать имя единицы.
- Нажать «Сохранить», чтобы применить изменения и добавить объект в систему.

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 1. Подготовка данных в меню справочников

Расписание плановых простоев

Выбранная дата:

28.10.2025

Выбранная смена:

Смена 1 (08:00-20:00)

31	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
33	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00

#### 5. Добавить расписание плановых простоев

- В меню навигации выбрать раздел «Расписание плановых простоев».
- В верхней части экрана указать дату плановых простоев, используя календарь в поле «Выбранная дата».
- В выпадающем списке «Выбранная смена» выбрать нужную смену:
  - Смена 1 (08:00–20:00)
  - Смена 2 (20:00–08:00)
- После выбора даты и смены отобразится таблица с перечнем техники (самосвалы) и временной шкалой.
- Чтобы добавить плановый простоя, нажать на строку нужного самосвала.
- В открывшемся окне «Ведите данные простоя» указать:
  - Время начала простоя;
  - Время окончания простоя.
- Нажать кнопку «Создать», чтобы сохранить данные.
- После сохранения выбранный интервал отобразится на временной шкале соответствующего самосвала.

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 1. Подготовка данных в меню справочников

Расписание плановых простоев

Выбранная дата:

28.10.2025

Выбранная смена:

Смена 1 (08:00-20:00)

07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	
31	█													
33	█													

#### 6. Добавить расписание взрывных работ

- В меню навигации выбрать раздел «Расписание взрывных работ».
- В верхней части экрана указать дату проведения работ через календарь в поле «Выбранная дата».
- В выпадающем списке «Выбранная смена» выбрать одну из доступных смен:
  - Смена 1 (08:00–20:00)
  - Смена 2 (20:00–08:00)
- Нажать кнопку «Добавить».
- В появившемся окне указать время начала и время окончания взрывных работ.
- Нажать «Создать», чтобы добавить интервал.

После этого заданное время отобразится на временной шкале.

- Для задания области проведения работ нажать кнопку «Указать» (значок карты).

Откроется карта.

- На карте необходимо обвести зону проведения взрывных работ с помощью полилиний:
  - Клик левой кнопкой мыши добавляет точку-якорь;
  - Следующие клики соединяют точки линиями, формируя контур (треугольник, четырехугольник, пятиугольник и т.д.);
  - Двойной клик по последней точке завершает построение полигона.
- После завершения оформления зоны закрыть вкладку карты.
- Для сохранения всех изменений нажать кнопку «Сохранить».

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 2. Редактор карт

#### 7. Открыть редактор графов дорог.

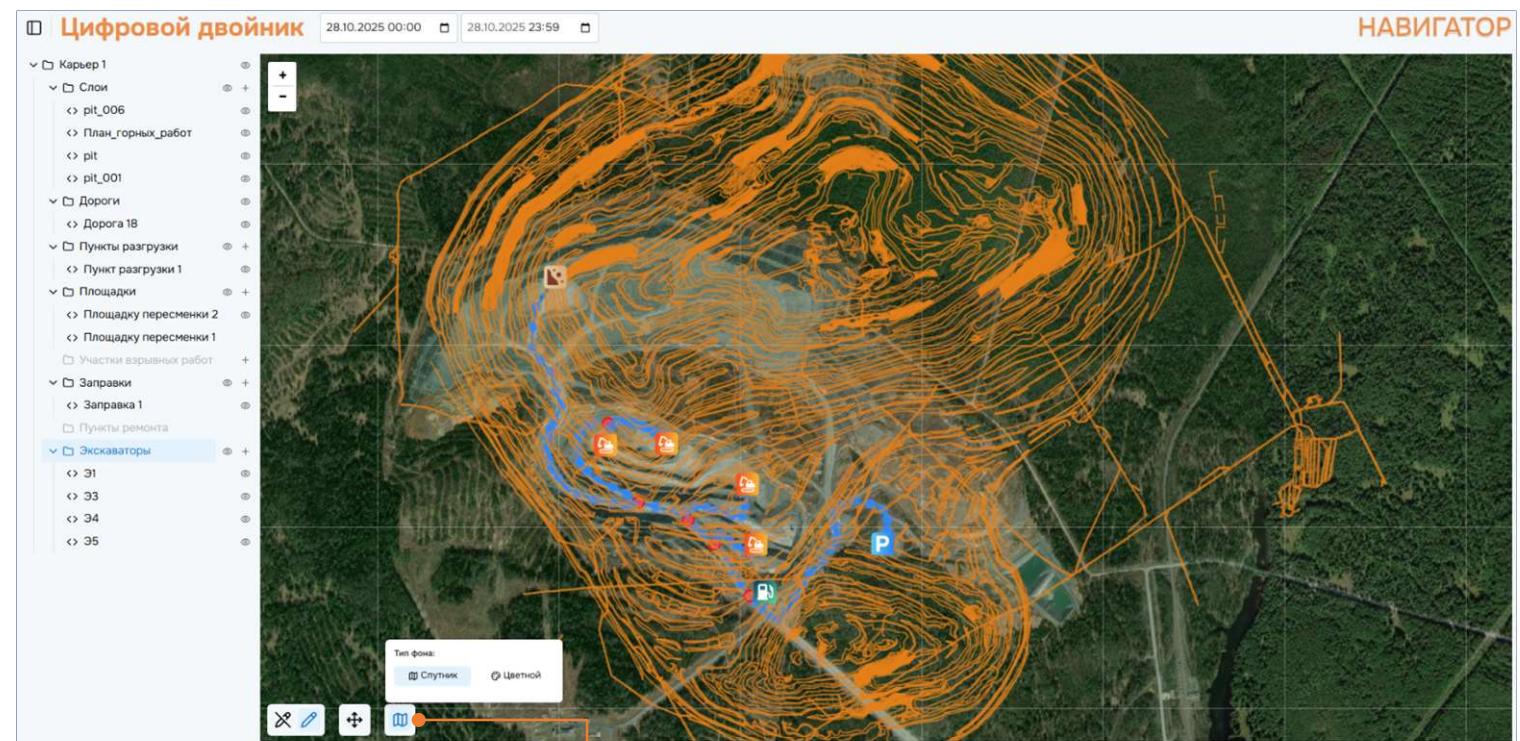
- Перейти в раздел «Редактор карт» (из меню навигации или справочников).

#### 8. Создать дороги.

- Включить режим редактирования.
- На карте последовательно щёлкать мышью по точкам, формируя линии маршрута (полилинии).
- Сохранить изменения.

#### 9. Настроить привязку объектов к сети дорог.

- Перемещать точки маршрутов, иконки техники или площадок, привязывая их к вершинам графа.
- Связать участки дорог с техникой и площадками (самосвалы, заправки, экскаваторы, пунктов разгрузки, площадок пересменки, пунктов ремонта, участков взрывных работ).
- Проверить правильность привязки ( каждый объект должен быть соединён с дорожной сетью, а между ключевыми точками (экскаватор-разгрузка-заправка) должен существовать непрерывный маршрут).
- Сохранить изменения.



#### Особенности работы со слоями:

- В режиме «Спутник» отображается состояние карьера по данным спутниковой съемки.
- В режиме «Слой» показываются проектные чертежи (DXF формат).
- Все объекты цифрового двойника (техника, маршруты, площадки) отображаются поверх выбранной подложки.
- Для точного позиционирования используйте режим, соответствующий задаче.

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 3. Запуск моделирования

#### 10. Открыть меню сценариев

- Нажать кнопку «Сценарии» из меню навигации.
- Создать сценарий или выбрать один из предложенных.

#### 11. Создать и настроить параметры моделирования

- Название сценария — ввести уникальное имя.
- Период моделирования — указать временной интервал симуляции (начало и конец).
- Выбор карьера — выбрать ранее созданный карьер из списка (например, «Карьер 1»).
- Выбрать режим расстановки самосвалов

- Автоматический (задействовать все самосвалы из справочника).

- Ручной (выбрать самосвалы из справочника).

- Выбрать учёт достоверности по критерию:

- Идеальный — моделировать без учёта отказов.

- Рисковый — использовать повышенную вероятность отказов.

- Достоверный — учитывать статистические показатели отказов и простоев.

- Если был выбран ручной способ расстановки, - укажите какие самосвалы и на каких маршрутах должны быть смоделированы.

- Сохранить.

#### 12. Поставить модель на расчёт

- Нажать кнопку запуска модели.

Далее... ➔

# Инструкция пользователя

## Создание и запуск модели

### Шаг 4. Просмотреть результаты моделирования

#### 13. Открыть меню результатов моделирования.

- Перейти в раздел «Результаты моделирования» после запуска сценария или дождаться перехода на страницу после окончания моделирования.

#### 14. Ознакомиться с результатами моделирования.

- Просмотреть временной период симуляции модели.

- Оценить итоговый показатель производительности.

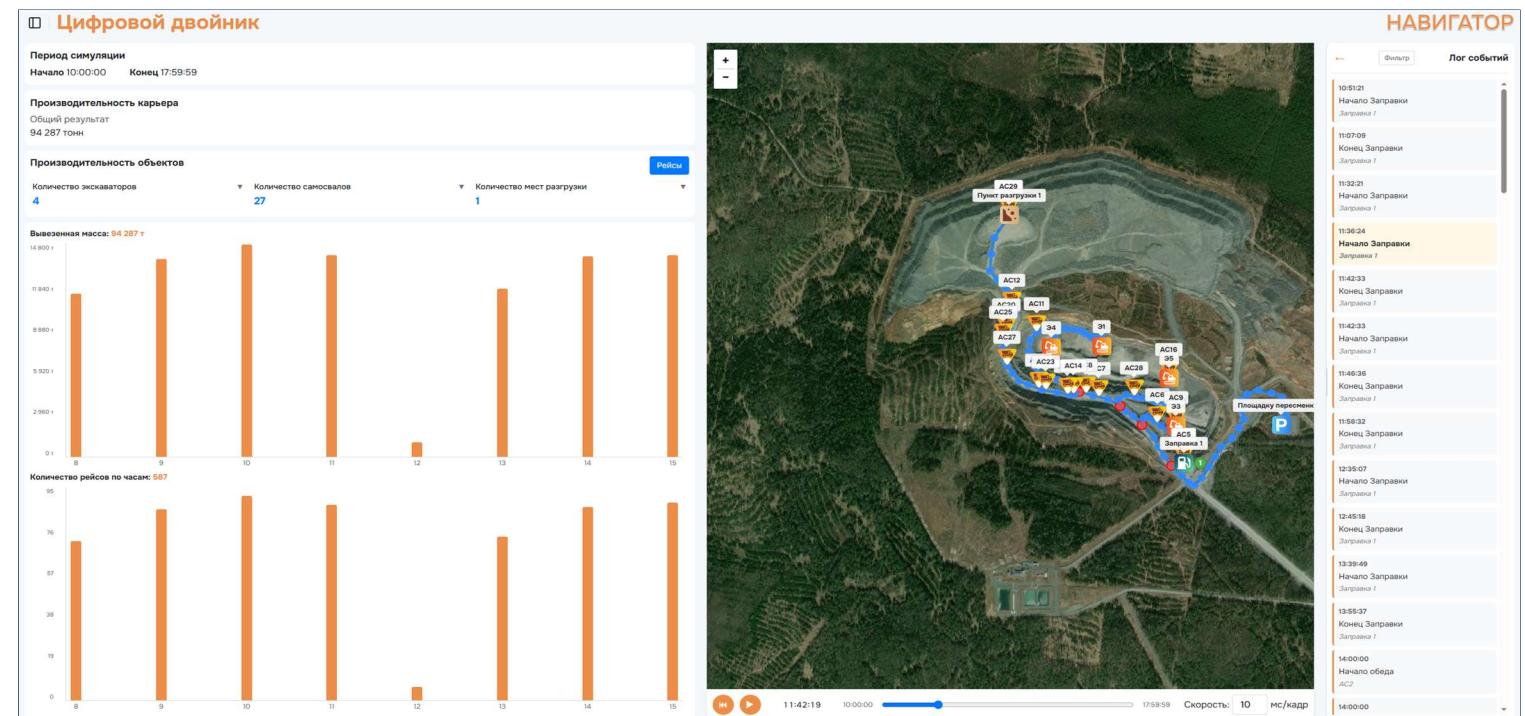
- Изучить сводку по технике и площадкам.

- Просмотреть графики: вывезенной массы и количество рейсов. Каждый столбец показывает, сколько тонн вывезено за соответствующий час.

- Изучить производительность объектов.

- Отследить симуляцию работы самосвалов (скорость, статус, координаты).

- Просмотреть результаты симуляции через хронологическую ленту: запуск, остановка, навигация по временной шкале. Учитывать скорость воспроизведения модели.



# Инструкция пользователя

## Глоссарий терминов системы «Цифровой двойник»

Термин	Краткое описание
<b>РАЗДЕЛЫ ИНТЕРФЕЙСА</b>	
Сценарии	Раздел для создания, настройки и запуска виртуальных экспериментов.
Результаты моделирования	Раздел для анализа итогов симуляции: графиков, журналов событий и таблиц.
Справочники	База данных всех объектов модели: карьеров, техники, площадок и маршрутов.
Редактор карты	Инструмент для визуального проектирования карьера и построения дорожной сети.
<b>ОБЪЕКТЫ И ИНФРАСТРУКТУРА</b>	
Карьер	Основной проект в системе, объединяющий все объекты и настройки.
Самосвал	Единица транспорта для перевозки породы.
Экскаватор	Единица техники для погрузки породы в самосвалы.
Площадка разгрузки	Объект, где самосвалы разгружают породу.
Заправка	Элемент инфраструктуры для заправки техники.
Маршрут	Путь между двумя точками карьера с заданными параметрами (скорость, уклон).
Граф дорог	Сеть всех путей в карьере, построенная в Редакторе карты.
<b>ПРОЦЕССЫ И НАСТРОЙКИ</b>	
Период моделирования	Временной интервал, для которого проводится симуляция.
Автоматический режим	Режим, при котором система автоматически выбирает технику из Справочников.
Ручной режим	Режим, при котором пользователь вручную выбирает технику для симуляции.
Учёт достоверности	Параметр, определяющий учёт случайностей и отказов техники.
Идеальный сценарий	Моделирование без учёта простоев и отказов.
Рисковый сценарий	Моделирование с повышенной вероятностью отказов.
Достоверный сценарий	Моделирование по средним статистическим показателям простоев.
Расписание линейных простоев	Инструмент для задания периодов нерабочего времени техники.
Расписание взрывных работ	Инструмент для планирования зон и времени проведения взрывов.
Шаблоны	Предустановленные наборы параметров для быстрого добавления техники и объектов.
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ</b>	
Совокупная производительность	Общий итоговый показатель (например, извлечённая масса) за период.
Динамика вывезенной массы	Динамика вывоза на конец каждого часа симуляции.
График количества рейсов	Количество выполненных рейсов за час.