

Документация по MineTwin Underground

2026-06-29

Содержание

Введение	1
Назначение документа	1
Описание системы	1
Требования к системе	1
1. Создание и редактирование сценария	2
1.1. Подготовка файла входных данных	2
1.2. Запуск приложения, загрузка модуля редактирования	2
1.3. Элементы редактора сценариев	5
1.3.1. Панель инструментов	5
1.3.2. Дерево элементов	7
1.3.3. Объекты	9
1.3.4. Свойства	11
1.3.5. Карта	14
1.3.6. Карта 3D	18
1.3.7. Ошибки	20
1.4. Сценарий	20
1.5. Карта	23
1.5.1. Узлы шахтного поля	24
1.5.2. Ребра шахтного поля	24
1.5.3. Зоны шахтного поля	26
1.5.4. Участки	27
1.5.5. Сегменты шахтного поля	27
1.5.6. Слои разметки	28
1.6. Энергоресурсы	29
1.6.1. Заправочные станции	30
1.6.2. Зарядные станции встроенных аккумуляторов	30
1.6.3. Зарядные станции сменных аккумуляторов	31
1.6.4. Типы встроенных аккумуляторов	32
1.6.5. Типы сменных аккумуляторов	32
1.7. Горная масса	33
1.7.1. Типы горной массы	33
1.7.2. Материалы	34
1.7.3. Выработки	34
1.7.4. Правила проходки	45
1.8. Параметры элементов системы, обеспечивающей грузопоток	47
1.8.1. Рудоспуски	48
1.8.2. Хранилища	53
1.8.3. Скиповые подъемники	54

1.8.4. Дробилки	56
1.8.5. Точки перегруза	57
1.8.6. Конвейеры	59
1.8.7. Перерабатывающая фабрика	61
1.8.8. Маршруты ж/д конвейеров	62
1.9. Параметры подвижного оборудования	62
1.9.1. Типы подвижного оборудования	62
1.9.2. Типы самосвалов	64
1.9.3. Типы ПДМ	69
1.9.4. Типы зарядных машин	70
1.9.5. Типы СБУ	71
1.9.6. Типы анкероустановщиков	72
1.9.7. Типы торкрет-машин	73
1.9.8. Типы самоходных вагонов	73
1.9.9. Типы комбайнов	75
1.9.10. Типы оборщиков заголов	76
1.9.11. Подвижное оборудование	76
1.9.12. Поезда	79
1.9.13. Ж/д конвейеры (система RailVeyor)	80
1.10. Расписания	81
1.10.1. Смены	81
1.10.2. Периоды взрывов	82
1.10.3. Перерывы	82
1.10.4. Техобслуживание	83
1.10.5. Внеплановые события	84
1.10.6. Иерархия периодов недоступности	85
1.11. Планы добычи	86
1.11.1. План по выработкам	86
1.11.2. План по целевому значению	87
2. Планирование и имитационное моделирование	88
2.1. Управление моделированием	88
2.2. Визуализация результатов моделирования	91
2.2.1. Анимация	91
2.2.2. Карта 3D	94
2.2.3. Расписание	94
2.2.4. План работ	95
2.3. Статистическая информация	96
2.3.1. Статус эксперимента	96
2.3.2. Статистика	97
2.3.3. Суточные объемы	98
2.3.4. Статистика по участкам	99

2.3.5. Статистика по затратам	100
2.3.6. Статистика по выработкам	101
2.3.7. Работа оборудования	103
2.3.8. Места хранения руды	105
2.3.9. Производительность оборудования	106
2.3.10. Статистика по маршрутам	107
2.4. Графики и диаграммы	108
2.4.1. Графики для анализа очистных работ и добыче полезного вещества	108
2.4.2. Графики для анализа горно-подготовительных работ	113
2.4.3. Прочие графики и таблицы	113
2.5. Расчет доступности и использования оборудования.	122
3. Режим "Исследование"	127
3.1. Введение	127
3.2. Создание нового исследования	127
3.3. Шаги и модификации	128
3.3.1. Ручное добавление модификаций	129
3.3.2. Автоматические режимы исследования	130
3.4. Настройка количества репликаций	133
3.5. Запуск расчётов	133
3.6. Просмотр и анализ результатов.	134
3.7. Отчёты	139
3.8. Примеры исследований	140
3.8.1. Исследование: Анализ ограничений	140
3.8.2. Исследование: Определение оптимального размера парка техники	141
3.8.3. Исследование: Варьирование количеством оборудования	143
3.9. Заключение	146
3.9.1. Ключевые рабочие процессы	146

Введение

Назначение документа

Настоящий документ содержит описание инструмента планирования и имитационного моделирования подземных горных работ MineTwin Underground. Предназначен для пользователей как источник знаний об инструменте.

Описание системы

В MineTwin Underground планируются и моделируются процессы, происходящие в рудниках и шахтах, ведущих разработку полезных ископаемых подземным способом.

MineTwin Underground состоит из следующих модулей:

1. Модуль ввода данных (редактор)
2. Модуль интеграции (импорт данных из внешних систем)
3. Модуль планирования (планировщик)
4. Модуль имитации (имитационная модель)

Модуль ввода данных позволяет создавать и редактировать сценарии в пользовательском интерфейсе MineTwin Underground с сохранением результата в формате .xlsx. Файл сценария также может редактироваться в MS Excel.

Модуль интеграции позволяет импортировать из других систем данные о транспортной системе рудника, расположении и характеристиках выработок, регламентных перерывах оборудования и т.д. MineTwin Underground поддерживает импорт данных в форматах .xlsx, .txt, .dxf.

Симуляция процесса разработки месторождения в MineTwin построена на поочередной работе модулей планирования и имитации:

1. Работа оборудования планируется на одну смену с учетом целевых показателей
2. Работа оборудования и транспорта моделируется на основе плана, составленного планировщиком на эту смену. Следующее планирование выполняется с использованием результатов моделирования этой смены и целевых значений на период.

Требования к системе

Для работы с MineTwin необходимо использовать 64-разрядную систему Windows версии 7 или выше.

На ПК должен быть установлен Microsoft Office Excel версии 2007 или выше.

1. Создание и редактирование сценария

1.1. Подготовка файла входных данных

Для работы планировщика и имитационной модели MineTwin Underground требуется подготовить сценарий – файл в формате Excel, содержащий необходимый набор входных данных.

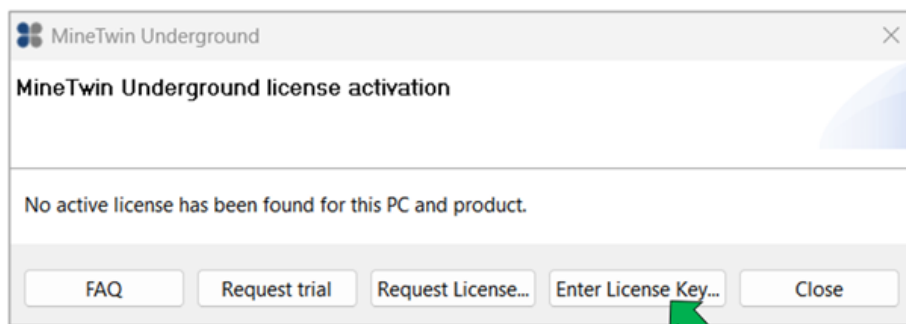
Создание сценария в MineTwin Underground возможно двумя способами:

1. В интерфейсе системы - все исходные данные, такие как элементы транспортной сети, типы и единицы оборудования, расписания работы оборудования и транспорта, закрепление оборудования и транспорта за добычными участками и т.д., добавляются/удаляются вручную непосредственно в системе. Топологию транспортной сети предприятия возможно добавить в сценарий импортом осей дорог в формате .dxf.
2. Импортом шаблона с исходными данными - при создании нового сценария система позволяет импортировать основные данные из предварительно заполненного шаблона в формате Excel

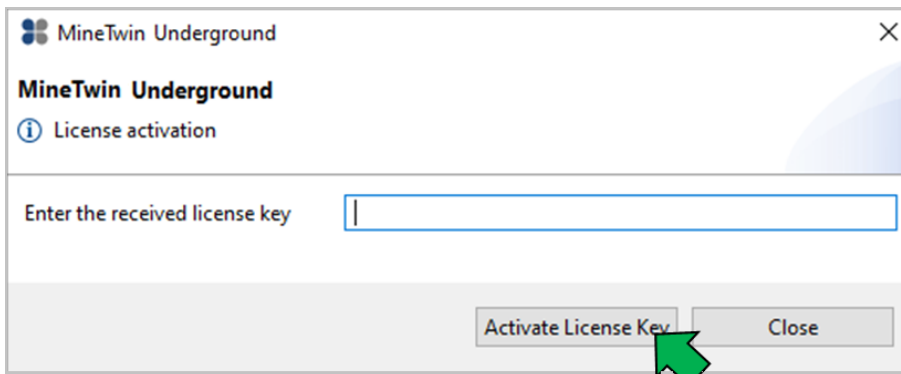
1.2. Запуск приложения, загрузка модуля редактирования

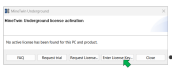
Для установки приложения MineTwin Underground на компьютер необходимо разархивировать папку «MineTwin» и сохранить ее на локальном компьютере.

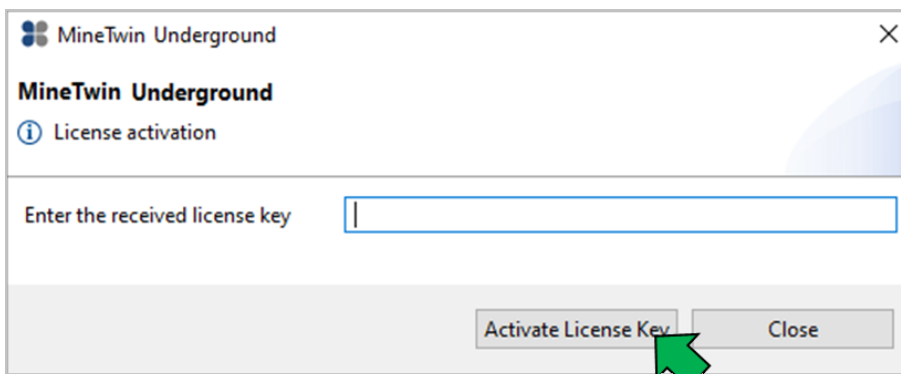
1. Запуск MineTwin Underground производится из разархивированной папки запуском приложения **MineTwin.exe** (🌐).
2. Если MineTwin запускается на ПК впервые, система сообщит о том, что лицензия не найдена.



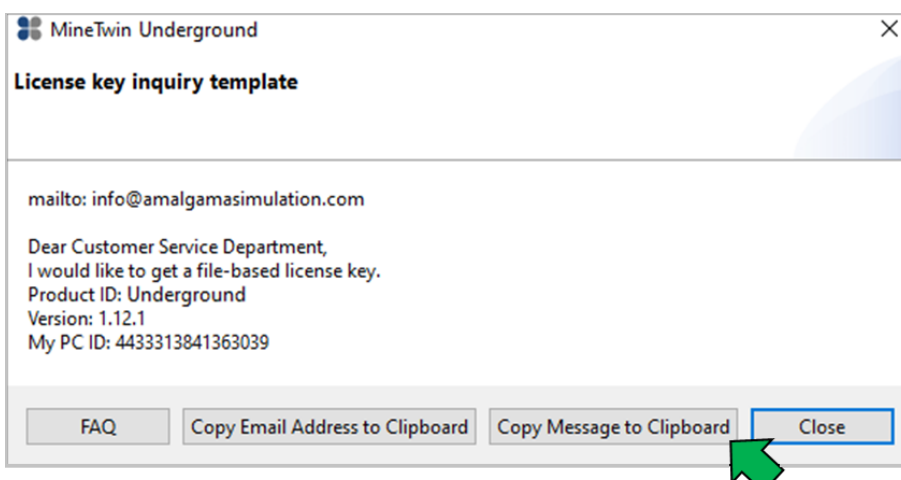
3. После нажатия на кнопку ввода ключа лицензии откроется окно, в которое нужно вставить 16-значный ключ лицензии и нажать на кнопку активации ключа.



4. Если ключ указан верно, и он не активирован на другом ПК, MineTwin Underground будет запущен.
5. При отсутствии коммерческой лицензии пользователь может воспользоваться временной лицензией, действующей в течение 30 дней, для чего нужно нажать на кнопку .
6. Если во время открытия приложения отсутствует доступ к интернету, необходимо подключиться к интернету или обратиться за помощью к разработчику, сообщив уникальный идентификатор ПК, который открывается при нажатии на кнопку обращения за лицензией.

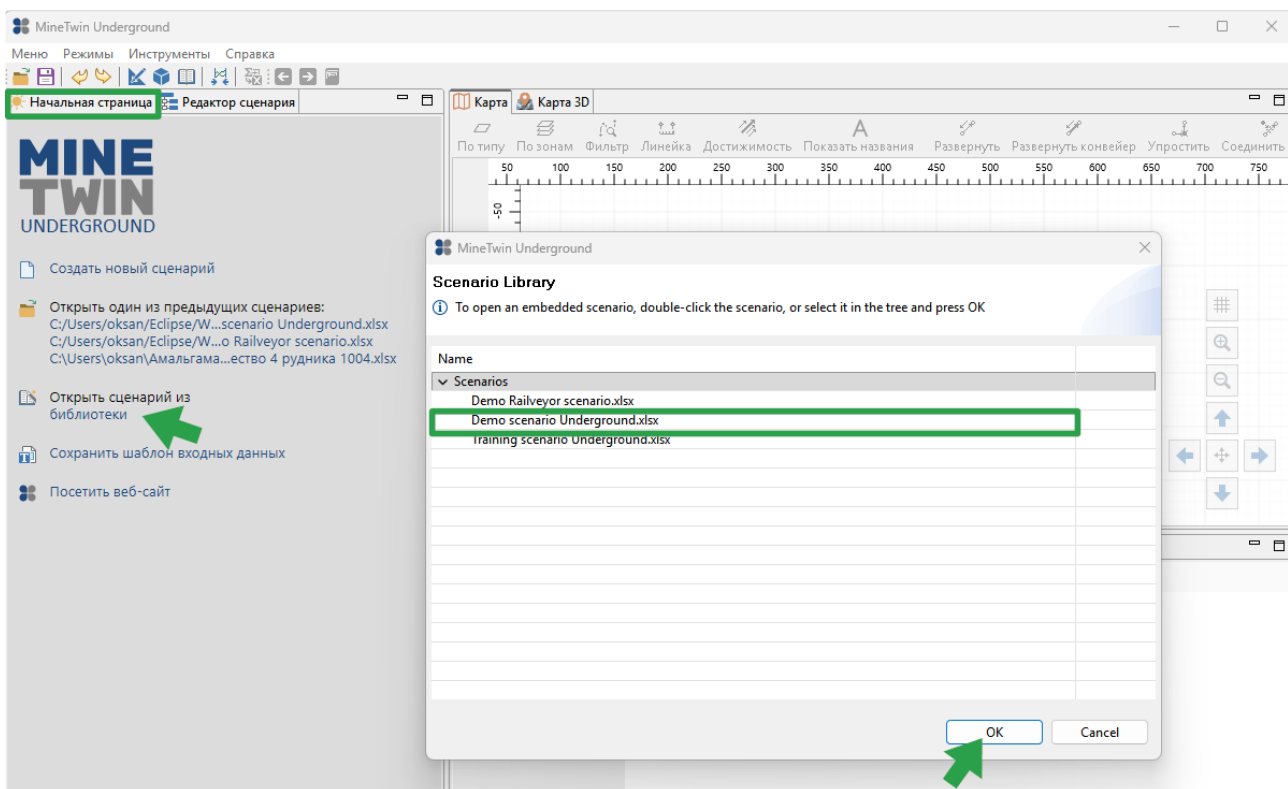


7. Текст сообщения нужно скопировать, нажав кнопку **Copy Message to Clipboard**, и направить в техническую поддержку ПО «MineTwin».

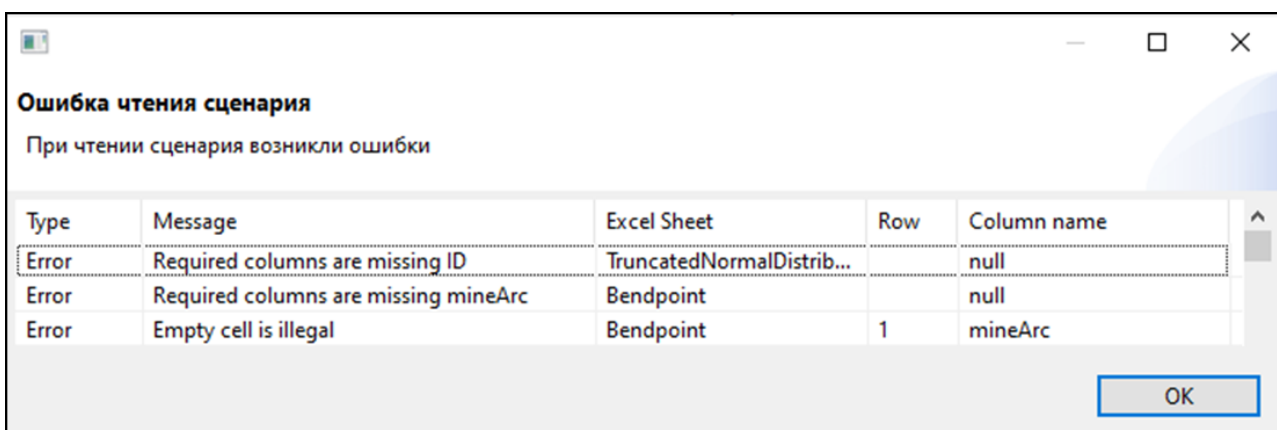


8. После запуска MineTwin Underground откроется рабочее окно приложения. В левой части окна на вкладке **Начальная страница** расположены следующие функции:

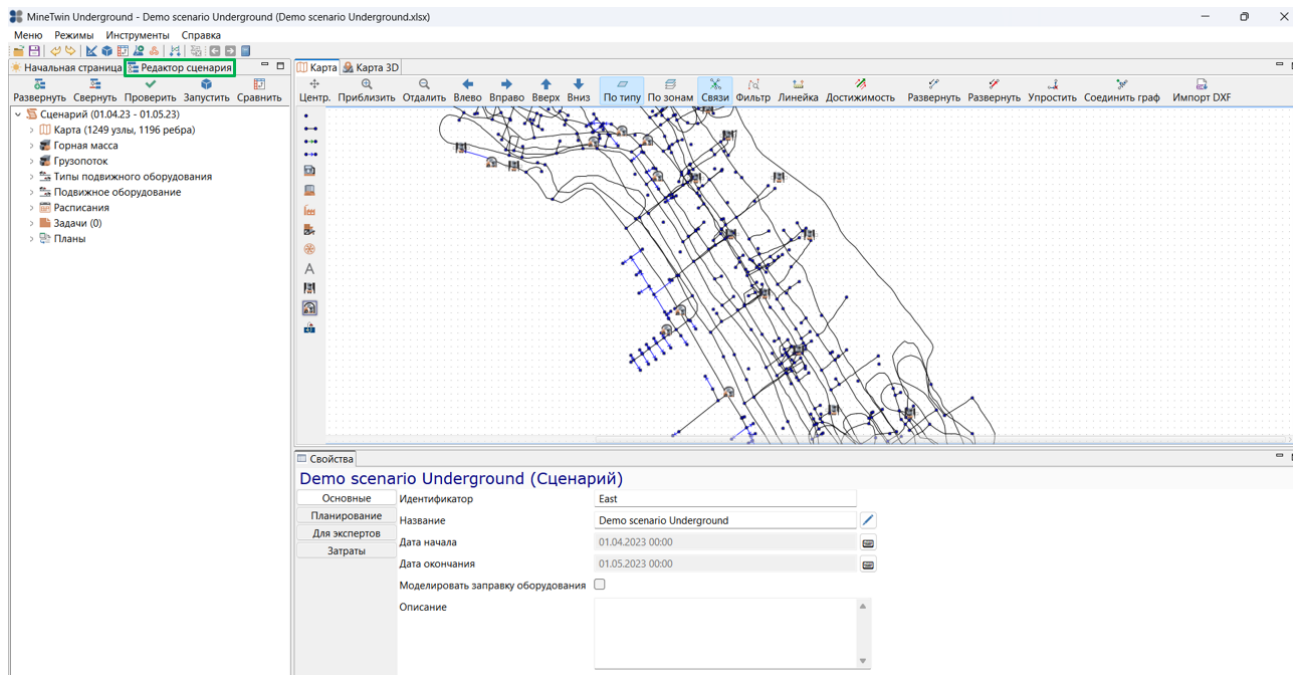
- **Создать новый сценарий** - функция создает файл нового сценария, требующего ручного заполнения и/или импорта данных
- **Открыть один из предыдущих сценариев** - функция выводит на панель список последних открытых сценариев для быстрого переключения между ними
- **Открыть сценарий из библиотеки** - функция открывает окно с набором демонстрационных сценариев
- **Сохранить шаблон исходных данных** - нажав на эту функцию, на ваш ПК скачается файл Excel установленной формы для заполнения основных данных и последующего создания сценария посредством его импортирования
- **Посетить наш веб-сайт** - функция переводит на интернет-сайт ООО "Амальгама"



Если в открываемом сценарии содержатся ошибки, откроется окно со списком ошибок с указанием названия листа Excel-файла, номеров колонок и строк, в которых содержатся ошибки. Пользователь может открыть список в отдельном файле и последовательно исправить их в загружаемом Excel-файле либо загрузить файл сценария с ошибками и затем исправить их в системе.



После открытия сценария в интерфейсе MineTwin Underground можно перейти на вкладку редактирования сценария, внешний вид которого показан на рисунке.



Модуль редактирования содержит несколько окон, размеры которых можно изменять, выделив сторону окна и удерживая левую клавишу мыши. Любое окно можно переносить из одной части интерфейса в другую, щелкнув по нужному окну левой клавишей мыши и удерживая ее во время переноса.

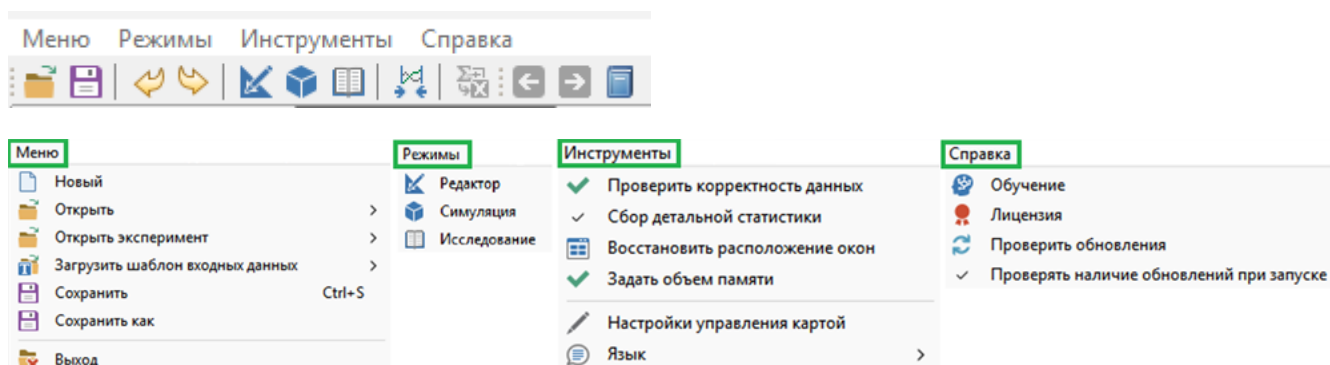
Для раскрытия выбранного окна на весь экран нужно дважды щелкнуть по нему мышью, для возврата в обычный режим – снова дважды щелкнуть или применить функцию *Восстановить расположение окон*.

1.3. Элементы редактора сценариев

Редактор сценариев позволяет создавать, просматривать, редактировать и сохранять сценарии.

1.3.1. Панель инструментов

В верхней части модуля редактирования находится меню с группами элементов управления и панель инструментов.



Группа **Меню** содержит функции:

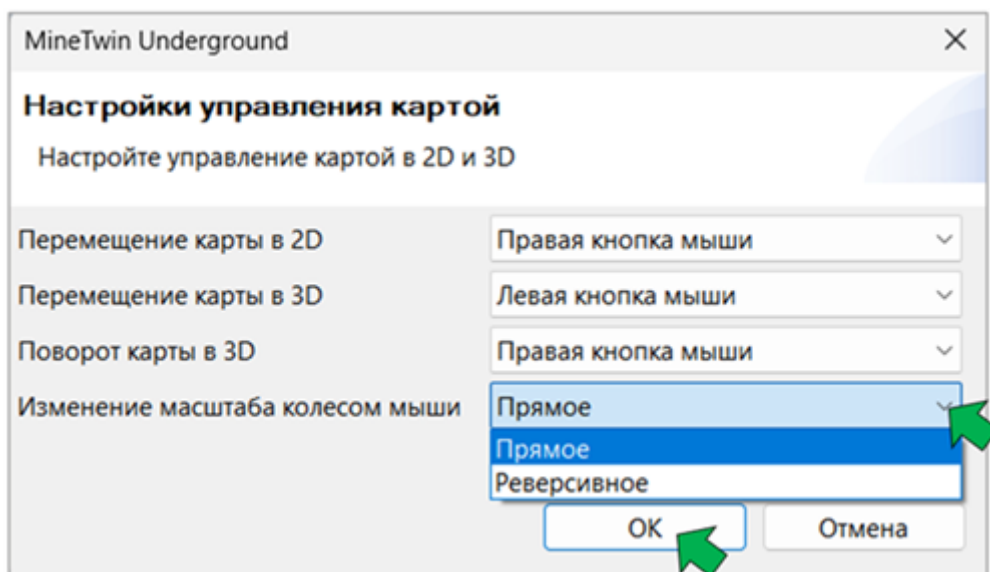
- Создать новый сценарий (📄)
- Открыть сценарий (📂)
- Сохранить сценарий (💾)
- Открыть эксперимент (📁)
- Загрузить шаблон входных данных (📄) - функция создает новый сценарий, импортируя заполненный шаблон исходных данных
- Функцию «Сохранить как» (📄)
- Выход из системы (🚪)

Группа **Режимы** позволяет выбрать нужный режим:

- Симуляцию (моделирование) (🏠)
- Редактор (📝)
- Исследование (📊)

Группа **Инструменты** содержит функции:

- Проверка корректности сценария после его создания/ редактирования (✅)
- Сбор детальной статистики – возможность просмотра данных о состоянии всех единиц оборудования в любой момент времени (✅)
- Восстановление расположения окон (🖥️)
- Изменение размера используемой оперативной памяти для повышения быстродействия (✅)
- Настройки управления картой (🗺️). Пользователь может выбрать удобный для себя способ перемещения/поворота карты в 2D- и 3D-режимах



- Переключение языка (🌐) – доступны русский и английский языки

В группе **Справка** содержатся:

- Ссылка на учебное пособие (📖)
- Информация о лицензии, под которой открыта система (🔴)
- Проверка наличия обновлений (🔄)
- Проверка наличия обновлений при запуске (✅)

При необходимости отменить/ вернуть отмененное действие используются кнопки 🔄🔄.

Кнопка 🔄 синхронизирует графики в режиме моделирования.

Кнопка 📄 позволяет экспортировать в Excel-файл результаты моделирования (общую статистику, затраты, показатели работы оборудования и т.д.)

Кнопки ⬅️ ➡️ обеспечивают переход к окнам с ранее просмотренными каталогами и объектами.

По кнопке 📄 выполняется поиск любого элемента сценария по его названию.

1.3.2. Дерево элементов

Все данные об объектах и сущностях сценария (выработках, рудоспусках, единицах оборудования, расписаниях работы оборудования и т.д.) отображаются в виде дерева и сгруппированы по типам. Для каждого типа объекта/ сущности показывается количество единиц объекта/ сущности.

Для удобства просмотра отдельные блоки дерева объектов можно разворачивать/ сворачивать.

- ▼ Сценарий (01.04.23 - 01.05.23)
 - ▼ Карта (1249 узлы, 1196 ребра)
 - Узлы шахтного поля (1249)
 - Ребра шахтного поля (1196)
 - Зоны (3)
 - Участки (3)
 - Сегменты шахтного поля (115)
 - Заправочные станции (0)
 - Текстовые обозначения (0)
 - ▼ Горная масса
 - Типы горной массы (2)
 - Материалы (2)
 - Выработки (115)
 - Правила проходки (1)
 - ▼ Грузопоток
 - Рудоспуски (20)
 - Хранилища (0)
 - Скиповые подъемники (0)
 - Дробилки (0)
 - Точки перегруза (29)
 - Конвейеры (0)
 - Перерабатывающие фабрики (0)
 - Маршруты ж/д конвейеров (0)
 - ▼ Типы подвижного оборудования
 - Типы самосвалов (1)
 - Типы ПДМ (2)
 - Типы зарядных машин (1)
 - Типы СБУ (2)
 - Типы анкероустановщиков (0)
 - Типы самоходных вагонов (0)
 - Типы комбайнов (0)
 - Типы оборщиков заколов (0)
 - ▼ Подвижное оборудование
 - Самосвалы (16)
 - ПДМ (20)
 - Зарядные машины (18)
 - СБУ (21)
 - Анкероустановщики (0)
 - Поезда (0)
 - Ж/д конвейеры (0)
 - Самоходные вагоны (0)
 - Комбайны (0)
 - Оборщики заколов (0)
 - ▼ Расписания
 - Смены (2)
 - Периоды взрывов (2)
 - Перерывы (2)
 - Техобслуживание (3)
 - Внеплановые события (1)
 - ▼ Задачи (0)
 - Зарядание (0)
 - Бурение (0)
 - Вывоз руды (0)
 - Задачи погрузки (0)
 - Анкероустановка (0)
 - Перегруз (0)
 - Задачи комбайна (0)
 - Задачи самоходных вагонов (0)
 - Оборка заколов (0)
 - Задачи поездов (0)
 - ▼ Планы
 - План по выработкам (0)
 - План по целевому значению (1)

1.3.3. Объекты

Список всех единиц объектов (сущностей), входящих в состав объекта, например, СБУ, ПДМ, выработок, отображается в отдельном окне, которое открывается под картой при нажатии на название этого объекта в дереве элементов.

В списке отображаются основные характеристики объектов.

Перерабатывающие фабрики (0)
Типы подвижного оборудования
Подвижное оборудование
Самосвалы (16)
ПДМ (20)
Зарядные машины (18)
СБУ (21)
Анкероустановщики (0)
Поезда (0)

Идентификатор	Название	Тип ПДМ	Используй...	Участки	Базовый узел
Atlas Copco (2)	Atlas Copco (2)	Atlas Copco	✓	3	Node-662
Atlas Copco 3-8	Atlas Copco 3-8	Atlas Copco	✓	3	Node-662
Atlas Copco 3-7	Atlas Copco 3-7	Atlas Copco	✓	3	Node-662
Atlas Copco (1)	Atlas Copco (1)	Atlas Copco	✓	3	Node-662
Atlas Copco 3-6	Atlas Copco 3-6	Atlas Copco	✓	3	Node-662

Вверху окна со списком объектов находится панель инструментов, содержащая функции добавления, удаления, копирования объектов, перемещения объектов вверх и вниз, обновления значений.



При наведении мышью на значок отобразится название функции, выполняемой по соответствующей кнопке.

В таблице доступна сортировка всех колонок таблицы данных, а также фильтры. Для применения фильтра нужно щелкнуть по строке в нужной колонке правой клавишей мыши и установить нужный фильтр во всплывающем окне.

Самосвалы

Идентификатор	Название	Тип самосвала	Используется
Sandvik 15-1	Sandvik 15-1	Sandvik	✓
Sandvik 10-1	Sandvik 10-1	Sandvik	
Sandvik 10-2	Sandvik 10-2	Sandvik	
Sandvik 10-3	Sandvik 10-3	Sandvik	
Sandvik 15-8	Sandvik 15-8	Sandvik	
Sandvik 15-7	Sandvik 15-7	Sandvik	
Sandvik 15-2	Sandvik 15-2	Sandvik	
Sandvik (2)	Sandvik (2)	Sandvik	
Sandvik 15-4	Sandvik 15-4	Sandvik	
Sandvik 15-3	Sandvik 15-3	Sandvik	
Sandvik (1)	Sandvik (1)	Sandvik	
Sandvik 1-1	Sandvik 1-1	Sandvik	
Sandvik 1-2	Sandvik 1-2	Sandvik	
Sandvik 1-3	Sandvik 1-3	Sandvik	
Sandvik 1-4	Sandvik 1-4	Sandvik	

Самосвалы

Идентификатор	Название	Тип самосвала
Sandvik 15-1	Sandvik 15-1	Sandvik
Sandvik 10-1	Sandvik 10-1	Sandvik
Sandvik 10-2	Sandvik 10-2	Sandvik
Sandvik 10-3	Sandvik 10-3	Sandvik
Sandvik 15-8	Sandvik 15-8	Sandvik
Sandvik 15-7	Sandvik 15-7	Sandvik
Sandvik 15-2	Sandvik 15-2	Sandvik
Sandvik (2)	Sandvik (2)	Sandvik
Sandvik 15-4	Sandvik 15-4	Sandvik
Sandvik 15-3	Sandvik 15-3	Sandvik
Sandvik (1)	Sandvik (1)	Sandvik
Sandvik 1-1	Sandvik 1-1	Sandvik
Sandvik 1-2	Sandvik 1-2	Sandvik
Sandvik 1-3	Sandvik 1-3	Sandvik
Sandvik 1-4	Sandvik 1-4	Sandvik

Самосвалы

Идентификато...	Название	Тип самосвала
Sandvik 10-1	Sandvik 10-1	Sandvik
Sandvik 10-2	Sandvik 10-2	Sandvik
Sandvik 10-3	Sandvik 10-3	Sandvik

Для снятия фильтра используется кнопка *Удалить фильтр* во всплывающем окне.

Идентификатор	Название	Тип самосвала	Используется	Участки	Базовый узел
Sandvik 10-1	Sandvik 10-1	Sandvik	✓	?	Node-47
Sandvik 10-2	= Sandvik 10-1				Node-47
Sandvik 10-3	≠ Sandvik 10-1				Node-47

Содержимое всей таблицы или отдельных строк/ ячеек можно скопировать или экспортировать в Excel для дальнейшего анализа.

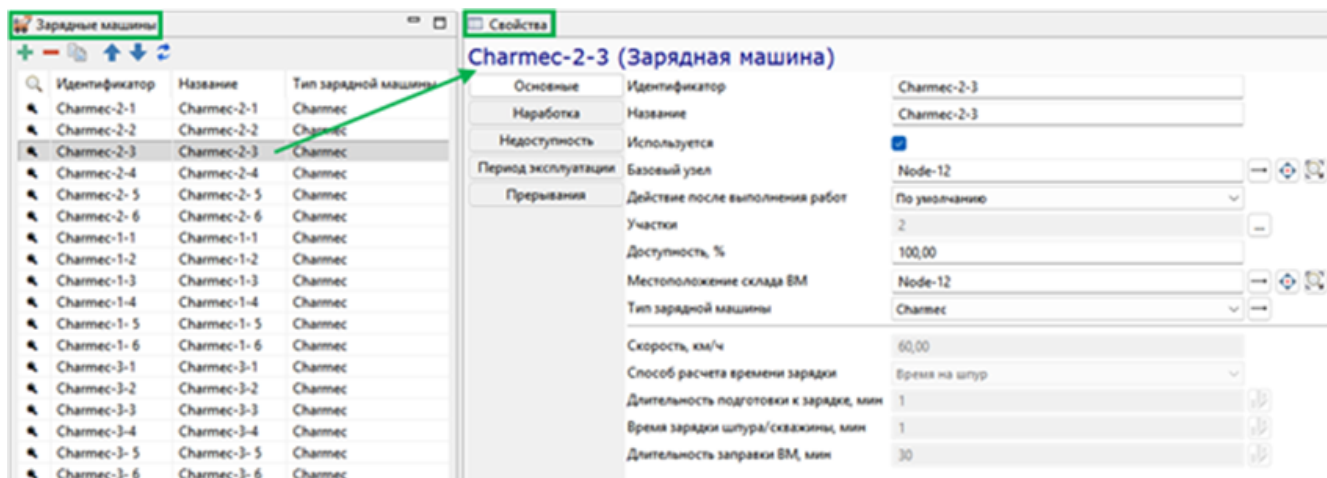
Идентификатор	Название	Тип самосвала	Используется	Участки	Базовый узел
Sandvik 15-1	Sandvik 15-1	Sandvik	✓	3	Node-776
Sandvik 10-1	Sandvik 10-1	Sandvik		?	Node-47
Sandvik 10-2	Sandvik 10-2	Sandvik			~47
Sandvik 10-3	Sandvik 10-3	Sandvik			~47
Sandvik 15-8	Sandvik 15-8	Sandvik			~47
Sandvik 15-7	Sandvik 15-7	Sandvik			~47
Sandvik 15-2	Sandvik 15-2	Sandvik			~776
Sandvik (2)	Sandvik (2)	Sandvik			~776
Sandvik 15-4	Sandvik 15-4	Sandvik			~776
Sandvik 15-3	Sandvik 15-3	Sandvik			~776
Sandvik (1)	Sandvik (1)	Sandvik			~776
Sandvik 1-1	Sandvik 1-1	Sandvik			~1242
Sandvik 1-2	Sandvik 1-2	Sandvik			~1242
Sandvik 1-3	Sandvik 1-3	Sandvik			~1242
Sandvik 1-4	Sandvik 1-4	Sandvik			~1242
Sandvik 1-5	Sandvik 1-5	Sandvik	✓	1	Node-1242

Большинство колонок таблицы доступны для редактирования. Для редактирования значения в одной ячейке нужно щелкнуть по ней левой клавишей мыши. Для редактирования всех значений в колонке применяется кнопка *Присвоить всем элементам*, например, если нужно задать один и тот же склад взрывчатого материала для всех зарядных машин. Также можно отфильтровать нужные строки, например, оборудование по типу, и присвоить значения в колонке только для отфильтрованных ячеек, например, если нужно задать один и тот же участок всем самосвалам одного типа.

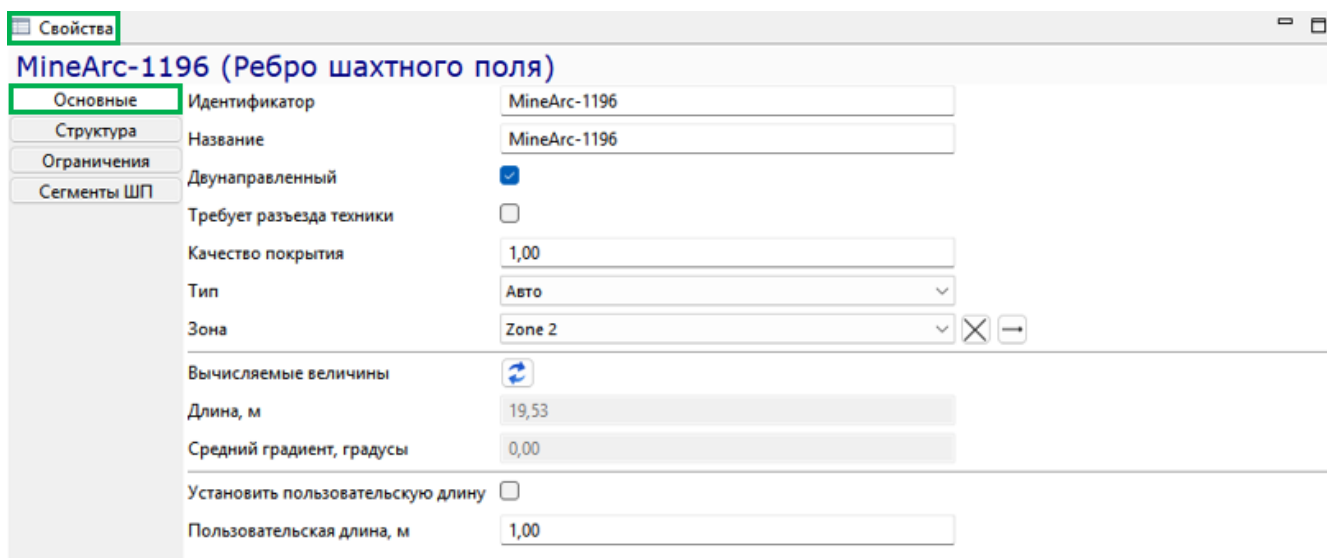
Все данные из таблиц можно скопировать и вставить в Excel для последующего анализа или сразу экспортировать в Excel.

1.3.4. Свойства

В окне **Свойства** отображаются/ редактируются свойства единицы объекта (сущности), выделенной в списке объектов. Для редактирования свойств объекта нужно выделить объект в списке и перейти в окно **Свойства**.

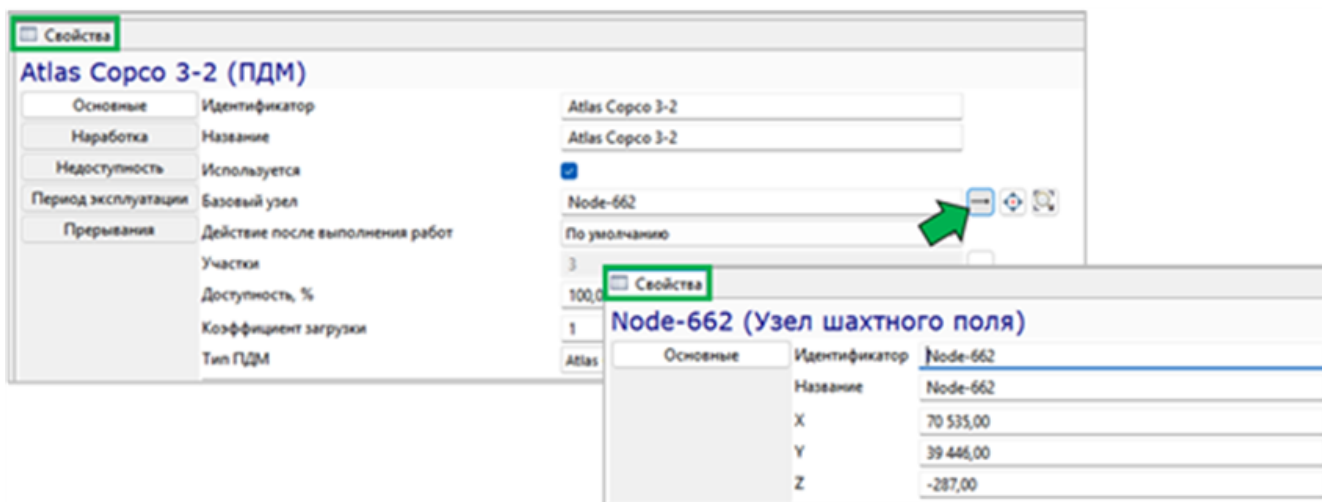



Для изменения параметров, значения которых ограничены перечислением, нужное значение выбирается из выпадающего списка, удаляется щелчком по крестику от поля.

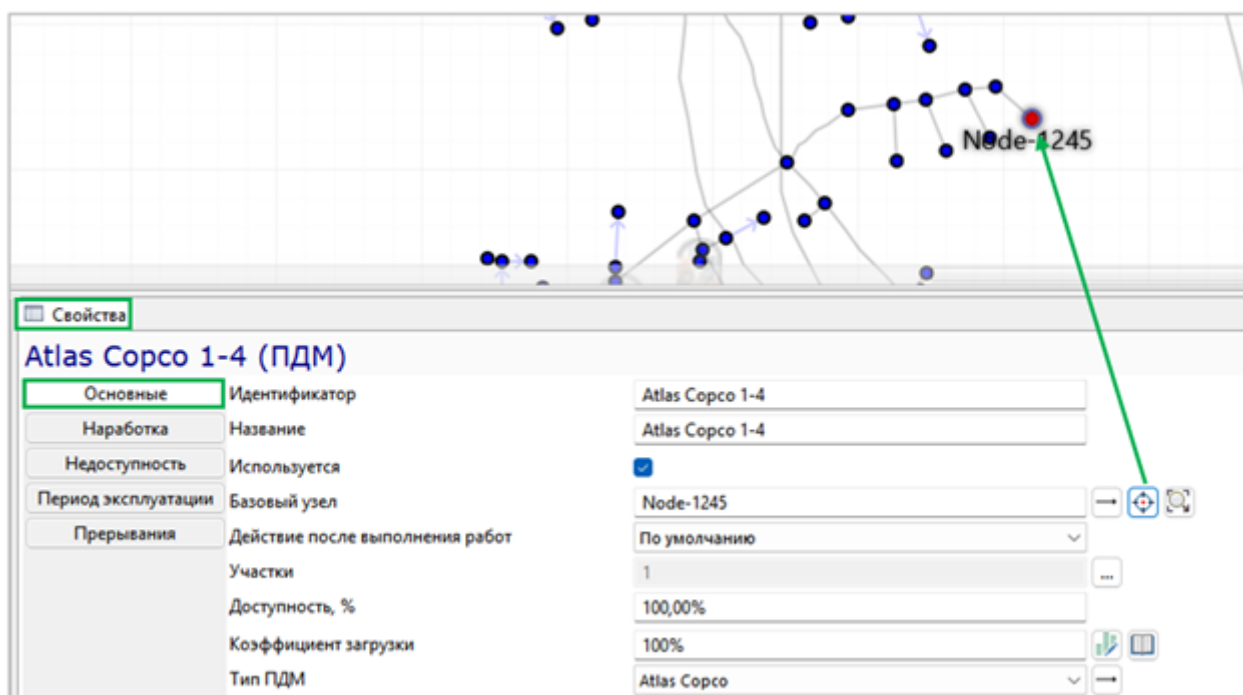


Для обновления данных используется кнопка .

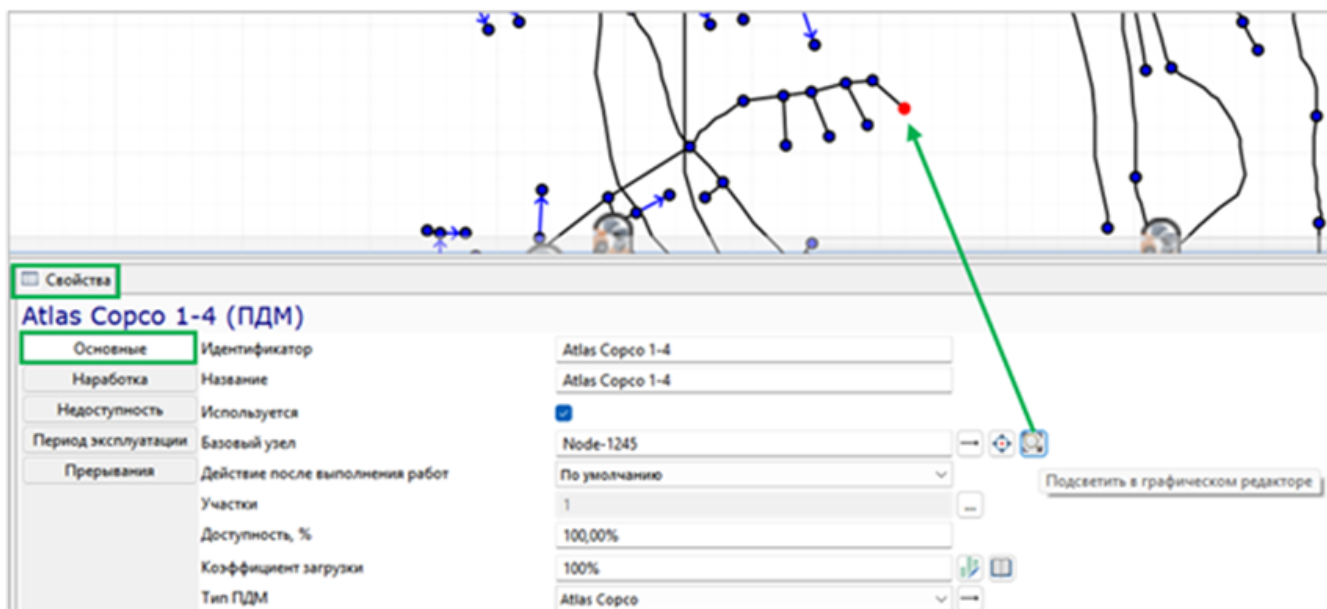
Из свойств единицы объекта доступен переход к свойствам связанных с ним объектов, например, из свойств единицы оборудования к свойствам типа этой единицы оборудования или к свойствам узла ее базирования. Для этого нужно щелкнуть мышью по стрелке справа от поля.




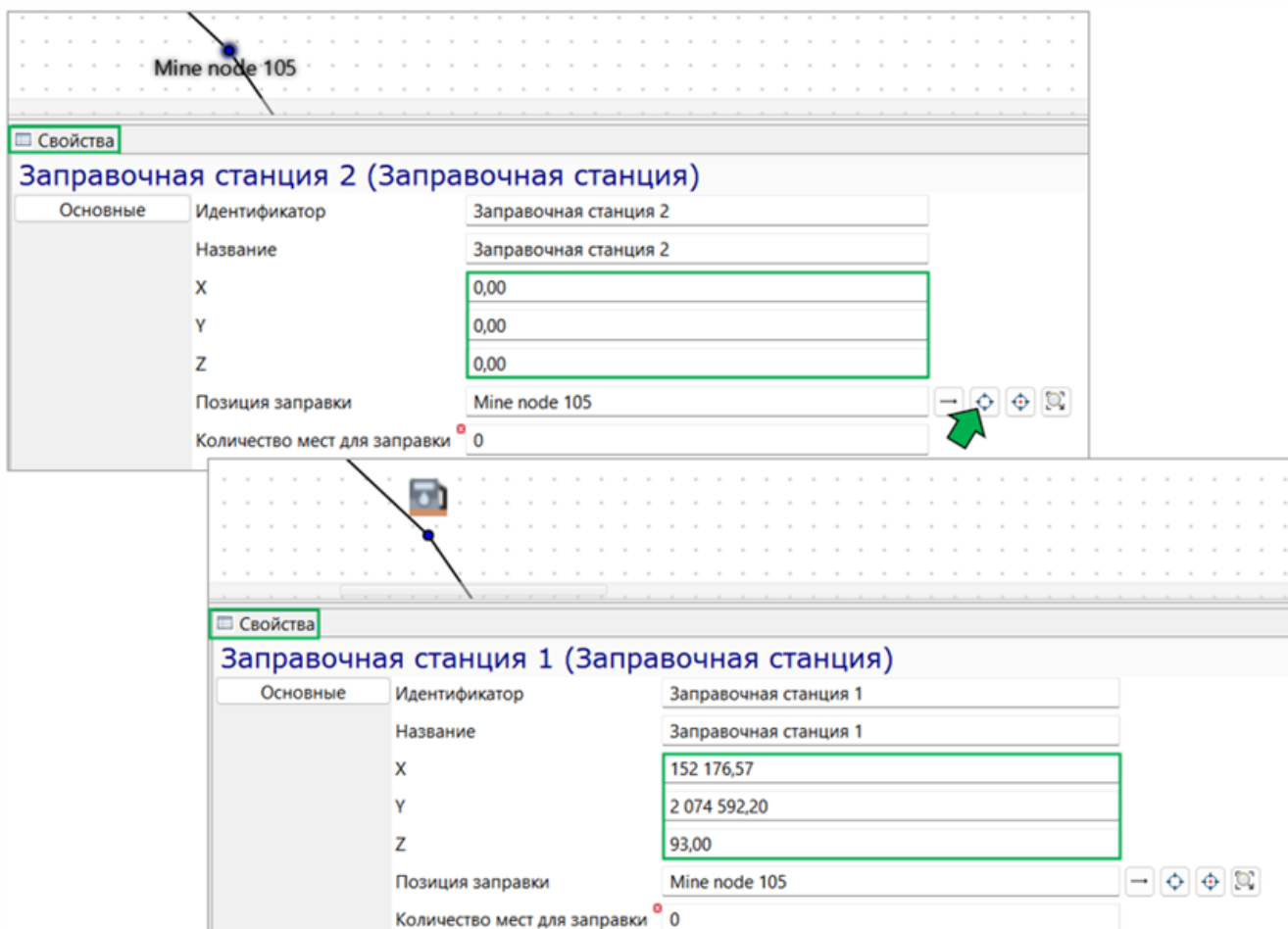
Кнопка  позволяет задать другой базовый узел, выбрав его на карте в 2D-отображении.




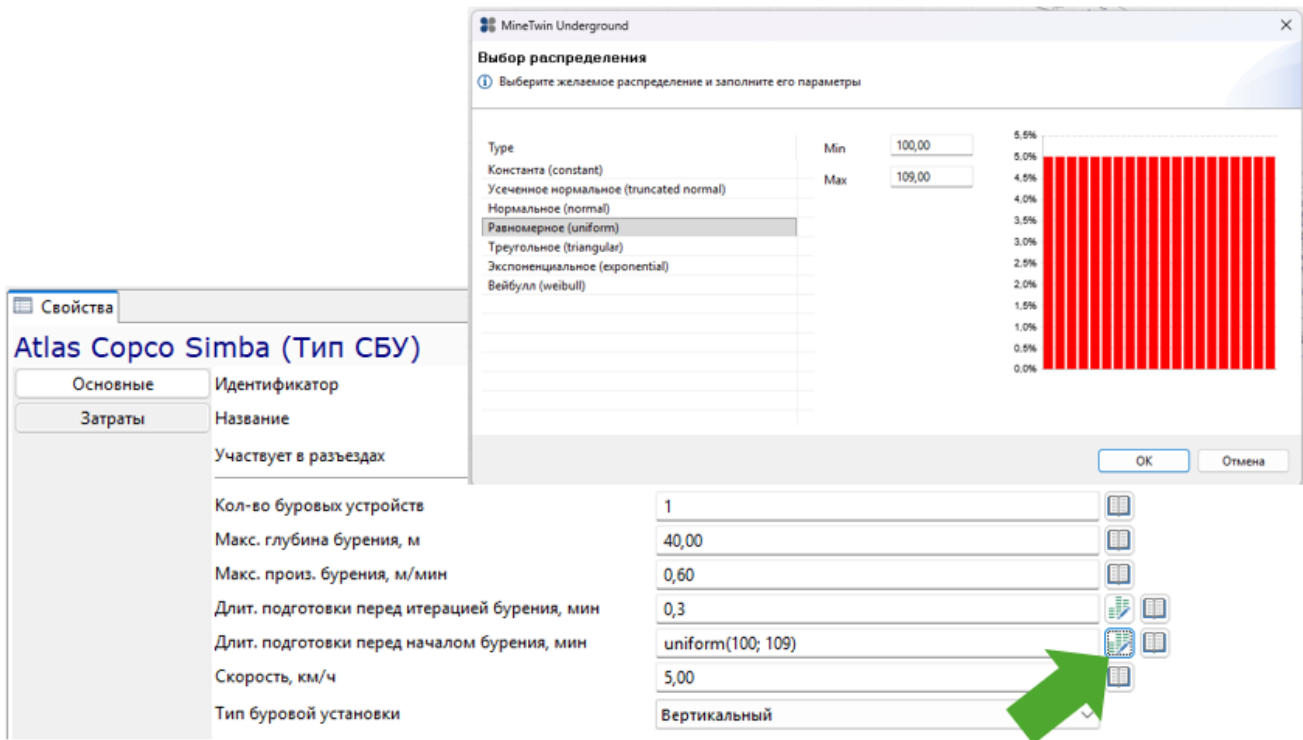
Кнопка  подсвечивает выбранный узел в графическом редакторе (на 2D-карте).



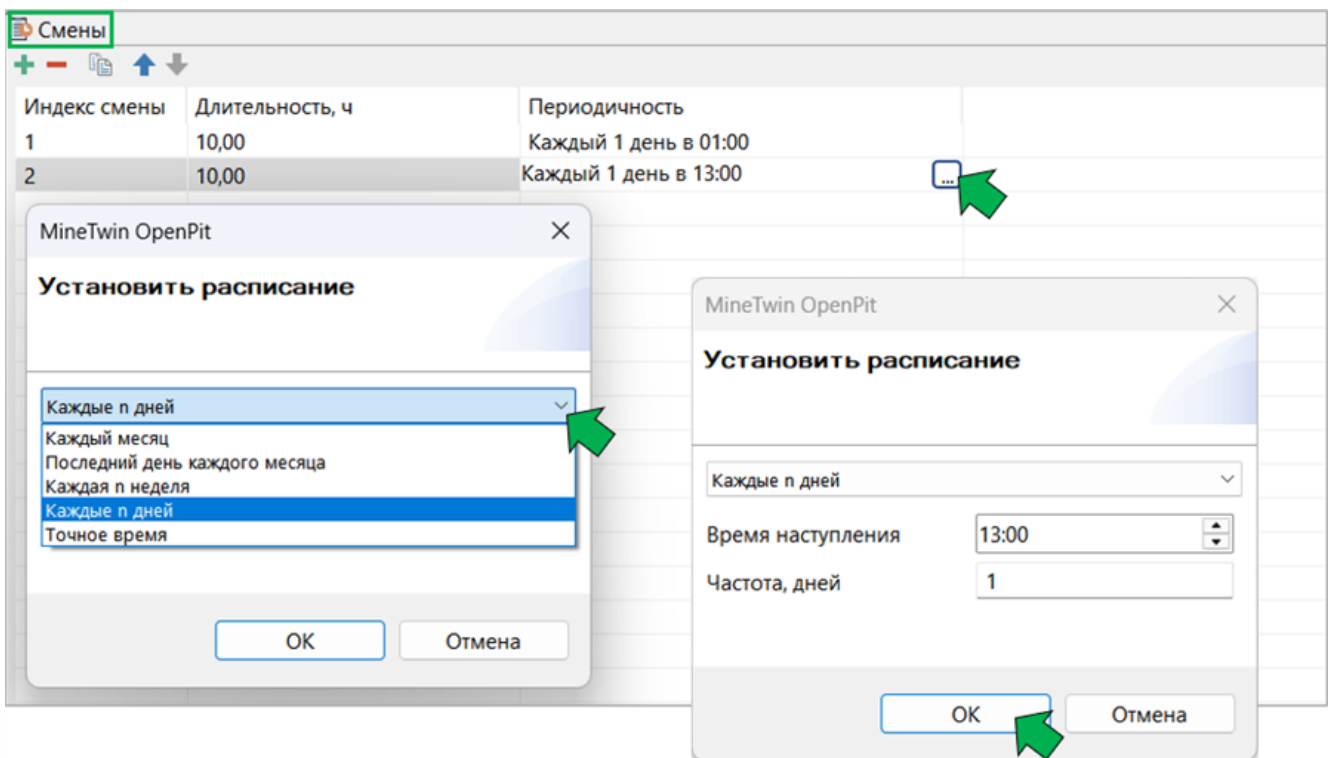
Для перемещения единицы объекта на карте рудника в точку его базового узла используется кнопка .



Все длительности в MineTwin могут задаваться постоянным значением или одним из распределений (нормальным, усеченным нормальным, равномерным, треугольным). Для задания длительности нужно перейти во всплывающее окно щелкнув мышью по кнопке  справа от поля значения длительности и в открывшемся окне выбрать подходящее распределение. Кроме того, распределение случайной величины можно задать напрямую в поле ввода.

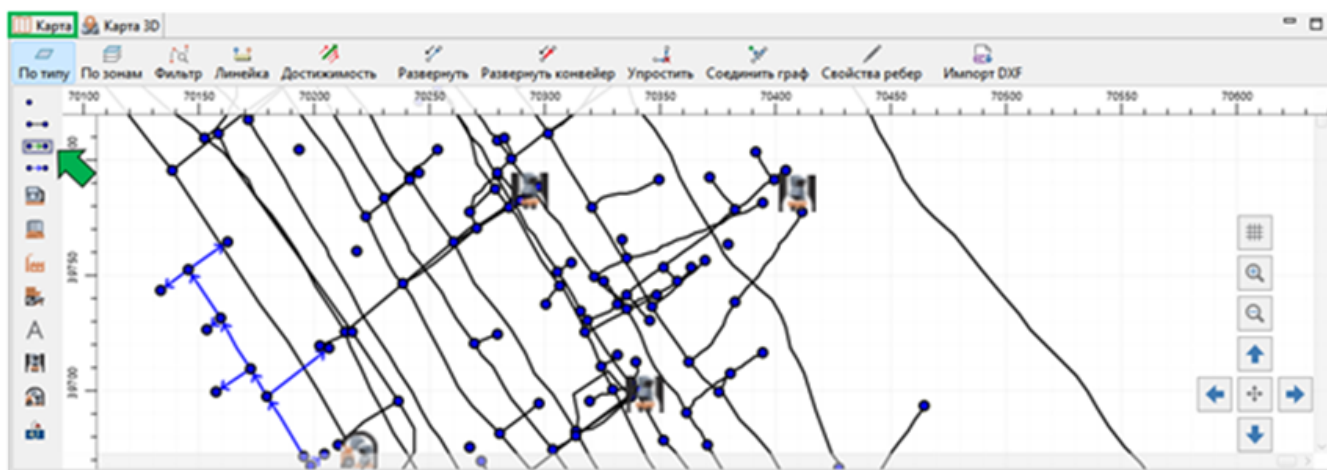


Время наступления всех периодических событий в MineTwin может задаваться точным временем или некоторой периодичностью (каждый n-ый день месяца, каждый последний день месяца, каждую неделю, каждые n дней).



1.3.5. Карта


В окне **Карта** отображается транспортная сеть рудника в двумерном пространстве. Карта в этом режиме доступна для редактирования.



Функции управления просмотром

Приближение/ удаление плана рудника производится колесом мыши. Перемещение плана осуществляется мышью при нажатой правой кнопке (способ управления картой можно изменить в [настройках](#) карты).

В правом нижнем углу окна расположена панель управления отображением карты.



Кнопка  позволяет включать/отключать координатную сетку и линейку по контуру окна.


Кнопка  позволяет центрировать карту.

Кнопки   приближают и отдаляют карту.

Кнопки     позволяют перемещать карту вверх, вниз, вправо и влево.

В верхней части окна **Карты** находится панель инструментов для работы с графами транспортной сети.




Кнопка  активирует подсветку ребер шахтного поля по функциональному назначению (типу), кнопка  активирует подсветку ребер по зонам шахтного поля.

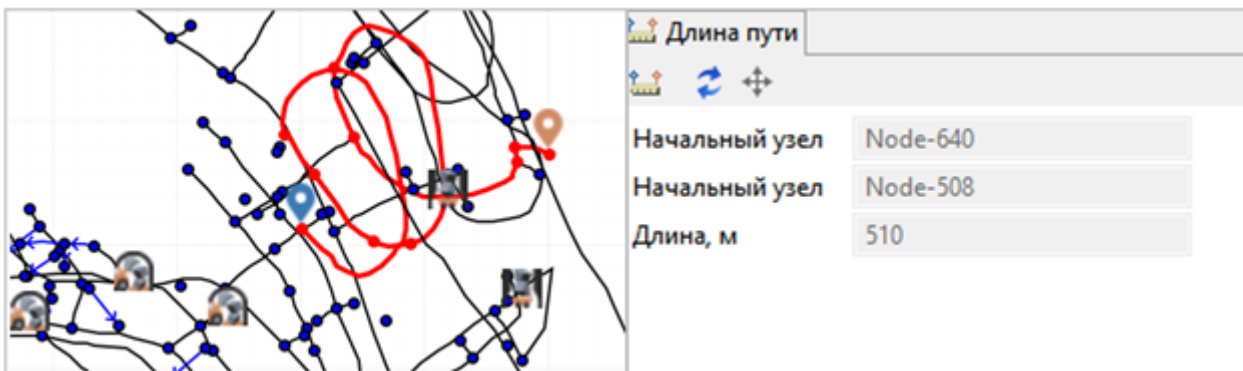
В графическом редакторе MineTwin Underground доступен просмотр отдельных областей шахтного поля, расположенных на заданной глубине. Кнопка  используется для задания диапазона по координате Z узлов шахтного поля для просмотра, например от -140 до -120.

Задание Z-диапазона отображ

Задайте Z-диапазон
отображения узлов ШП и

Мин. значение	<input type="text" value="140"/>	X
Макс. значени	<input type="text" value="-120"/>	X
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>

Кнопка  позволяет определить кратчайшее расстояние между двумя узлами шахтного поля. После нажатия на эту кнопку появляется метка , которую нужно навести на узел начала пути и щелкнуть мышью. Затем появится вторая метка , которую нужно установить на узле назначения. После этого маршрут между узлами подсветится на карте, а в открывшемся окне **Длина пути** появится информация о расстоянии между выбранными узлами шахтного поля.




Для выхода из режима измерения расстояния используется клавиша **Esc**.


Кнопка  выделяет изолированные участки транспортной сети разными цветами.

Функции редактирования карты


Кнопка  позволяет быстро изменять направление ребра шахтного поля.

Кнопка  позволяет быстро изменять направление движения конвейера.

Кнопка  оптимизирует точки перегиба ребер — удаляет точки перегиба, которые находятся на одной линии между двумя последовательными точками перегиба выбранных ребер или всех ребер сценария, если ни одно **ребро** не выбрано.

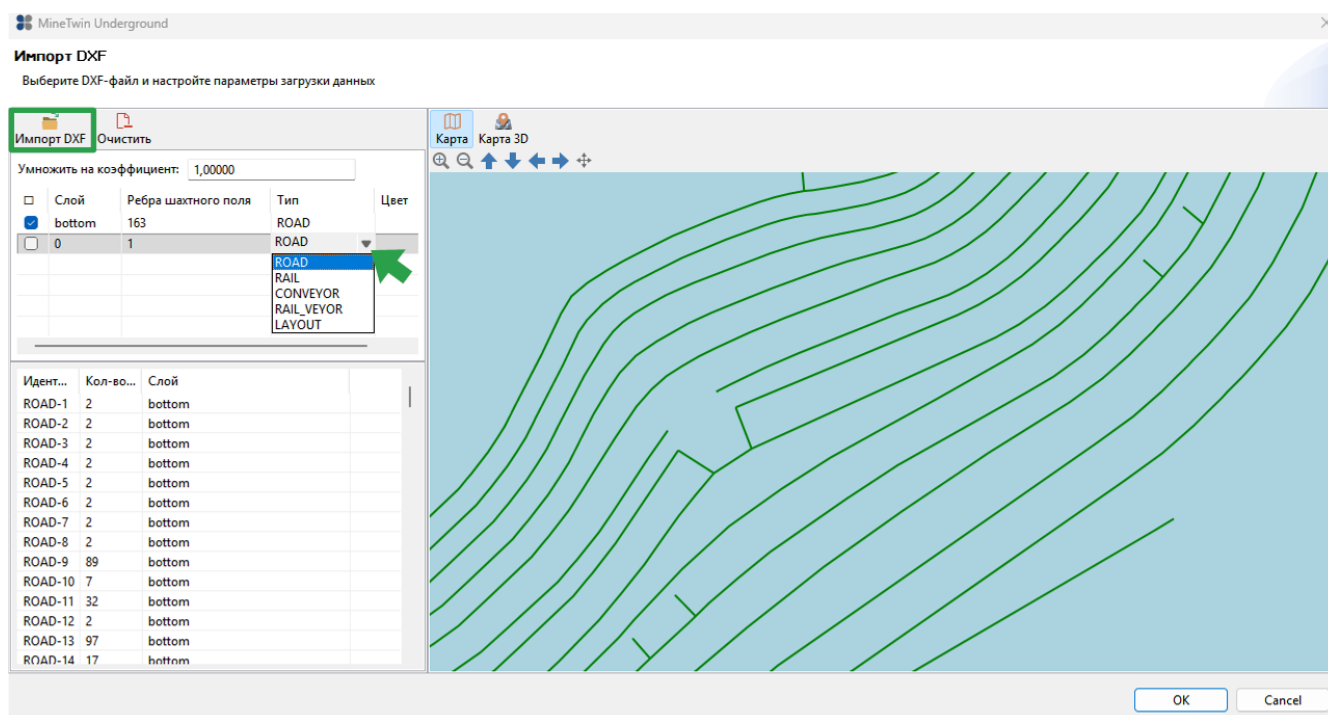
Кнопка  создаёт соединение ребра шахтного поля и узла/ребра с узлом, если расстояние между ними составляет менее 2,5 метров (по умолчанию). При слиянии выбранного ребра с узлом другого ребра, первое разбивается на два. Если ребра не выделены, то при нажатии на эту кнопку соединяются все близлежащие ребра транспортной сети в соответствии с описанным правилом.

Импорт графических данных в формате .dxf

В MineTwin Underground реализован импорт графических данных из сторонних ИТ-систем в формате .dxf. По нажатию на кнопку  открывается диалоговое окно, в котором можно выбрать нужный dxf-файл, выбрать нужные слои и импортировать их в сценарий. Если параметры импортируемой топологии заданы не в метрической системе (например, в футах), для перевода их в метрическую систему используется коэффициент. При импорте геометрии доступно назначение типа ребер:

- **ROAD** - оси дорог для передвижения самоходного транспорта
- **RAIL** - оси железнодорожного пути
- **CONVEYOR** - оси конвейерных линий
- **RAIL_VEYOR** - оси железнодорожного пути ж/д-конвейеров
- **LAYOUT** - полилинии слоя разметки, используются как вспомогательные элементы при работе с **Картой**, в моделировании не участвуют

По умолчанию всем импортируемым линиям присваивается тип **ROAD**.



Палитра

В левой части окна «Карта» расположена палитра с объектами, которые можно добавить на план карьера: узлы и ребра шахтного поля, сегменты шахтного поля, выработки, заправочные и зарядные станции, скиповые подъемники, перерабатывающие фабрики, дробилки, точки перегруза, а также объекты разметки - полилинии и текстовые обозначения.

Ломаное ребро и полилиния разметки создаются непрерывной постановкой мышью вершин/точек ломаной, завершение рисования выполняется двойным кликом левой кнопкой мыши. Если начинать рисование ломаного ребра с узла транспортной сети и/или завершать на существующем на подобном, то линия соединяется с этими узлами и ребрами

в единую сеть.

Для добавления выработки или сегмента шахтного поля нужно нажать левой кнопкой мыши на соответствующий объект на палитре, затем той же кнопкой мыши выбрать с карты необходимое ребро.

Для добавления остальных объектов палитры нужно нажать левой кнопкой мыши на объект палитры, а затем кликнуть в том месте карты, куда требуется добавить объект.

В окне **Карта** доступно множественное выделение и перемещение объектов. Для этого нужно выделить мышью объекты и перемещать их стрелками клавиатуры.

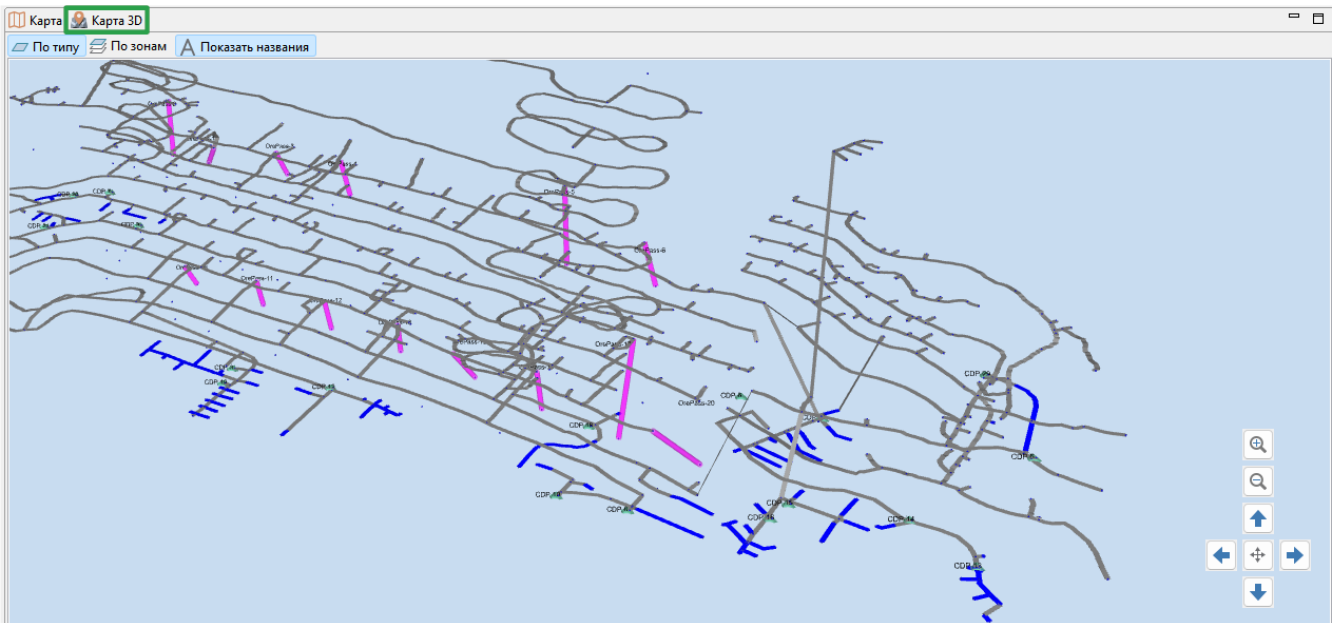
Двойным кликом мыши по строке с единицей объекта в окне с их списком соответствующая единица выделяется на карте.

The screenshot displays the software interface with a 2D map of a mine shaft network. The map shows various nodes and edges, with some nodes labeled like 'ОкеPass-9', 'CDP-27', and 'MineArc-976'. A red line highlights a specific path on the map. A green arrow points from the 'MineArc-110' row in the table below to the corresponding red line on the map.

Идентификатор	Сегменты шахтного поля	Тип	Зона	Встречное движение	Обгон движущегося оборудования	Обгон остано...	Время обгона...	Дву
MineArc-107		Авто		✓	✓	✓	0	✓
MineArc-108		Авто		✓	✓	✓	0	✓
MineArc-109		Авто		✓	✓	✓	0	✓
MineArc-110		Авто		✓	✓	✓	0	✓
MineArc-111		Авто		✓	✓	✓	0	✓

1.3.6. Карта 3D

В окне **Карта 3D** отображаются объекты рудника в трехмерном пространстве. Этот режим предназначен только для просмотра.





Перемещение плана по умолчанию производится мышью при нажатой левой кнопке мыши, поворот – при нажатой правой кнопке мыши. (Способ управления картой можно изменить в [настройках](#) карты).

В левом нижнем углу окна расположена панель управления отображением модели.

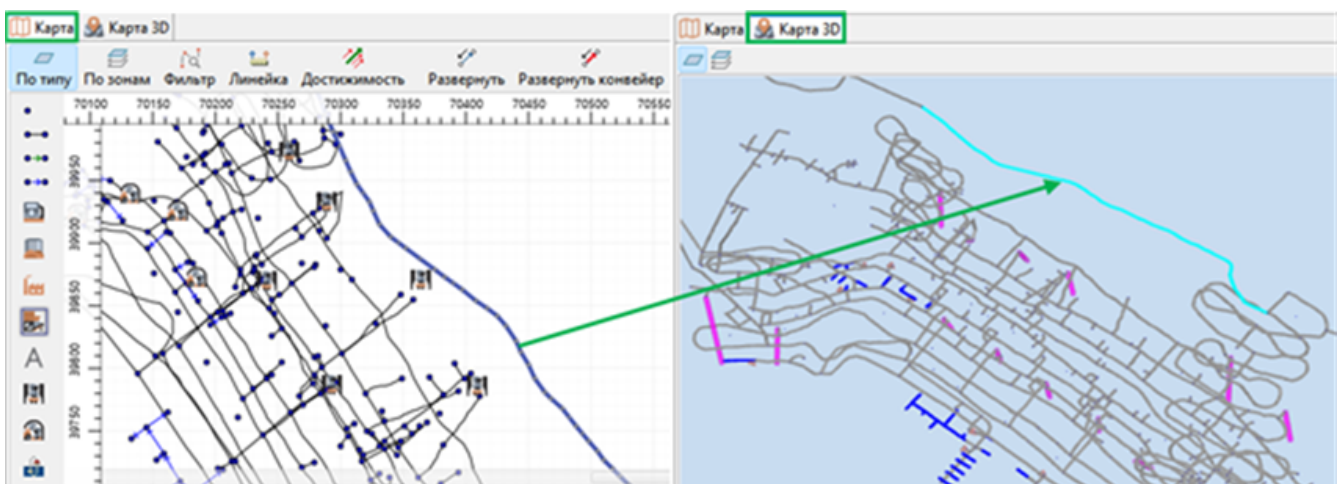
Кнопки  позволяют приближать и отдалять 3D-карту рудника.

Кнопка  позволяет центрировать 3D-карту.

Кнопки  позволяют перемещать 3D-карту вверх, вниз, вправо и влево.

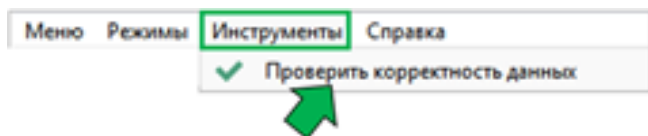
Кнопка  активирует подсветку ребер шахтного поля по умолчанию, кнопка  активирует подсветку ребер по [зонам](#) шахтного поля. Кнопки расположены в верхней части окна 3D-карты.

Карты в 2D и 3D синхронизированы: при выделении объекта на одной карте он подсвечивается на другой.

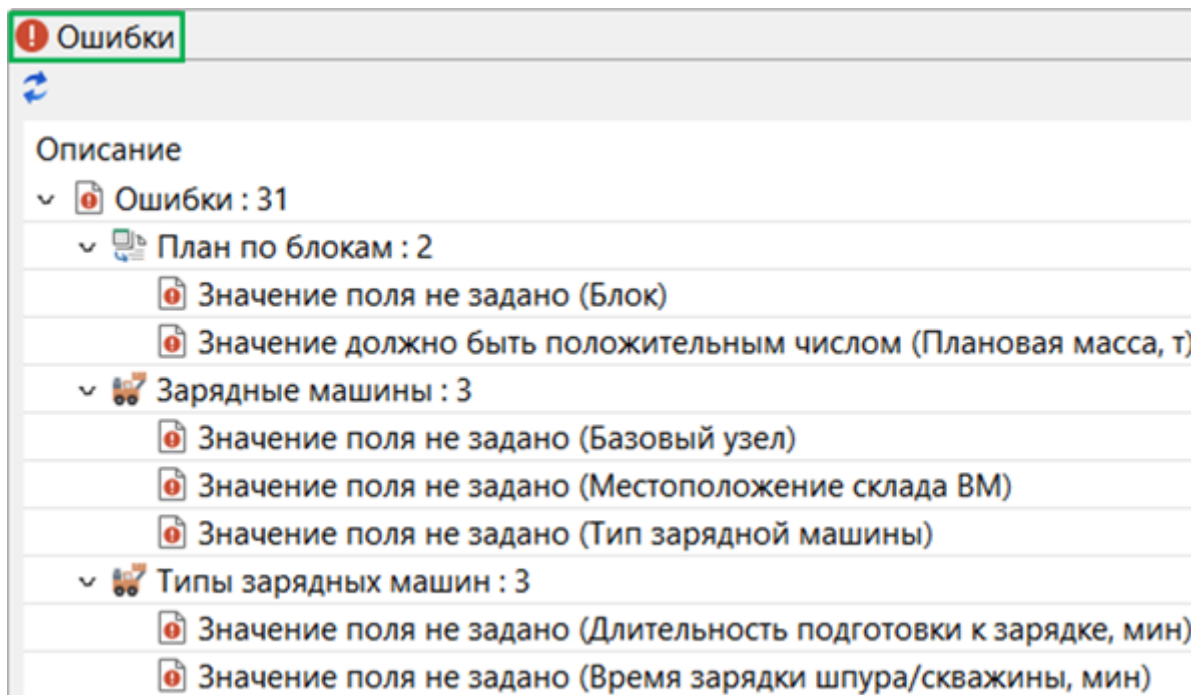


1.3.7. Ошибки

После создания/ редактирования сценария необходимо проверить его корректность, используя кнопку *Проверить корректность данных* в группе **Инструменты** в строке меню или в строке инструментов на вкладке **Редактор сценария**.




Если данные заданы неправильно или данных не хватает, появится сообщение об ошибках, список которых появится в окне **Ошибки**.



Сообщения об ошибках могут быть двух типов:

- Ошибки, при наличии которых планирование невозможно
- Предупреждения о нехватке некоторых данных, не препятствующих планированию

По щелчку мыши в каждой строке списка ошибок в окне **Свойства** открываются свойства объекта, в которых произошла ошибка, и пользователь может оперативно ее исправить.

Кнопка  в правом верхнем углу окна **Ошибки** служит для обновления списка ошибок после их исправления.

1.4. Сценарий

Сценарий – корневой объект рассматриваемой предметной области.

Элемент дерева объектов **Сценарий** содержит общие параметры, относящиеся к планированию и моделированию подземных работ.

На вкладке с **Основными** свойствами сценария содержатся:

- **Имя файла**
- **Дата и время начала и окончания** планирования и моделирования
- **Моделировать заправку и зарядку оборудования** — при установленной отметке моделируется процесс восполнения топлива/энергозаряда оборудования; если отметка не установлена, расход энергоресурса рассчитывается, но движение на станцию и процесс заправки/зарядки не моделируется
- **Остановить при отсутствии руды** – при включенной функции моделирование останавливается как только в выработках заканчивается руда, даже если дата окончания моделирования не наступила
- **Описание** – комментарии к сценарию (при необходимости).

Свойства

Demo scenario Underground (Сценарий)

Основные: Имя файла: Demo scenario Underground

Планирование: Дата начала: 01.04.2023 00:00; Дата окончания: 01.05.2023 00:00

Для экспертов: Моделировать заправку и зарядку оборудования: ; Остановить при отсутствии руды:

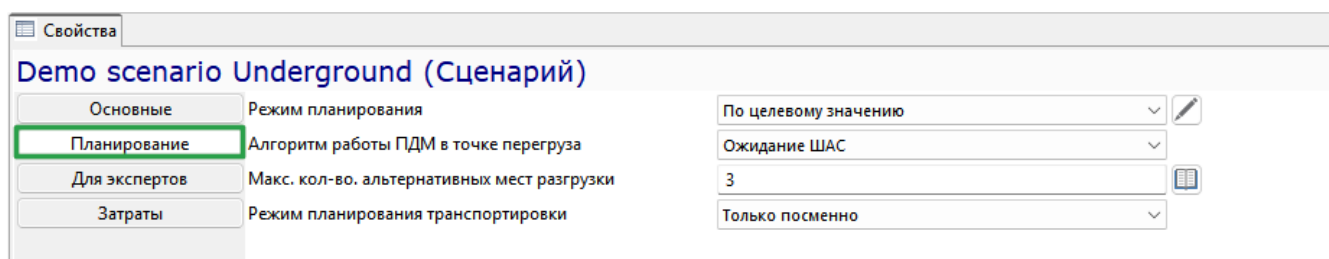
Затраты: Описание: Пусковой комплекс

Группа свойств **Планирование** позволяет задать следующие параметры:

- **Режим планирования:**
 - по *целевому значению* – планирование осуществляется в соответствии с целевыми показателями для всего рудника
 - по *выработкам* – план по выработкам задает сколько горной массы и какого качества должно быть добыто в требуемый плановый период из указанной выработки
- **Алгоритм работы ПДМ в точке перегруза** - параметр используется при планировании транспортировки горной массы из выработки в точку перегруза погрузочно-доставочными машинами. После разгрузки в точке перегруза ПДМ может либо остаться ждать ШАС для его загрузки, либо начать следующий рейс из выработки. При выборе значения параметра "Ожидание ШАС" ПДМ остается в точке перегруза, если:
 - в точке перегруза работает хотя бы один ШАС
 - с данной точкой перегруза не работают другие ПДМ
 - текущее количество горной массы в точке перегруза больше, чем суммарная вместимость всех ШАС, которые работают с этой точкой перегруза. Во всех остальных случаях ПДМ разгружается в точке перегруза и покидает ее. Смысл этого параметра в том, чтобы в точках перегруза не накапливалась горная масса и при этом ПДМ не ожидали ШАС больше, чем это необходимо
- **Макс. количество альтернативных мест разгрузки** - определяет количество дополнительных мест разгрузки в случае, если запланированное планировщиком место разгрузки (рудоспуск или точка перегруза) заполняется до заданного уровня. Если

параметр равен нулю, т.е. альтернативных маршрутов нет, то при наполнении ближайшего места разгрузки, например, точки перегруза окисленной руды до заданного уровня, транспортировка окисленной руды прекращается до тех пор, пока в запланированном месте разгрузки не освободится место или пока не закончится смена. Другие места разгрузки, принимающие окисленную руду, в течение смены не будут использоваться. Если альтернативные места разгрузки есть, то при наполнении места разгрузки до заданного уровня ШАС/ПДМ внутри смены начнут транспортировать горную массу в альтернативные рудоспуски или точки перегруза

- **Перцентиль для оценки СВ, доли** – технический параметр, определяет диапазон колебания случайных величин. Результатом вычисления является число, оно уже не варьируется в ходе планирования. Например, при равномерном типе распределения длительности операции от 5 до 10:
 - Если перцентиль задан как 0% - то в планировании будет использоваться минимальное возможное значение 5
 - Если перцентиль задан как 100% - то в планировании будет использоваться максимальное возможное значение 10
 - Если перцентиль задан как 20% - то в планировании будет использоваться 6, т.к. с вероятностью 20% в равномерном распределении от 5 до 10 значение будет от 5 до 6
 - Если перцентиль задан как 40% - то в планировании будет использоваться 7.
- **Режим планирования транспортировки:**
 - *Только посменно* – задачи формируются только в начале каждой смены; в течение смены не обновляются
 - *Только динамически* – новая задача назначается каждому самосвалу сразу после завершения рейса
 - *Посменно и динамически* – задачи формируются по сменам, но дополняются динамически, если самосвал простаивает (например, из-за поломки экскаватора или досрочного завершения работ).



На вкладке **Для экспертов** содержатся дополнительные технические настройки:

- Определение моментов проверки заполненности запланированного места разгрузки и выбора **альтернативных мест разгрузки ШАС:**
 - *Перед началом движения на разгрузку*
 - *Перед постановкой в очередь на разгрузку*
 - *Перед началом разгрузки*
- Задание **точности сравнения дистанции, скорости и времени** при моделировании

- **Случайное начальное значение** — это начальное значение, которое используется в генераторах случайных чисел для создания последовательности случайных чисел. Это своего рода "стартовая точка", от которой зависит, какие числа будут сгенерированы. При использовании одного и того же случайного начального значения результаты моделирования сценария будут одинаковыми при каждом запуске программы. В одном и том же сценарии с разным случайным начальным значением результат моделирования может быть разным.

Свойства

Demo scenario Underground (Сценарий)

Основные	Проверять альтернативные пункты назначения для ШАС:	
Планирование	Перед началом движения на разгрузку	<input checked="" type="checkbox"/>
Для экспертов	Перед постановкой в очередь на разгрузку	<input checked="" type="checkbox"/>
Затраты	Перед началом разгрузки	<input checked="" type="checkbox"/>
Точность сравнения дистанции		1e-05
Точность сравнения скорости		1e-07
Точность сравнения времени		1e-07
Случайное начальное значение		0

На вкладке **Затраты** задаются:

- **Фиксированные затраты рудника** в месяц, рублей в месяц
- **Стоимость электроэнергии, руб/кВт** для зарядания самоходной техники с электродвигателями (зарядными батареями)
- **Стоимость топлива, руб/литр**, которая будет учитываться при расчете затрат на топливо.

Свойства

Demo scenario Underground (Сценарий)

Основные	Фиксированные затраты рудника, руб/мес	500 000,00	
Планирование	Стоимость топлива, руб/л	100,00	
Для экспертов	Стоимость энергии, руб/кВт.ч	30,00	
Затраты			

1.5. Карта

Элемент дерева объектов **Карта** содержит следующие элементы подземного рудника (шахтного поля):

- Узлы шахтного поля
- Ребра шахтного поля
- Зоны
- Участки
- Сегменты шахтного поля
- Слои разметки

1.5.1. Узлы шахтного поля

Узел шахтного поля – элемент графа транспортной сети горнодобывающего предприятия, которому соответствует одна точка в двумерном пространстве.

Основные	Идентификатор	Node-1249
	X	70 647,75
	Y	39 078,00
	Z	0,00

Узел шахтного поля характеризуется следующими основными параметрами:

- Уникальный **идентификатор**
- X-, Y-и Z-координаты

1.5.2. Ребра шахтного поля

Ребро шахтного поля – элемент графа транспортной сети, соединяющий два узла шахтного поля.

Основные	Идентификатор	MineArc-969
Узлы и точки	Тип	Авто
Ограничения	Двунаправленный	<input checked="" type="checkbox"/>
Сегменты ШП	Встречное движение	<input checked="" type="checkbox"/>
	Обгон движущегося оборудования	<input checked="" type="checkbox"/>
	Обгон остановившегося оборудования	<input checked="" type="checkbox"/>
	Время обгона остановившегося оборудования, мин	0
	Качество покрытия	1,00
	Сопротивление качению, %	2,00%
	Ограничение скорости, км/ч	0,00
	Вычисляемые величины	<input checked="" type="checkbox"/>
	Длина, м	667,93
	Уклон, %	0,60
	Установить пользовательскую длину	<input type="checkbox"/>
	Пользовательская длина, м	1,00

Ребро шахтного поля характеризуется следующими параметрами:

- Уникальный **идентификатор**
- **Тип ребра:** Авто, ЖД, Конвейер, Ж/Д конвейер
- **Двунаправленный** — параметр, указывающий, возможно ли перемещение по ребру в обоих направлениях
- **Встречное движение** — параметр, указывающий разрешено ли встречное движение. Если не разрешено - оборудование остановится перед ребром, чтобы пропустить тех, кто едет во встречном направлении

- **Обгон движущегося оборудования** - параметр указывает, разрешено ли опережение транспортных средств, движущихся в том же направлении с более низкой скоростью
- **Обгон остановившегося оборудования** - параметр определяет, возможен ли объезд остановившегося оборудования на этом ребре другими транспортными средствами
- **Время обгона остановившегося оборудования, мин** - дополнительное время, которое транспортные средства потратят на объезд остановившегося оборудования на этом ребре
- **Качество покрытия** — коэффициент, который корректирует базовую скорость оборудования при движении по этому ребру
- **Сопротивление качению, %** - процент сопротивления движению, которое возникает при перекачивании шин колесных транспортных средств по поверхности дороги. Параметр влияет на скорость движения оборудования при применении правила расчета скорости "Зависит от кривой тягового усилия"
- **Ограничение скорости, км/ч** - максимально разрешенная скорость движения всех видов транспорта по этому ребру
- **Длина** в метрах, рассчитанная в зависимости от координат X и Y узлов и точек перегиба ребра
- **Уклон, %** - отношение разницы высот между начальным и конечным узлами ребра к длине его горизонтальной проекции, выраженное в процентах
- **Установить пользовательскую длину** — функция позволяет задать длину ребра без учета координат и масштабирования
- **Пользовательская длина** — условное значение длины ребра в метрах

На отдельной вкладке свойств ребра шахтного поля отображается структура ребра – ссылки на начальный и конечный узел ребра шахтного поля и список точек ломаной (точек перегиба ребра).

Свойства

MineArc-1016 (Ребро шахтного поля)

Основные Начальный узел Node-960

Узлы и точки X 70 626,00

Ограничения Y 38 830,00

Сегменты ШП Z -310,00

Конечный узел Node-962

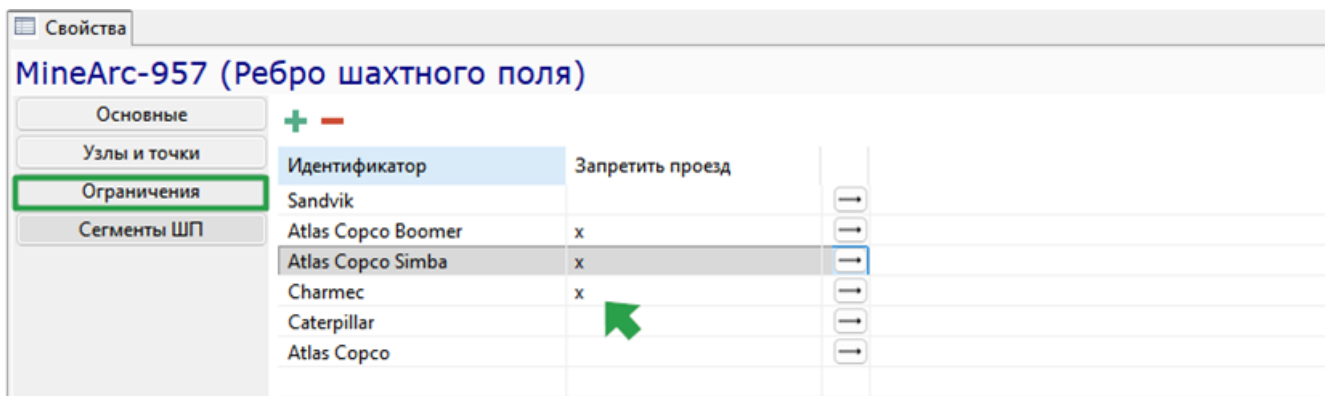
X 70 620,00

Y 38 819,00

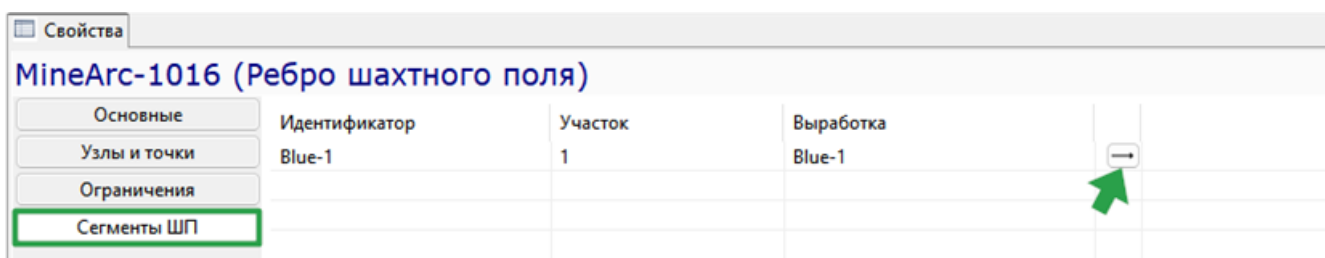
Z -310,00

X	Y	Z
70 625,00	38 827,00	-310,00

В группе **Ограничения** можно запретить перемещение определенных типов оборудования по ребру транспортной сети, отметив их галочкой.



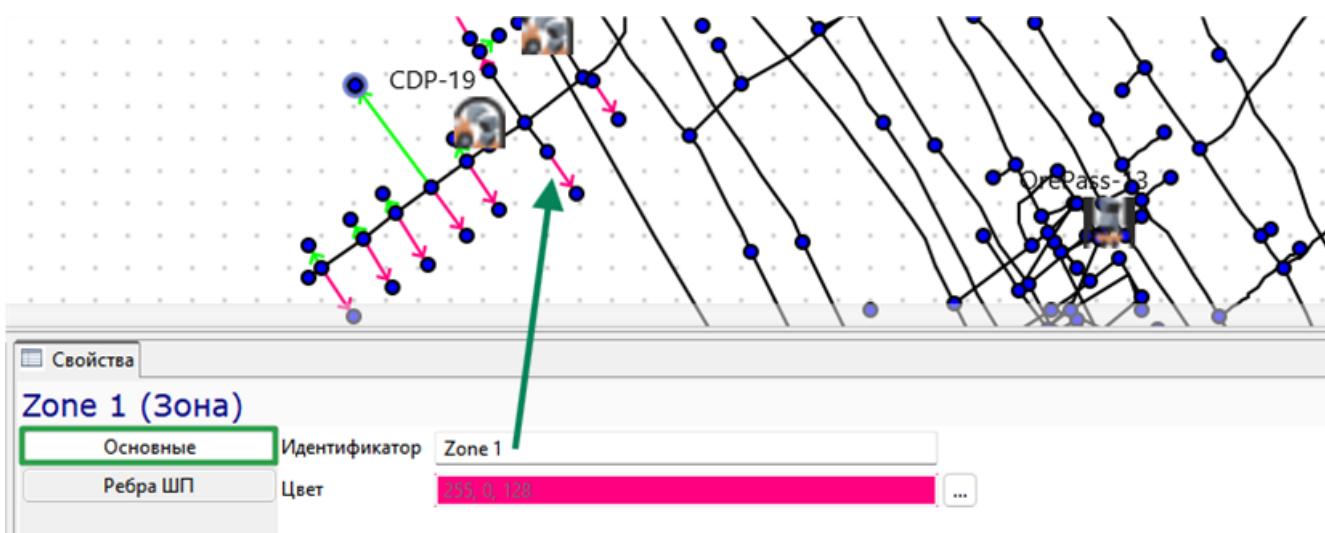
На вкладке **Сегменты ШП** свойств ребра отображается ссылка на [сегмент](#) шахтного поля, частью которого является данное ребро.



По стрелке, расположенной справа в строке с названием выработки, осуществляется переход к свойствам сегмента ШП.

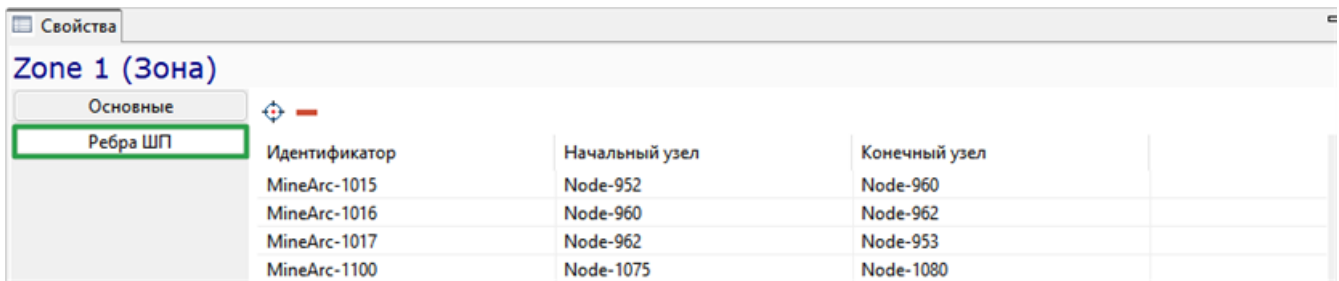
1.5.3. Зоны шахтного поля



В объекте **Зоны** задается список вариантов цветового обозначения ребер на карте шахтного поля. Например, пользователь может создать зону шахтного поля, обозначающую дороги, подлежащие зачистке, и затем и применить эту зону (цвет) для всех ребер, требующих зачистки.



Зона шахтного поля характеризуется уникальным идентификатором, названием и цветом.

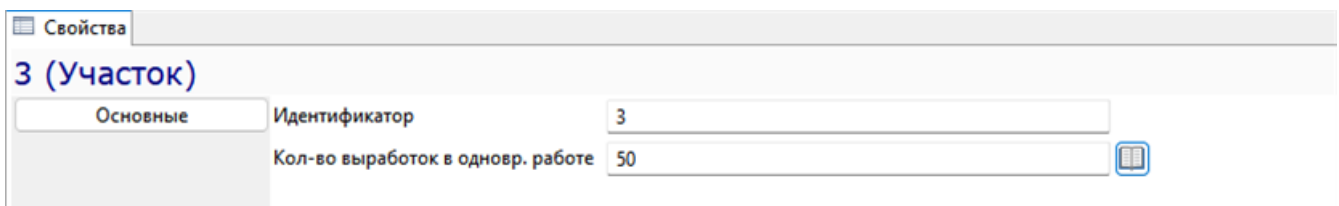
На вкладке **Ребра ШП** свойств зоны содержится список ребер шахтного поля, входящих в данную зону.



Здесь доступно добавление ребра выбором его на шахтном поле с помощью кнопки  или удаление ребра из зоны шахтного поля (.

1.5.4. Участки

Добычной участок служит для логического объединения нескольких смежных выработок. За участками может закрепляться определенное оборудование/ транспорт.



Участок в MineTwin Underground характеризуется следующими основными параметрами:

- **Уникальный идентификатор**
- **Максимальное допустимое количество выработок в одновременной работе** – параметр, ограничивающий ведение работ на участке даже при наличии достаточного количества оборудования. Например, к отработке доступно 10 выработок, но пользователь задал ограничение, равное 5. Тогда обрабатываться будут только 5 выработок. Работы в шестой выработке начнутся только после того, как завершатся в одной из первых 5 и т.д.

1.5.5. Сегменты шахтного поля

Сегмент шахтного поля – упорядоченный набор ребер шахтного поля, используемый для задания расположения выработки. Сегменту шахтного поля соответствует направленная ломаная линия в трехмерном пространстве.



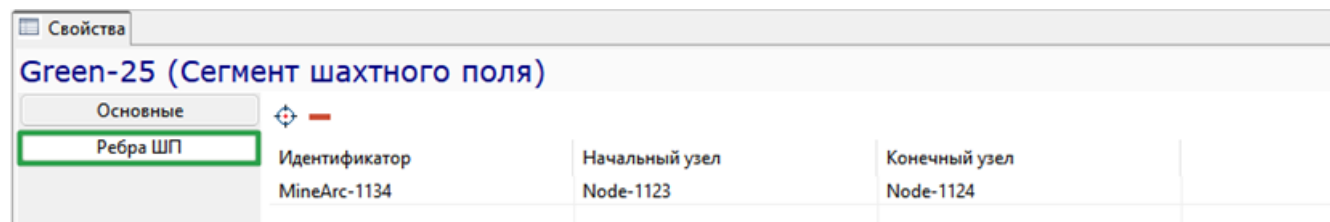
Сегмент шахтного поля характеризуется следующими основными параметрами:



- **Уникальный идентификатор**
- **Длина, м** – автоматически рассчитывается как сумма длин ребер шахтного поля, из

которого состоит данный сегмент

- **Участок** – добычной участок, к которому относится данный сегмент шахтного поля
- **Выработка** – ссылка на выработку, которой соответствует данный сегмент

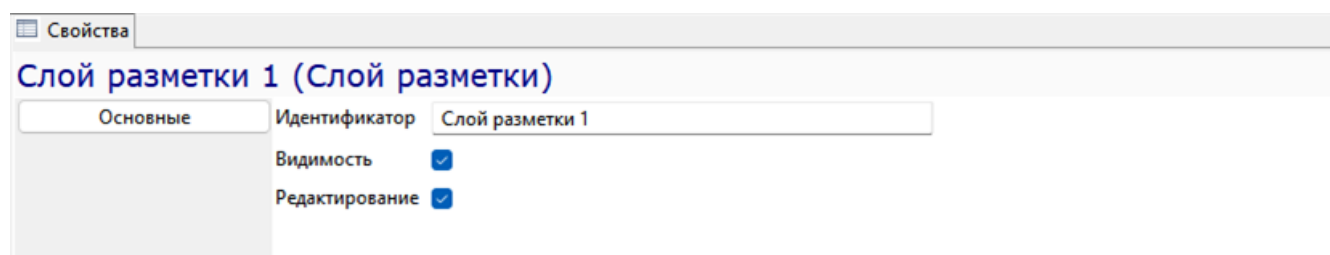
На вкладке **Ребра ШП** свойств сегмента шахтного поля содержится список ребер шахтного поля, из которых состоит данный сегмент.




Здесь доступно добавление ребра выбором его на шахтном поле с помощью кнопки  или удаление ребра из состава сегмента шахтного поля ().

1.5.6. Слои разметки

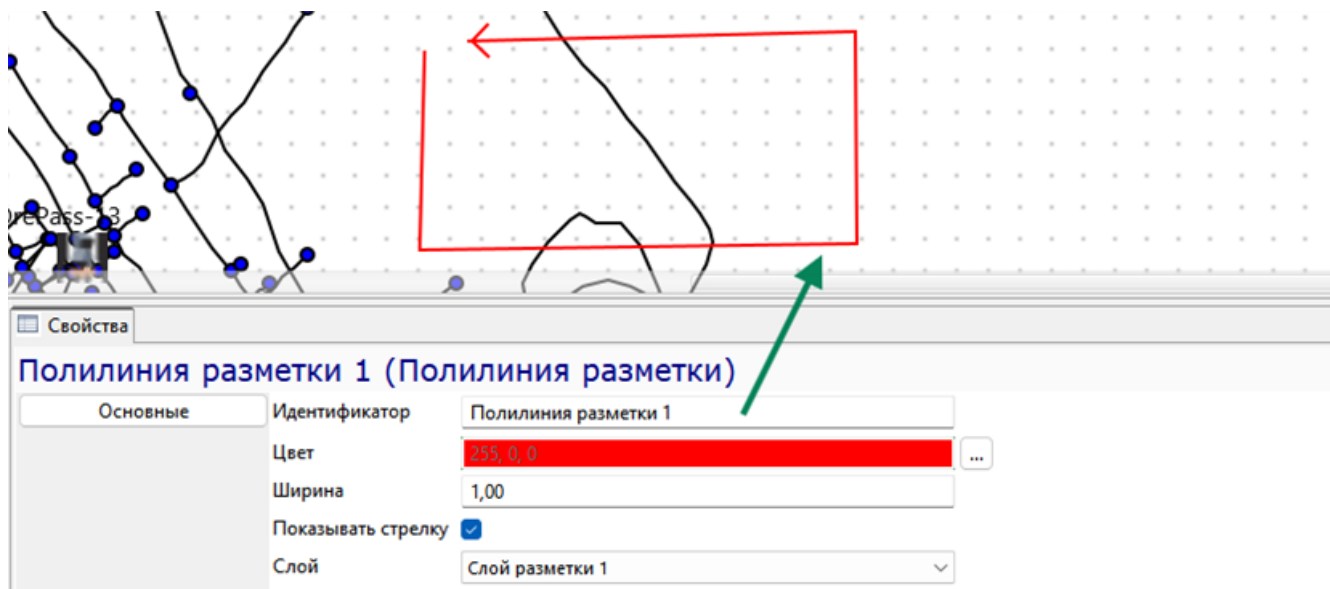
Элемент дерева объектов **Слои разметки** содержит список слоев, каждый из которых включает две группы объектов: **Полилинии** и **Текстовые обозначения**. Объекты слоев разметки служат в качестве дополнительной информации при работе с картой и не участвуют в моделировании. В свойствах слоя можно включить/отключить его видимость и возможность редактирования.



Полилинии

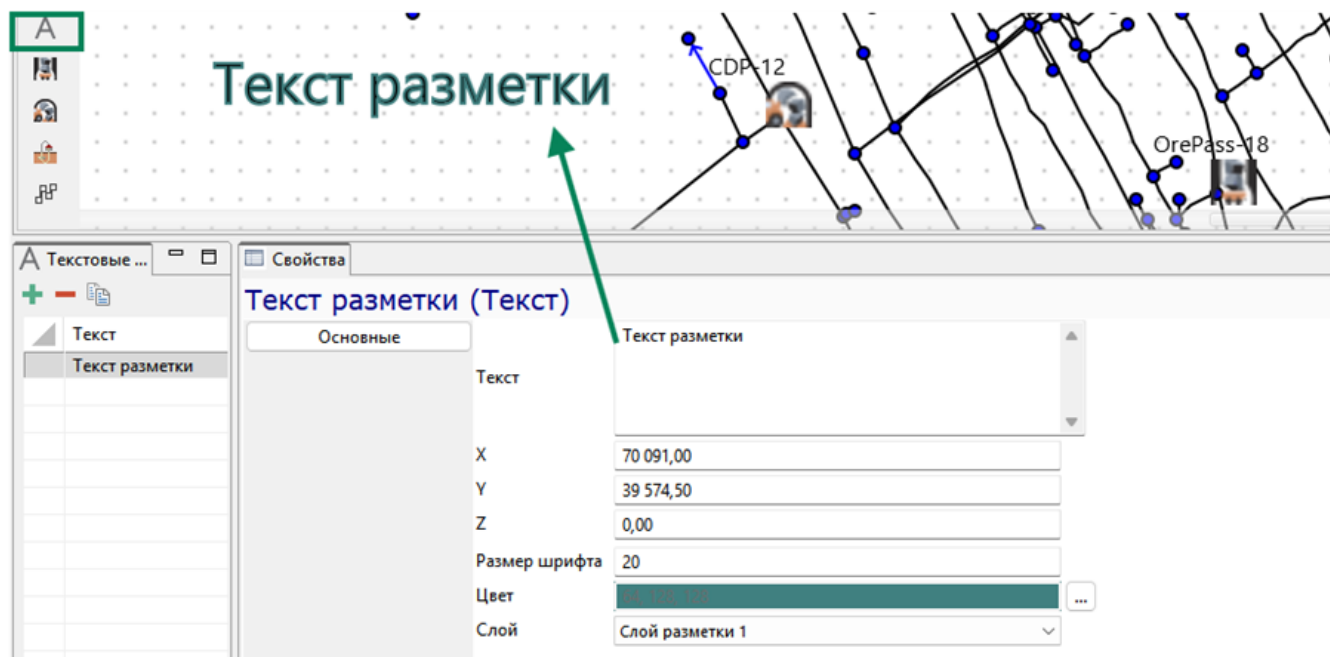
Группа **Полилинии** выбранного **Слоя разметки** содержит набор созданных в приложении или загруженных из файла .dxf полилиний. Добавление нового элемента на карту возможно с использованием кнопки  из палитры, расположенной в левой части окна 2D-карты. Свойства **Полилинии** содержат:

- Уникальный **Идентификатор**
- **Цвет** - возможность установить цвет выбором из палитры
- **Ширина** - толщина линии в пикселях
- **Показывать стрелку** - функция включения/отключения отображения стрелки на последней точке полилинии
- **Слой** - перенос полинии в необходимый слой выбором из списка доступных слоев разметки



Текстовые обозначения

Элемент дерева объектов **Текстовые обозначения** содержит перечень добавленных на карту текстовых меток. Добавление нового элемента на карту возможно с использованием кнопки **A** из палитры, расположенной в левой части окна 2D-карты. В окне свойств доступен набор текста обозначения, установка размера шрифта, цвета и слоя разметки, в котором будет находиться текст.



1.6. Энергоресурсы

Группа дерева объектов «Энергоресурсы» содержит элементы карьера/ разреза:

- Заправочные станции
- Зарядные станции встроенных аккумуляторов
- Зарядные станции сменных аккумуляторов
- Типы встроенных аккумуляторов

- Типы сменных аккумуляторов

1.6.1. Заправочные станции

Заправочная станция – элемент транспортной инфраструктуры, предназначенный для заправки оборудования топливом.

Свойства		Заправочная станция 1 (Заправочная станция)	
Основные	Идентификатор	Заправочная станция 1	
	X	0,00	
	Y	0,00	
	Z	0,00	
	Позиция заправки	Node-433	
	Участки	2, 3	
	Количество мест для заправки	1	

Заправочная станция характеризуется следующими параметрами:

- Уникальный **идентификатор**
- **X, Y и Z** – координаты
- **Позиция заправки** – узел транспортной сети, в котором находится единица оборудования во время заправки на заправочной станции
- **Участки** - добычные участки, оборудование которых может заправляться на этой заправочной станции
- **Количество мест для заправки** - количество единиц оборудования, которые могут одновременно заправляться на данной станции.

1.6.2. Зарядные станции встроенных аккумуляторов



Зарядная станция встроенных аккумуляторов — элемент транспортной инфраструктуры, предназначенный для подзарядки аккумуляторов, которые конструктивно встроены в оборудование и не извлекаются из него.

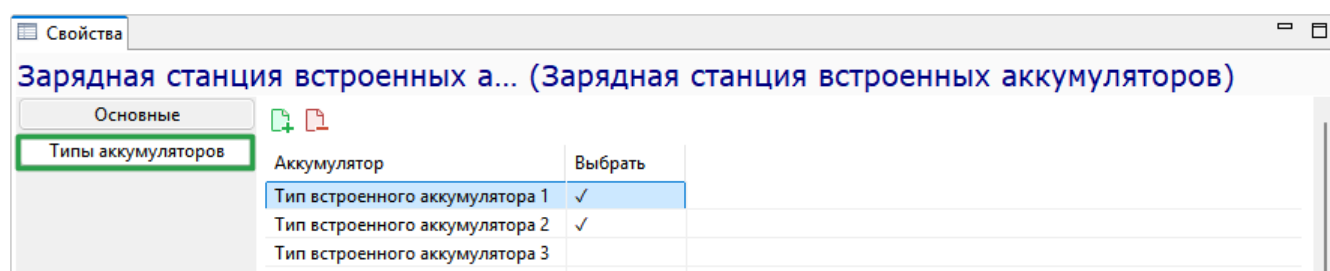
Свойства		Зарядная станция встроенных а... (Зарядная станция встроенных аккумуляторов)	
Основные	Идентификатор	Зарядная станция встроенных аккумуляторов 1	
Типы аккумуляторов	X	152 552,19	
	Y	2 073 081,86	
	Z	60,00	
	Позиция зарядки	№38	
	Участки	VIOLET Area, PURPLE Area	
	Кол-во портов зарядки	1	

Основные свойства зарядной станции встроенных аккумуляторов включают:

- Уникальный **идентификатор**
- **X, Y и Z** – координаты узла транспортной сети, в которой располагается станция

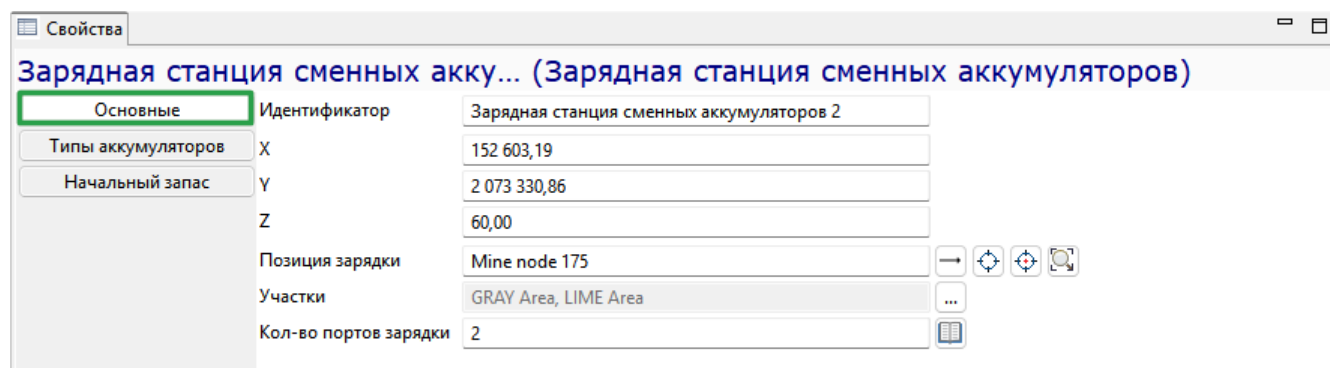
- **Позиция зарядки** – идентификатор узла транспортной сети, в котором находится единица оборудования во время зарядки аккумулятора
- **Участки** - добычные участки, оборудование которых может заряжаться на этой станции
- **Количество портов зарядки** - количество единиц оборудования, которые могут одновременно заряжаться на данной станции.

На вкладке **Типы аккумуляторов** можно выбрать из списка типы встроенных аккумуляторов, которые могут заряжаться на этой станции. Типы и характеристики встроенных аккумуляторов заполняются в группе объектов **Типы встроенных аккумуляторов**. Для выбора допустимых типов необходимо проставить отметку в поле **Выбрать**. Кнопка  позволяет отметить весь список типов встроенных аккумуляторов, кнопка  удаляет все отметки.





1.6.3. Зарядные станции сменных аккумуляторов

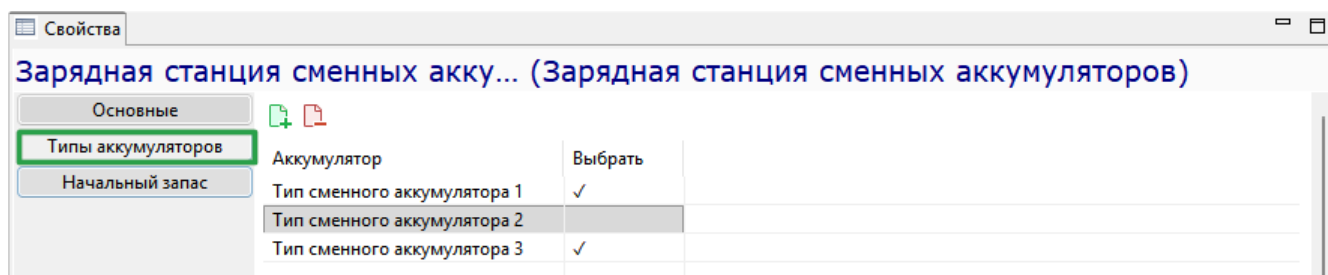
Зарядная станция сменных аккумуляторов - элемент транспортной инфраструктуры, предназначенный для замены аккумуляторов с низким зарядом на полностью заряженные и зарядки разряженных.



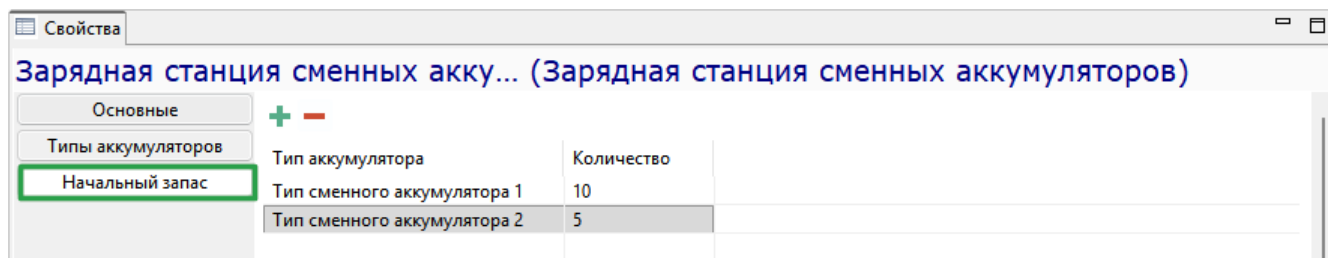
Основные свойства зарядной станции сменных аккумуляторов включают:

- **Уникальный Идентификатор**
- **X, Y и Z** – координаты узла транспортной сети, в которой располагается станция
- **Позиция зарядки** – идентификатор узла транспортной сети, в котором осуществляется замена аккумулятора
- **Участки** - добычные участки, оборудование которых может обслуживаться на этой станции
- **Количество портов зарядки** - количество единиц оборудования, которые могут одновременно производить замену аккумуляторов на данной станции.

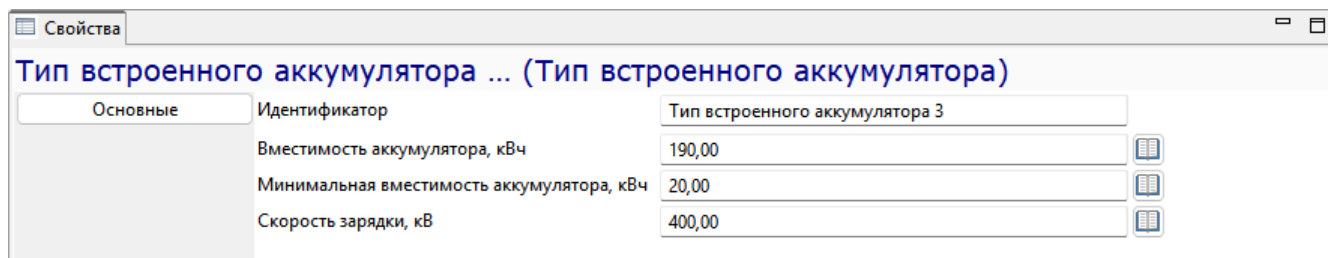
На вкладке **Типы аккумуляторов** можно выбрать из списка типы сменных аккумуляторов, которые могут заряжаться на этой станции. Типы и характеристики сменных аккумуляторов заполняются в группе объектов **Типы сменных аккумуляторов**. Для выбора допустимых типов необходимо проставить отметку в поле **Выбрать**. Кнопка  позволяет отметить весь список типов сменных аккумуляторов, кнопка  удаляет все отметки.



На вкладке **Начальный запас** указывается количество полностью заряженных аккумуляторов каждого типа (если таковые имеются) на момент начала симуляции. Если на станции нет запаса заряженных аккумуляторов, вкладка не заполняется.



1.6.4. Типы встроенных аккумуляторов



Типы встроенных аккумуляторов характеризуются следующими **Основными** свойствами:

- Уникальный **Идентификатор**
- **Вместимость аккумулятора, кВт*ч** - емкость полностью заряженного аккумулятора
- **Минимальная вместимость аккумулятора, кВт*ч** - значение емкости аккумулятора, при котором единица оборудования начинает движение на зарядную станцию
- **Скорость зарядки, кВт** - показатель мощности зарядки, с которой энергия передаётся от станции в аккумулятор за час.

1.6.5. Типы сменных аккумуляторов

Свойства	
Тип сменного аккумулятора 3 (Тип сменного аккумулятора)	
Основные	Идентификатор
	Тип сменного аккумулятора 3
	Вместимость аккумулятора, кВтч
	190,00
	Минимальная вместимость аккумулятора, кВтч
	20,00
	Скорость зарядки, кВт
	400,00

Типы сменных аккумуляторов характеризуются следующими **Основными** свойствами:

- Уникальный **Идентификатор**
- **Вместимость аккумулятора, кВт*ч** - емкость полностью заряженного аккумулятора
- **Минимальная вместимость аккумулятора, кВт*ч** - значение емкости аккумулятора, при котором единица оборудования начинает движение на зарядную станцию
- **Скорость зарядки, кВт** - показатель мощности зарядки, с которой энергия передается от станции в съемный аккумулятор за час.

1.7. Горная масса

Элемент дерева объектов **Горная масса** содержит элементы подземной системы разработки:

- Типы горной массы
- Материалы
- Выработки
- Правила проходки

1.7.1. Типы горной массы

Горная масса – все полезные ископаемые и пустые породы, полученные в результате горных работ. Элемент дерева объектов **Типы горной массы** содержит список всех типов горной массы, которые могут использоваться при планировании.

Свойства	
Waste rock (Тип горной массы)	
Основные	Идентификатор
	Waste rock
	Категория горной массы
	Пустая порода

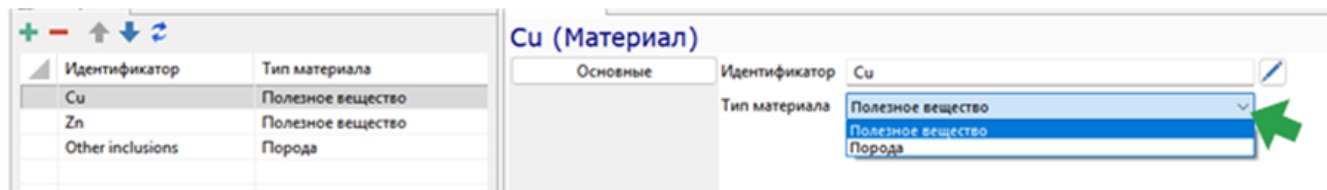
Для каждого типа горной массы должны быть заданы следующие свойства:

- Уникальный **идентификатор**
- **Категория горной массы:** *руда* или *пустая порода*

Типы горной массы служат для определения мест вывоза горной массы из выработок. Так из выработки, в которой содержится горная масса с типом **Железная**, будет транспортироваться только в места разгрузки, которые принимают железную руду.

1.7.2. Материалы

Материал – тип вещества, содержащегося в горной массе. Элемент дерева объектов **Материалы** содержит список всех материалов, которые могут использоваться при планировании.



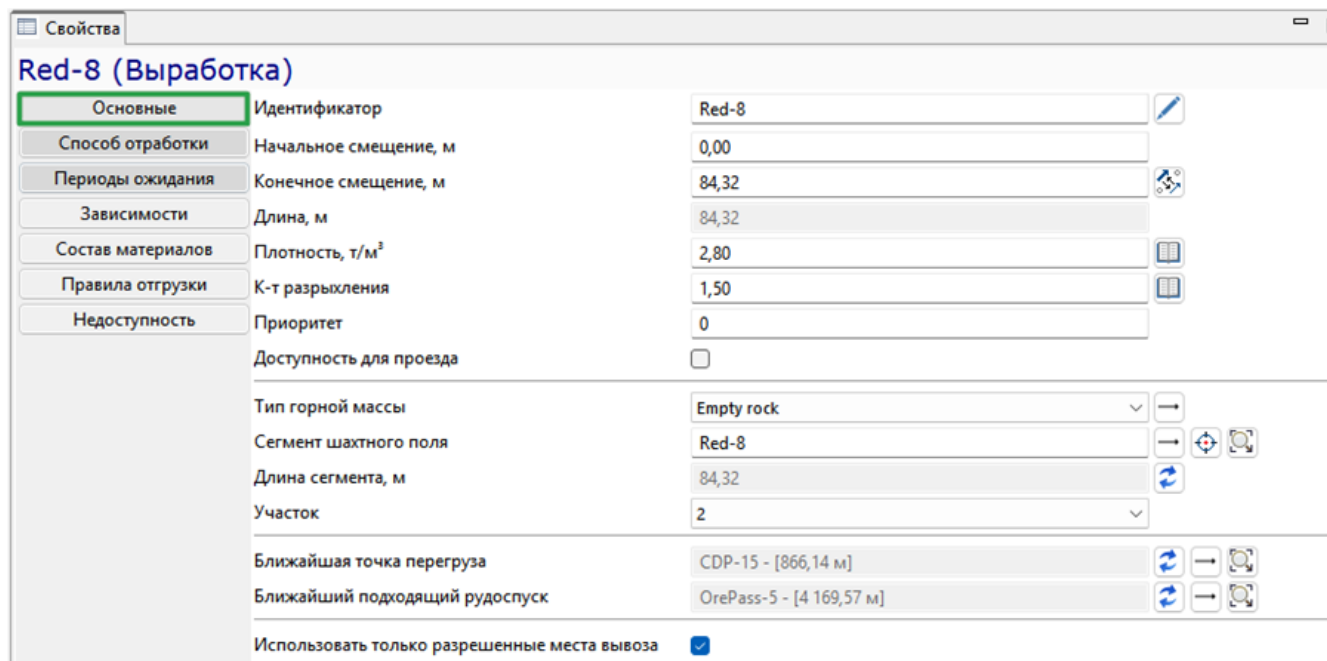
Для каждого материала должны быть заданы следующие свойства:

- Уникальный **идентификатор**
- Один из двух логических **типов**: *полезное вещество* или *порода*

Материалы используются для расчета качества руды в выработке – содержания в ней различных полезных ископаемых.

1.7.3. Выработки

В терминах MineTwin Underground выработка – место выполнения операций оборудованием. На плане шахтного поля выработке соответствует сегмент шахтного поля.



Выработка характеризуется следующими основными параметрами:

- Уникальный **идентификатор**
- **Начальное смещение, м** – расстояние от начала сегмента шахтного поля, пройденное на момент начала планирования/ моделирования, определяет место начала работ в выработке
- **Конечное смещение, м** – расстояние от конца сегмента шахтного поля, определяет

место окончания работ в выработке

- **Длина выработки, м** – длина сегмента шахтного поля, который соответствует выработке (определяется автоматически). Если длина сегмента составляет 60 метров, начальное смещение – 20 м, конечное смещение – 55 м, то оборудование будет работать только на участке от 20 до 55 м, так как 20 м уже отработаны, а последние 5 м недоступны для работ. Длина выработки в этом случае будет равна 35 м
- **Плотность горной массы, т/м³** – масса горной породы в единицу объема за вычетом объема пор, пустот и трещин, в т/м³
- **Коэффициент разрыхления** – коэффициент, характеризующий увеличение объема горной массы при разрушении
- **Приоритет** определяет последовательность отработки выработок при прочих равных: выработки с меньшим порядком отработки будут планироваться раньше, чем выработки с большим порядком
- **Доступность для проезда** - функция применяется в случае увеличения сечения выработки, обеспечивает сквозной проезд для разрешенных видов техники
- **Тип горной массы** – один из возможных в сценарии типов горной массы
- **Сегмент шахтного поля** – ссылка на [сегмент](#) шахтного поля, на котором расположена данная выработка
- **Длина сегмента, м** - длина сегмента отображается справочно
- **Участок** – выбор из списка соответствующего участка
- **Ближайшая точка перегруза** – отображается ближайшее к выработке место перегруза, куда может быть направлена горная масса из выработки
- **Ближайший подходящий рудоспуск** – отображается ближайший к выработке рудоспуск, который может принимать тип горной массы выработки. Ближайший подходящий рудоспуск определяется автоматически
- **Использовать только разрешенные места вывоза** – при включении этой функции горная масса из выработки будет транспортироваться только в рудоспуски/ точки перегрузки, заданные на вкладке **Правила отгрузки** в заданном на вкладке порядке (сверху вниз).

Способ отработки

В группе **Способ отработки** должны быть обязательно заданы параметры, характеризующие способ отработки выработки и задающие начальное состояние выработки в момент начала планирования. На вкладке **Способ отработки** содержатся наборы параметров для четырех типов разработки:

- **Проходка** – горизонтальное бурение шпуров вперед с последующей выемкой горной массы
- **Очистные работы** – вертикальное и диагональное бурение скважин в кровле выработки, в которой завершена проходка, с последующей выемкой горной массы. Выполняется по правилам, заданным для всей выработки
- **Комбинированные очистные работы** - вертикальное и диагональное бурение скважин в

кровле выработки, в которой завершена проходка, с последующей выемкой горной массы. Параметры бурения и отбойки задаются для каждого веера

- *Закладка* – заполнение закладочным материалом отработанных выработок после выемки из них горной массы
- *Комбайновая выемка* – разрушение пород и погрузка горной массы комбайном

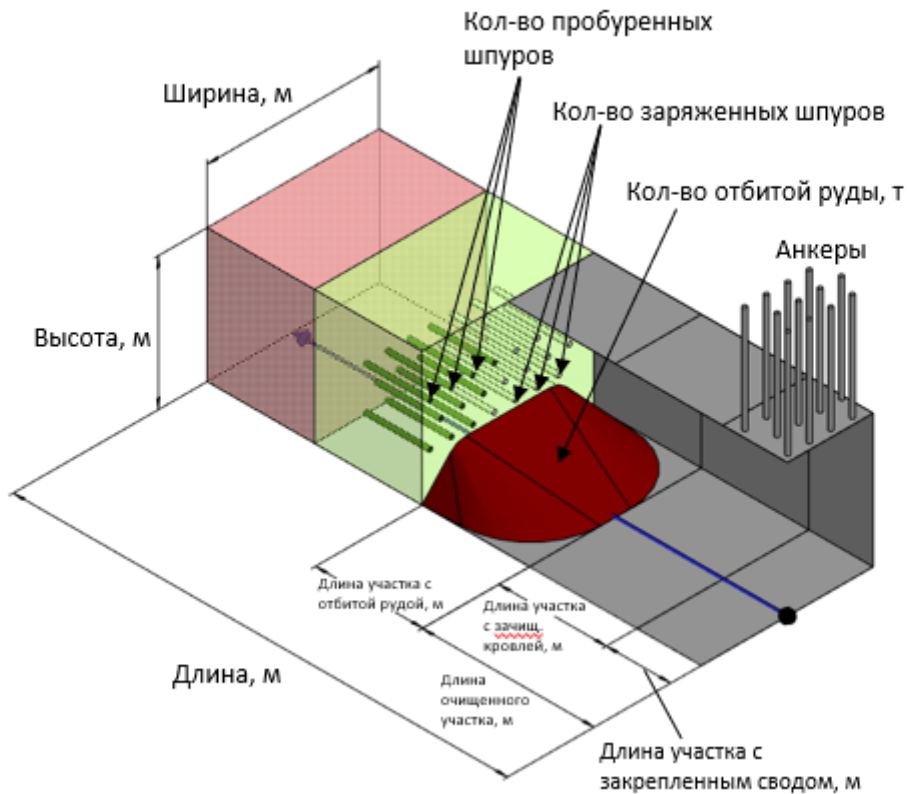
Проходка

Blue-6 (Выработка)		
Основные	Длина, м	5,83
Способ отработки	Тип отработки	Проходка
Периоды ожидания	Длина очищенного участка, м	5,83
Зависимости	Длина участка с закрепленным сводом, м	5,83
Состав материалов	Длина участка с зачищенной кровлей, м	5,83
Правила отгрузки	Длина торкретированного участка, м	5,83
Недоступность	Цикл бурения и заряжания начат	<input checked="" type="checkbox"/>
	Длина участка с отбитой рудой, м	20,00
	Кол-во отбитой руды к вывозу, т	200,00
	Кол-во пробуренных шпуров	8,00
	Кол-во заряженных шпуров	2,00
	Ширина, м	4,87
	Высота, м	5,09
	Правило проходки	Rule-1

Для способа разработки **Проходка** для выработки должны быть заданы следующие параметры:

- **Длина очищенного участка, м** – длина части выработки, в которой уже полностью завершены бурение, отбойка и транспортировка горной массы
- **Длина участка с закрепленным сводом, м** – длина части выработки, в которой завершены бурение, отбойка, транспортировка горной массы и возведена анкерная крепь
- **Длина участка с зачищенной кровлей, м** – длина части выработки, в которой завершены бурение, отбойка, транспортировка горной массы и выполнена оборка кровли
- **Длина торкретированного участка, м** - длина пройденной и закрепленной части выработки
- **Цикл бурения и заряжания начат** – параметр, указывающий на то, что в выработке начато, но еще не завершено бурение или заряжание
- **Длина участка с отбитой горной массой, м** – длина части выработки, в которой завершены бурение, заряжание и отбойка горной массы и требуется вывоз горной массы
- **Количество отбитой горной массы к вывозу, т**
- **Количество пробуренных шпуров**
- **Количество заряженных шпуров**

- **Ширина выработки, м**
- **Высота выработки, м**
- **Правило проходки** – одно из возможных правил проходки, содержащее дополнительную информацию о правилах проведения **проходки** (максимальная глубина бурения, количество шпуров на м² кровли и т.д.)



Очистные работы

Свойства

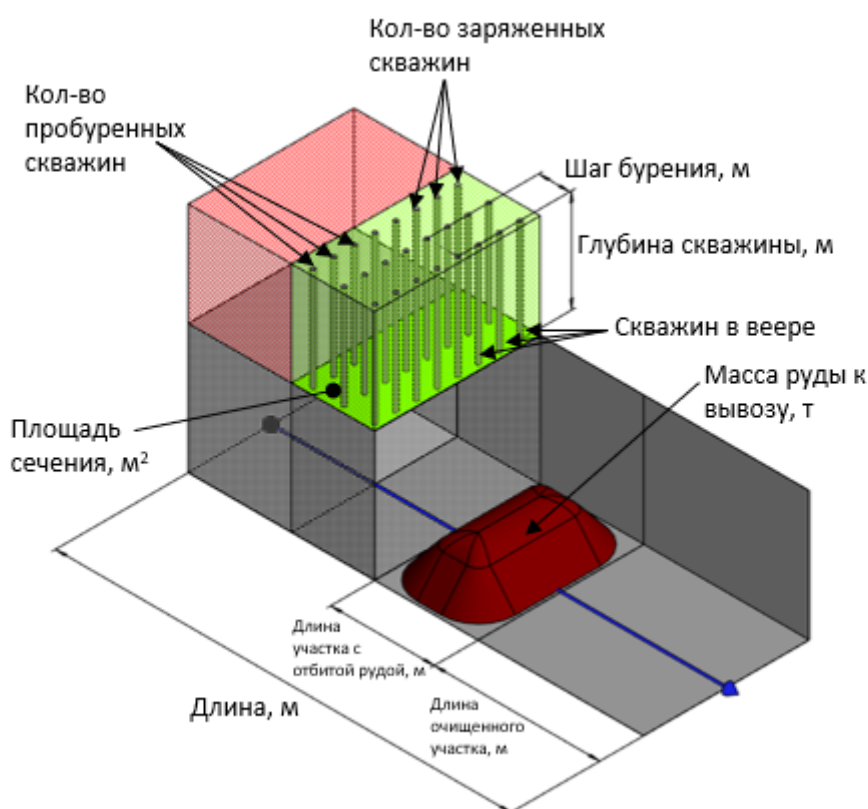
Blue-6 (Выработка)

Основные	Длина, м	5,83
Способ отработки	Тип отработки	Очистные работы
Периоды ожидания	Площадь сечения, м ²	25,00
Зависимости	Шаг бурения вееров, м	2,00
Состав материалов	Скважин в веере	15,00
Правила отгрузки	Глубина скважины, м	10,00
Недоступность	Длина очищенного участка, м	0,00
	Длина участка с рудой к вывозу, м	5,83
	Масса руды к вывозу, т	2 000,00
	Цикл бурения и заряжания начат	<input type="checkbox"/>
	Кол-во пробуренных скважин	0,00
	Кол-во заряженных скважин	0,00

При очистных работах для выработки должны быть заданы следующие параметры:

- **Площадь сечения, м²** – средняя площадь сечения выработки при ведении очистных работ

- Шаг бурения вееров, м – расстояние между двумя веерами
- Количество скважин в веере
- Глубина скважины, м
- Длина очищенного участка, м – длина части выработки, в которой уже полностью завершены бурение, отбойка и транспортировка горной массы
- Длина участка с рудой к вывозу, м – длина части выработки, в которой размещается отбитая горная масса для вывоза
- Масса горной массы к вывозу, т
- Цикл бурения и заряжания начат – параметр, указывающий на то, что в выработке начато, но еще не завершено бурение или заряжание
- Количество пробуренных скважин
- Количество заряженных скважин



Комбинированные очистные

Свойства

Blue-6 (Выработка)

Основные Длина, м 5,83

Способ отработки Тип отработки Комбинированные очистные

Периоды ожидания

Зависимости Шаг бурения вееров, м 2,00

Состав материалов Масса руды к вывозу, т 2 000,00


Правила отгрузки


Недоступность

Площадь, м ²	Глубина скважины, м	Кол-во скважин	Тип руды	Состав материалов	Идентификатор
25,00	10,00	15	Empty rock	Ore (20%), Overburden (80%)	Секция 1
25,00	10,00	15	Empty rock	Ore (20%), Overburden (80%)	Секция 2

При комбинированных очистных работах для выработки должны быть заданы следующие параметры:

- Шаг бурения вееров, м – расстояние между двумя веерами
- Количество горной массы к вывозу, т
- Для каждого веера задаются:
 - Площадь сечения, м² – средняя площадь сечения выработки при ведении очистных работ
 - Глубина скважины, м
 - Количество скважин
 - Тип горной массы
 - Состав материалов

Кнопка  позволяет автоматически задать всем веерам состав материалов, соответствующий составу материалов всей выработки.

Кнопка  позволяет автоматически задать всем веерам тип горной массы, соответствующий типу горной массы всей выработки.

Кнопка  позволяет редактировать состав материалов всех вееров выработки в отдельном окне.

Закладка

Свойства

Blue-6 (Выработка)

Основные Длина, м 5,83

Способ отработки Тип отработки Закладка

Периоды ожидания

Зависимости Длительность подготовки, дни 1

Состав материалов Длительность закладки, дни 3

Правила отгрузки Длительность затвердевания, дни 14

Недоступность

При выборе способа отработки **Закладка** необходимо заполнить следующие параметры:

- Длительность подготовки в днях

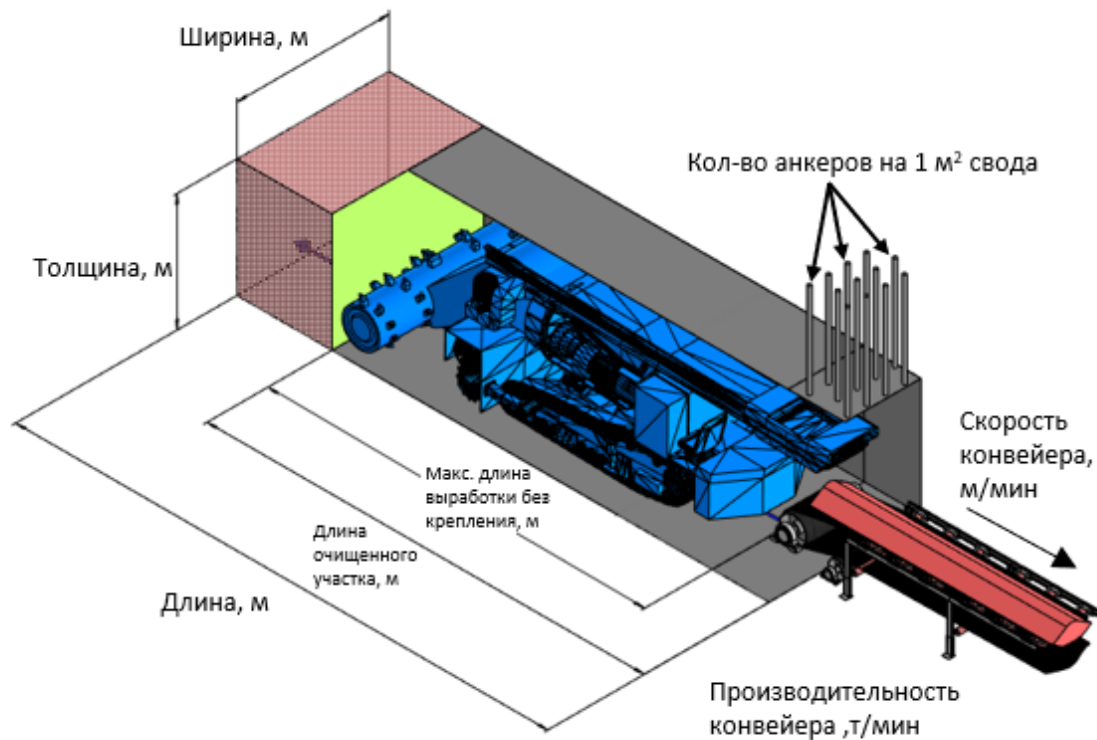
- Длительность закладки в днях
- Длительность затвердевания в днях

Комбайновая выемка

Свойства		
Blue-6 (Выработка)		
Основные	Длина, м	5,83
Способ отработки	Тип отработки	Комбайновая выемка
Периоды ожидания		
Зависимости	Длина очищенного участка, м	0,00
Состав материалов	Ширина, м	5,00
Правила отгрузки	Толщина, м	3,00
Недоступность	Макс. длина выработки без крепления, м	0,00
	Кол-во анкеров на 1 м ² свода	1,00
	Производительность конвейера, т/мин	600,00
	Скорость конвейера, м/мин	3,15

При комбайновой выемке для выработки должны быть заданы следующие параметры:

- **Длина очищенного участка, м** – длина части выработки, в которой уже полностью завершена нарезка и выемка горной массы
- **Ширина выработки, м**
- **Толщина слоя горной массы**, нарезаемого комбайном, м
- **Максимальная длина выработки**, на которой разрешается работать комбайну без укрепления выработки, м
- **Количество анкеров на м² свода** выработки
- **Производительность конвейера**, обслуживающего выработку, в т/мин
- **Скорость конвейера**, установленного в выработке, в м/мин

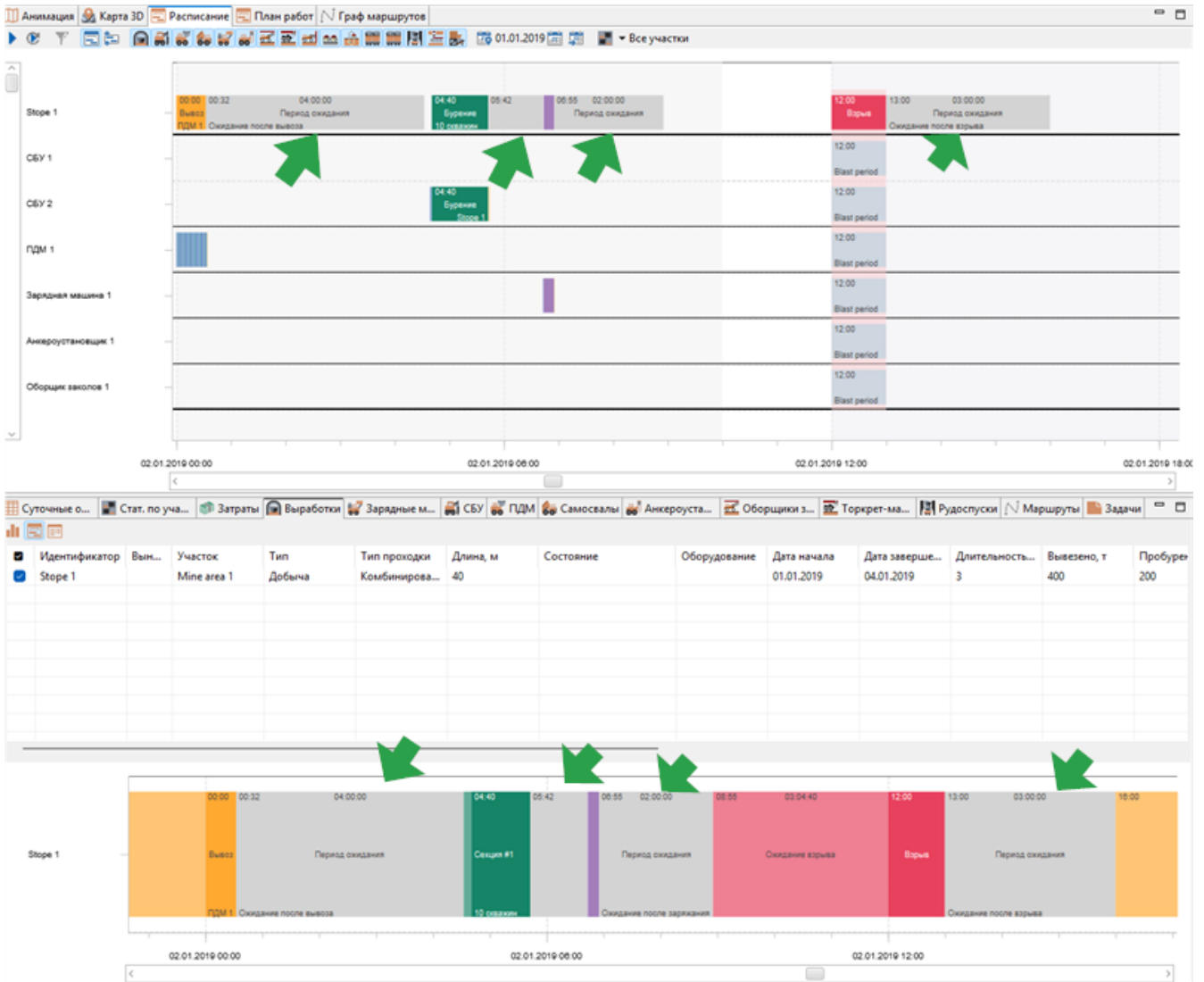


Периоды ожидания

В свойствах блока на вкладке **Периоды ожидания** доступна возможность задавать периоды ожидания после каждого этапа отработки выработок. Данная функция предназначена для моделирования технологических пауз перед началом следующего этапа работ (например, проветривание выработки после взрыва).

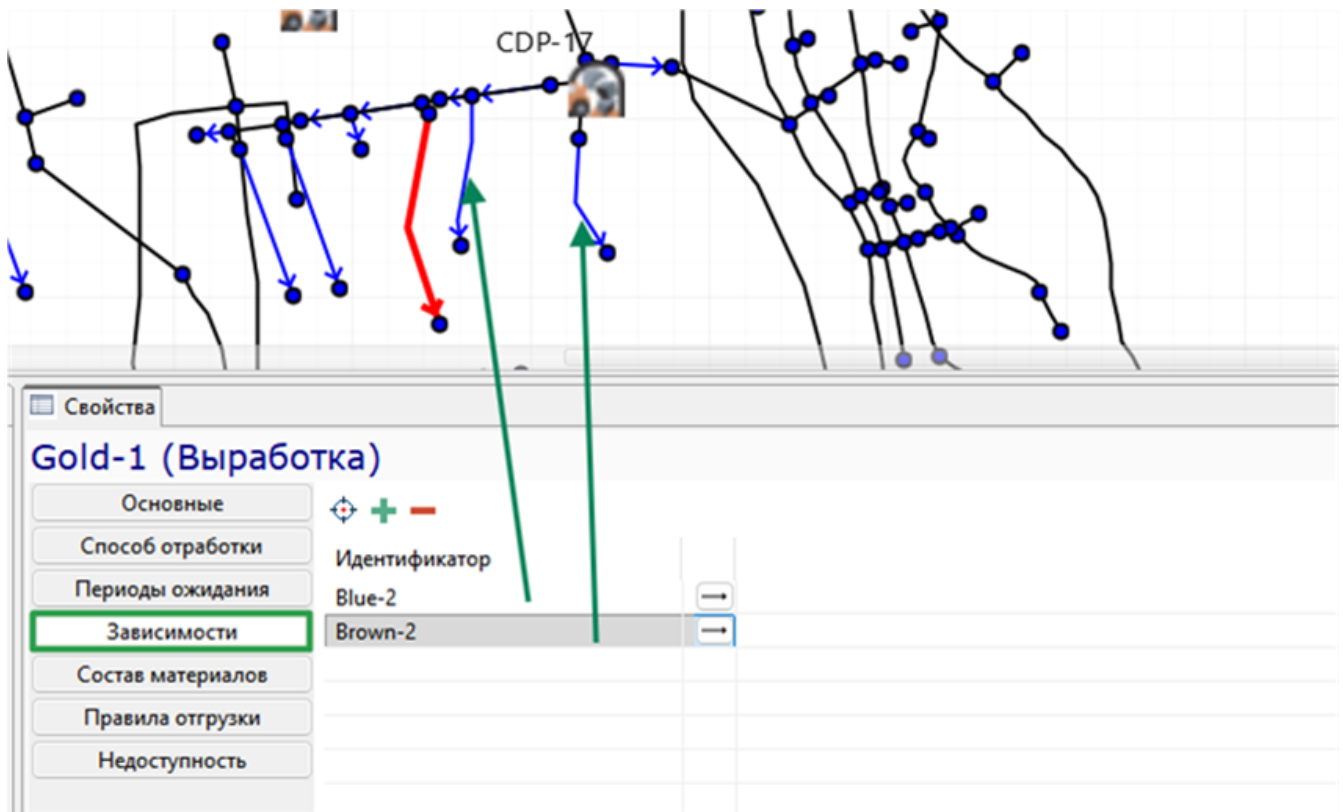
Для создания периода ожидания необходимо нажать на кнопку **+**, затем в строке выбрать этап отработки, после которого будет добавлен период ожидания, указать его длительность в часах, и добавить описание, которое будет показано на диаграмме Гантта.

Свойства			
Stope 1 (Выработка)			
Основные	+ - ↑ ↓		
Способ отработки			
Периоды ожидания	После этапа	Длительность, ч	Описание
Зависимости	Бурение	1	Ожидание после бурения
Состав материалов	Заряжание	2	Ожидание после заряжания
Недоступность	Взрыв	3	Ожидание после взрыва
	Вывоз	4	Ожидание после вывоза



Зависимости

MineTwin Underground позволяет задавать зависимости между выработками – запрещать отработку одной выработки, пока не будут полностью отработаны связанные с ней выработки.



На рисунке выше отработка выработки Gold-1 начнется только после завершения отработки выработок Blue-2 и Brown-2.

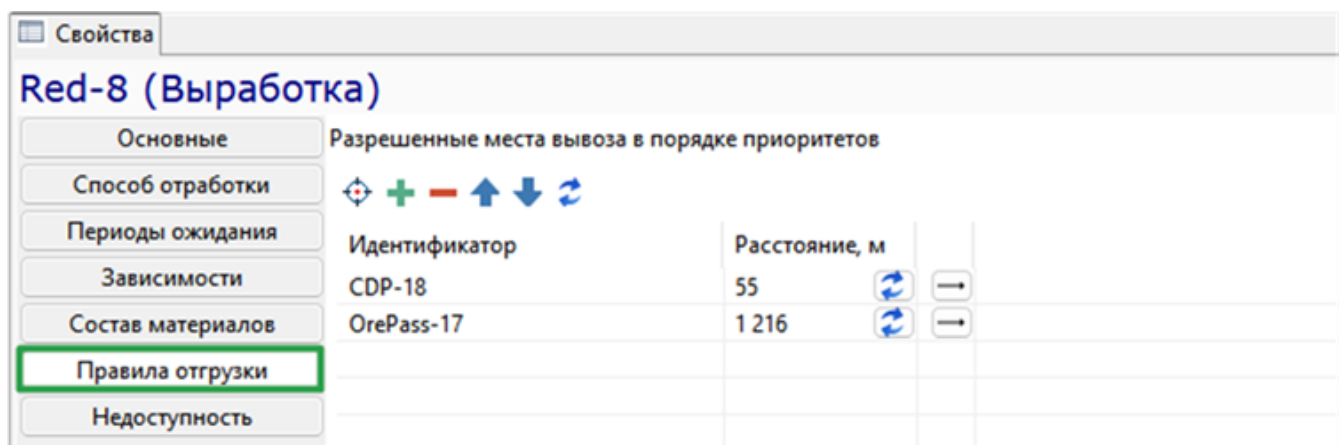
Кнопка позволяет выбрать на 2D-карте и добавить связанные выработки, кнопка позволяет добавить связанные выработки из списка, кнопкой связанные выработки удаляются из списка.

Стрелка в конце строки позволяет перейти к свойствам связанной выработки.





Состав материалов

На вкладке **Состав материалов** отображается качественный состав пород выработки.

Правила отгрузки









На вкладке **Правила отгрузки** можно задать определенный набор рудоспусков и точек перегрузки. Кнопка позволяет выбрать на 2D-карте места вывоза, кнопка позволяет

добавить рудоспуски/ точки перегрузки из списка, кнопкой  места вывоза удаляются из списка. Кнопки   позволяют менять строки местами, задавая порядок отработки. Кнопка  обновляет значения. Данные этой вкладки заполняются в случае выбора функции **Использовать только разрешенные места вывоза** на вкладке **Основные**.

Недоступность



Для выработки могут быть заданы периоды недоступности выработки для ведения горных работ, например, вследствие обводнения. В этот период в выработке не будут планироваться работы оборудования и транспорта.

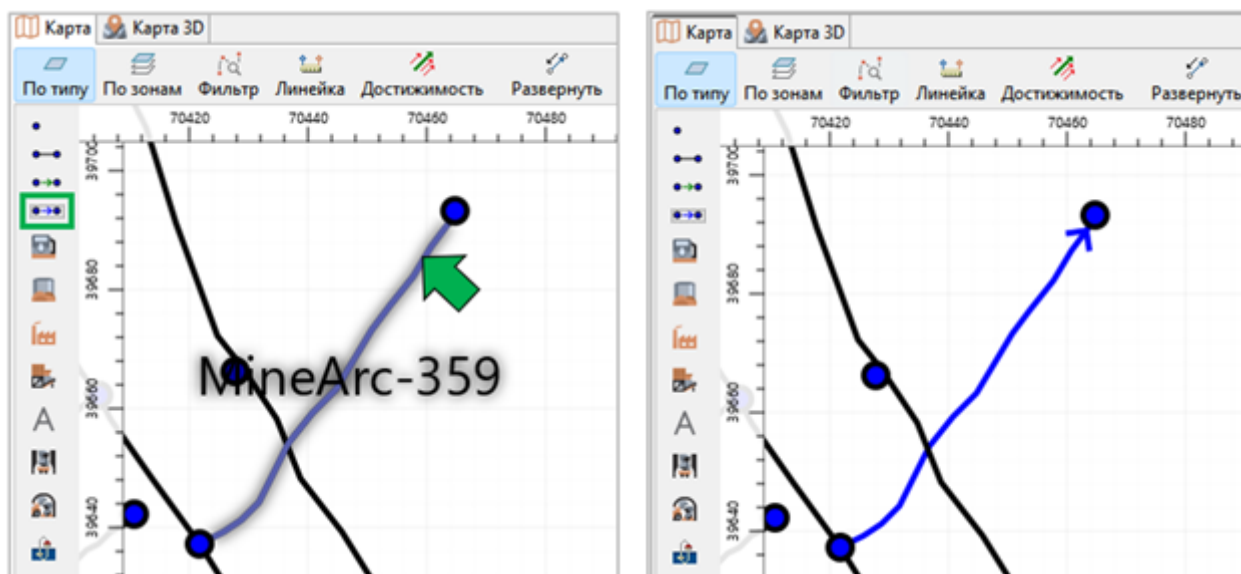
Свойства						
Gold-1 (Выработка)						
Основные	  					
Способ отработки	Дата начала	Дата окончания	Длительность, ч	Описание	Приоритет	Затраты, руб
Периоды ожидания	01.04.2023 00:00	02.04.2023 00:00	24,00	Ревизия	-1	200 000,00
Зависимости	14.04.2023 21:00	27.05.2023 05:00	1 016,00	Возведение перемычки	-1	80 000,00
Состав материалов						
Правила отгрузки						
Недоступность						

Кнопки    позволяют добавлять, копировать и удалять периоды недоступности выработки.

Создание выработки


Создать выработку в сценарии можно двумя способами:

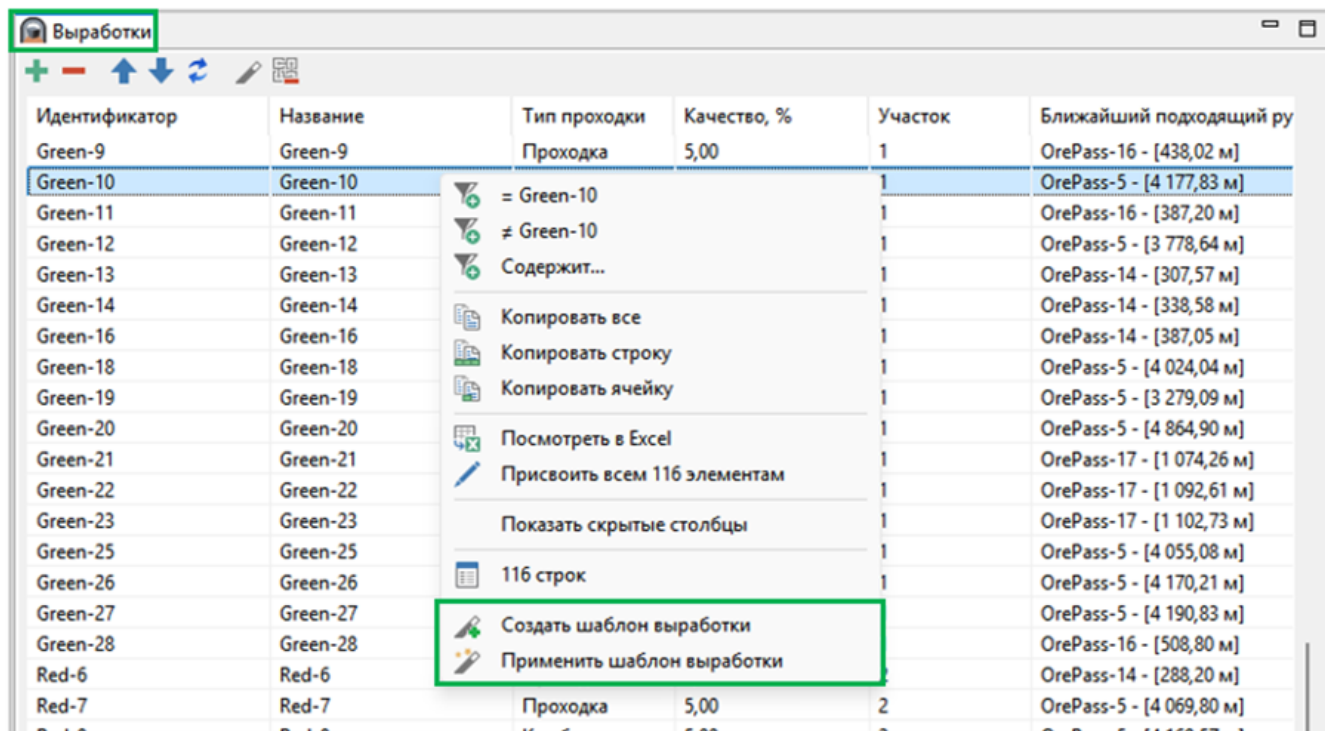
- нажав кнопку  в списке выработок;
- используя кнопку добавления объектов  на палитре инструментов 2D-карты – при включенном режиме добавления кликом по ребру шахтного поля.




В обоих случаях после действия в списке выработок появляется новая строка с уникальными идентификатором и названием.

Если нужно присвоить нескольким выработкам одинаковые свойства, можно задать свойства только одной выработке, затем копировать шаблон и применить его для других.

Чтобы создать шаблон выработки для копирования его характеристик и последующего переноса их на другие выработки, можно воспользоваться кнопкой  в строке инструментов списка выработок. Также можно выбрать из контекстного меню функцию *Создать шаблон выработки*, а затем передать свойства шаблонной выработки любому другому в списке, кликнув по строке редактируемой выработки и выбрав функцию *Применить шаблон выработки*.



Кнопка  в свойствах позволяет задать всем выработкам в состоянии вывоза горной массы длину выработки, на которой расположена эта горная масса, равную всей длине выработок.

Кнопка  удаляет все записи о [зависимостях](#) в свойствах выработок.

1.7.4. Правила проходки

Правила проходки выработки – набор технологических параметров проведения выработки в горном массиве взрывным способом.

Свойства

Excavation rule ore (Правила проходки)

Основные

Идентификатор	Excavation rule ore	
Глубина бурения, м	5,00	
Кол-во шпуров на 1 м ² забоя	0,10	
Процент глубины отбойки скважины при взрыве, %	100%	
Выполнять установку анкеров	<input checked="" type="checkbox"/>	
Крепить последнюю часть выработки	<input type="checkbox"/>	
Шаг крепления, м	5,00	
Кол-во анкеров на 1 м ² свода	4,00	
Вероятность оборки заколов, %	10,00%	
Выполнять торкретирование	<input checked="" type="checkbox"/>	
Торкретировать последнюю часть выработки	<input checked="" type="checkbox"/>	
Максимальная длина без торкретирования, м	100,00	
Толщина нанесения слоя, мм	20,00	
Доля торкретируемого периметра выработки, %	75,00%	

Правило проходки содержит следующую информацию:

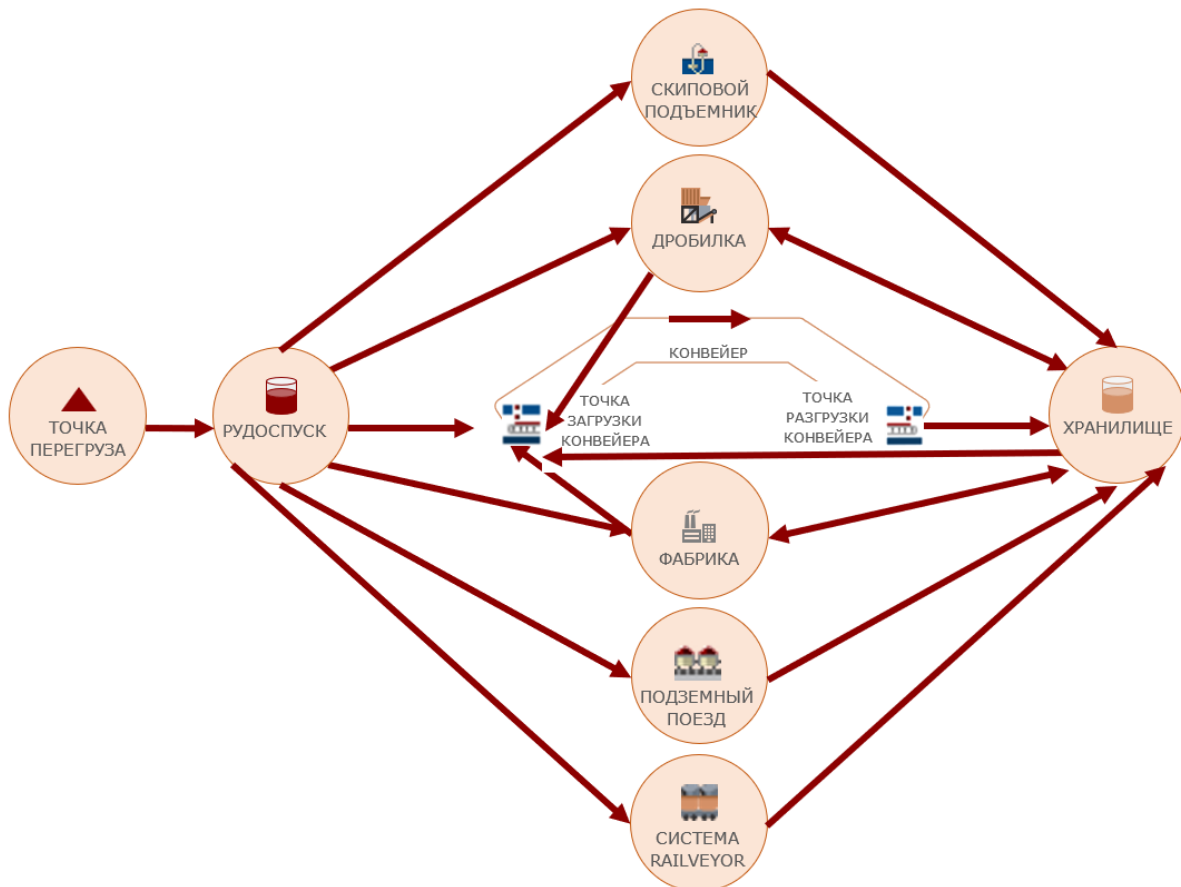
- **Уникальный идентификатор**
- **Глубина бурения, м** шпуров/скважин для проведения взрыва
- **Количество анкеров на м² забоя** выработки
- **Процент глубины отбойки скважины при взрыве, %** – доля длины шпура/скважины, которая отделяется в процессе взрывных работ
- **Выполнять установку анкеров** - функция включает операцию анкерного крепления специальными машинами
- **Крепить последнюю часть выработки** – параметр позволяет задать крепление на всю длину выработки. Если отметка напротив параметра не установлена, после последней итерации бурения и вывоза горной массы крепление выработки не моделируется
- **Шаг крепления** - максимальная длина выработки, которую разрешается разрабатывать без крепления, м

- **Количество анкеров на м² свода** выработки
- **Вероятность оборки заколов, %** – параметр, определяющий вероятность моделирования оборки заколов в выработке после выемки горной массы. Если задано 100%, оборка заколов будет моделироваться после каждого завершения вывоза горной массы. Если задано 50%, то примерно в половине случаев после завершения вывоза будет моделироваться работа самоходного оборщика заколов, а в половине случаев – нет
- **Выполнять торкретирование** - функция включает в цикл проведения выработки дополнительную операцию по нанесению торкрет-бетонной смеси специальной техникой. Операция включается по мере проведения выработки на заданную **длину без торкретирования**
- **Торкретировать последнюю часть выработки** - параметр позволяет задать торкретирование на всю длину выработки. Если отметка напротив параметра не установлена, то после последней итерации отгрузки взорванной горной массы или анкерного крепления выработки торкретирование не моделируется
- **Максимальная длина без торкретирования, м** - максимальная протяженность выработки по достижению которой при проведении/креплении выработки включается операция торкретирования
- **Толщина нанесения слоя, мм** - толщина наносимого слоя торкрет-бетонной смеси
- **Доля торкретируемого периметра выработки, %** - Торкретирование может выполняться не по всей поверхности кровли и бортов выработки, а, например, только кровли или кровли и частично бортов. Для определения площади торкретирования используется процент периметра выработки, на который наносится смесь. Если нужно крепить всю поверхность, параметр следует указать равным 100%. Тогда если высота выработки 5 м, ширина 4 м, а длина без торкретирования 10 м, то площадь покрытия смесью будет равна $(2*5+4)*10=140$ м

Элемент дерева объектов **Правила проходки** содержит список всех правил проходки, которые могут использоваться при планировании и имитационном моделировании.

1.8. Параметры элементов системы, обеспечивающей грузопоток

MineTwin Underground позволяет моделировать перемещение и переработку горной массы после ее выемки из выработок. Элементы рудника, обслуживающие движение и дальнейшую переработку горной массы, могут быть объединены в связанную систему, схема которой показана на рисунке ниже.



Из точек перегруза горная масса может поступать в другие точки перегруза и рудоспуски, далее перегружаться в дробилки, перерабатывающие фабрики, на конвейер, в железнодорожный транспорт, на скиповой подъемник и затем в хранилища.

Элементы системы перемещения и переработки горной массы объединены в блок дерева объектов **Грузопоток**:

- Рудоспуски
- Хранилища
- Скиповые подъемники
- Дробилки
- Точки перегруза
- Конвейеры
- Перерабатывающие фабрики
- Железные дороги

1.8.1. Рудоспуски

Рудоспуск – часть транспортной системы рудника, участвующая в перемещении горной массы с одного горизонта на другой самотеком.




Основные свойства

OrePass-11 (Рудоспуск)	
Основные	Идентификатор: OrePass-11
Начальный запас	X: 70 294,00
Правила приемки	Y: 39 786,00
Правила отгрузки	Z: -440,00
Визуализация	Используется: <input checked="" type="checkbox"/>
	Оборудован питателем: <input checked="" type="checkbox"/>
	Участки: ...
	Вместимость, т: 6 000 000,00
	Ближайшая точка перегруза: CDP-22 - [507,36 м]
	Ближайший к входному узлу рудоспуск: ...
	Ближайший от выходного узла рудоспуск: ...
	Признавать руду добытой: Всегда признавать добытой
	Выходное соединение: Node-1197
	Входное соединение: ...
	Идентификатор: Node-335

Рудоспуск характеризуется следующими основными свойствами:

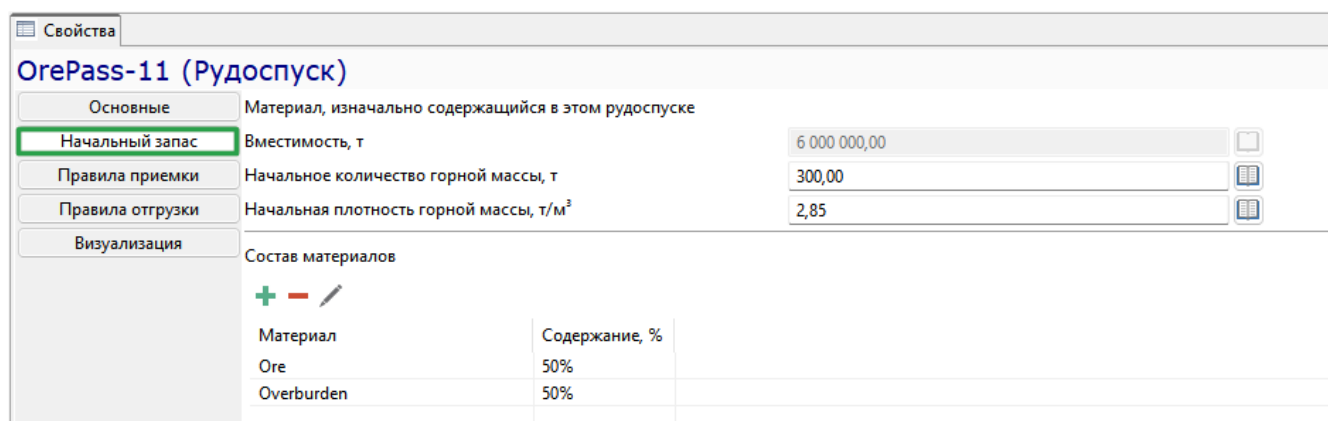
- Уникальный **идентификатор**
- X-, Y-и Z-координаты
- Отметка об **использовании** рудоспуска в сценарии
- **Оборудован питателем** – параметр указывает на способ разгрузки горной массы из рудоспуска. Если рудоспуск оборудован питателем, то горная масса разгружается в ШАС напрямую, без использования ПДМ. Если рудоспуск не оборудован питателем, то в погрузке горной массы из рудоспуска участвуют ПДМ и один или несколько ШАС, в которые ПДМ загружает горную массу.
- **Участки** рудоспуска – необязательный параметр. Если участок задан, то в рудоспуск будет транспортироваться только горная масса из выработок с таким же участком
- **Вместимость, т** – максимальное количество горной массы, которое может вместить рудоспуск
- **Ближайшая точка перегруза** – отображается ближайшая от рудоспуска точка перегруза с подходящим типом руды, из которой рудоспуск может принимать горную массу
- **Ближайший к входному узлу рудоспуск** – отображается ближайший рудоспуск с подходящим типом руды, из которого данный рудоспуск может получать горную массу
- **Ближайший от выходного узла рудоспуск** – ближайший рудоспуск с подходящим типом руды, в который может транспортироваться горная масса из данного рудоспуска
- **Признавать руду добытой** – правило для определения момента, когда горная масса должна считаться добытой для статистики:
 - При выбранном правиле *Если не задан выходной поток*, горная масса, поступившая в данный рудоспуск, будет считаться добытой, только если рудоспуск является конечным местом хранения горной массы, т.е. не имеет выходного узла или связи с конвейером, дробилкой и т.д.

- При выбранном правиле *Всегда признавать добытой*, горная масса, поступившая в данный рудоспуск, всегда будет считаться добытой
- При выбранном правиле *Никогда не признавать добытой*, горная масса, поступившая в данный рудоспуск, никогда не будет считаться добытой (т.к. должна быть учтена на более позднем этапе перемещения по руднику).
- **Выходное соединение** – ссылка на узел транспортной сети или оборудования, в которую горная масса поступает из рудоспуска. Горная масса может перегружаться в рудоспуск в нескольких узлах шахтного поля, в том числе, расположенных на разных горизонтах.
- В поле **Входное соединение** задается перечень узлов транспортной сети, в которых транспортные средства могут разгружать горную массу в рудоспуск

Кнопка  позволяет выбрать на 2D-карте нужные узлы шахтного поля, кнопка  позволяет добавить узлы из списка. Кнопкой  узлы шахтного поля удаляются из списка.

Начальный запас




На вкладке **Начальный запас** задаются характеристики горной массы, находящейся в рудоспуске в момент начала планирования. Если в начале планирования рудоспуск пуст, вкладку заполнять не надо.

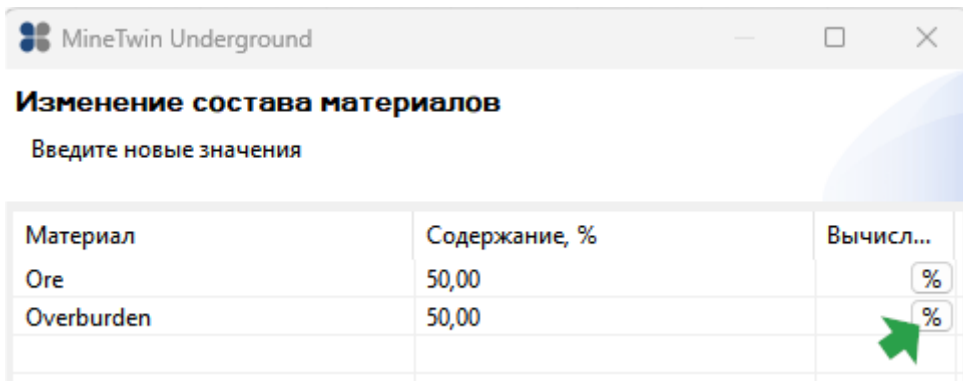


OrePass-11 (Рудоспуск)							
Основные	Материал, изначально содержащийся в этом рудоспуске						
Начальный запас	Вместимость, т: 6 000 000,00						
Правила приемки	Начальное количество горной массы, т: 300,00						
Правила отгрузки	Начальная плотность горной массы, т/м ³ : 2,85						
Визуализация	Состав материалов						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Материал</th> <th>Содержание, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ore</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Overburden</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Материал	Содержание, %	Ore	50%	Overburden	50%
Материал	Содержание, %						
Ore	50%						
Overburden	50%						

Если в рудоспуске содержится горная масса на начало моделирования, на вкладке указываются:

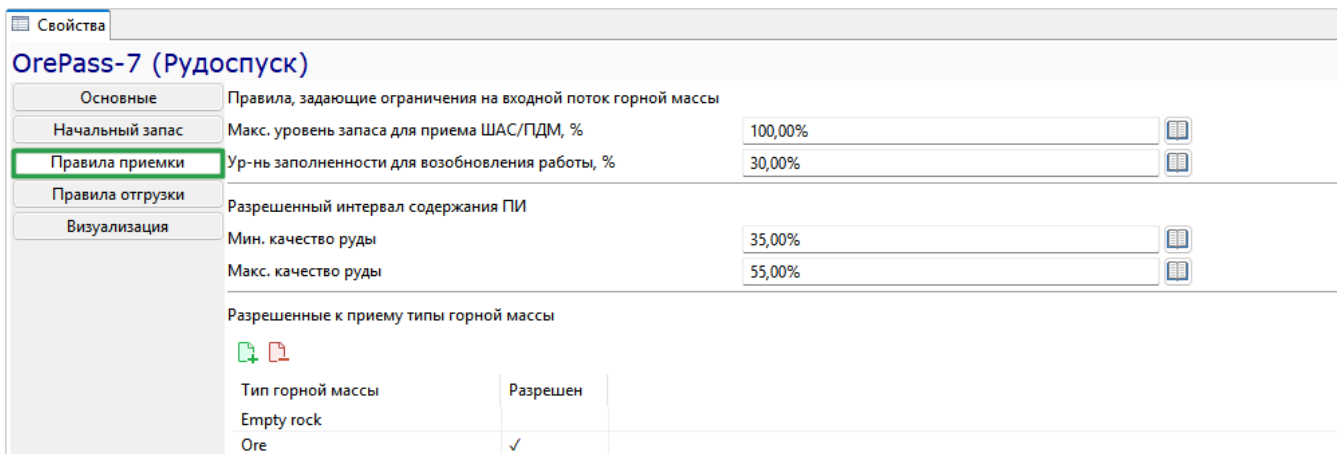
- **Начальное количество горной массы, т** в рудоспуске
- **Начальная плотность горной массы, т/м³** - плотность горной массы, находящейся в рудоспуске
- **Состав материалов** - процентное соотношение горных пород в объеме начального запаса

Кнопка  позволяет добавить строки для заполнения типа горной массы. Кнопкой  записи удаляются из списка. Кнопка  открывает окно для заполнения состава пород, находящегося рудоспуске на начало моделирования



Правила приемки

На вкладке **Правила приемки** задаются ограничения на прием горной массы в рудоспуск.



- **Максимальный уровень запаса для приема ШАС/ПДМ, %** - определяет уровень заполнения рудоспуска, при котором ПДМ/ ШАС перестают возить горную массу в данный рудоспуск и начинают возить в альтернативные рудоспуски при их наличии
- **Уровень заполненности для возобновления работы, %**. Например, рудоспуск заполняется до максимальной вместимости 10 000т, и конвейер, транспортирующий в него горную массу, останавливается (блокируется). Из рудоспуска горная масса поступает на дробилку. Конвейер возобновит работу только, когда количество горной массы в рудоспуске опустится до заданного уровня заполненности, например 30%, т.е. тогда, когда в рудоспуске останется только 3 000т
- **Разрешенный интервал содержания полезного ископаемого:**
 - **Минимальное качество руды, %** - минимальный суммарный процент полезных веществ в руде, которая может доставляться в этот рудоспуск
 - **Максимальное качество руды, %** - максимальный суммарный процент полезных веществ в руде, которая может доставляться в этот рудоспуск
- **Разрешенные к приему типы горной массы** - выбираются вручную установкой отметки напротив необходимого типа горной массы.

Кнопки   позволяют выделить все типы горной массы/ снять все выделения.

Правила отгрузки

На вкладке **Правила отгрузки** задаются параметры разгрузки и дальнейшей транспортировки горной массы из рудоспуска.

The screenshot shows the 'OrePass-7 (Рудоспуск)' configuration window with the 'Правила отгрузки' tab selected. The left sidebar contains tabs: 'Основные', 'Начальный запас', 'Правила приемки', 'Правила отгрузки' (highlighted), and 'Визуализация'. The main area shows settings for 'Правила, задающие ограничения на выходной поток горной массы'. The 'Производительность питателя, т/мин' is set to 10,00. The checkbox 'Использовать только разрешенные места вывоза' is checked. Below, a table lists 'Разрешенные места вывоза в порядке приоритетов' with columns for 'Идентификатор' and 'Расстояние, м'. Two entries are shown: 'OrePass-15' and 'CDP-22', both with a distance of 0. Navigation icons (compass, plus, minus, arrows, refresh) are located above the table.

Идентификатор	Расстояние, м
OrePass-15	0
CDP-22	0

- **Производительность питателя, т/мин** – скорость разгрузки рудоспуска (например, посредством питателя)
- **Использовать только разрешенные места вывоза** – при включении этой функции горная масса из рудоспуска будет транспортироваться только в рудоспуски, заданные на этой вкладке.
- В таблице ниже указываются **Разрешенные места вывоза в порядке приоритетов** - рудоспуски и/или точки перегруза (верхняя запись - наивысший приоритет, нижняя строка - самый низкий приоритет)

Кнопка позволяет выбрать на 2D-карте нужные места вывоза, кнопка позволяет добавить объекты из списка. Кнопкой записи удаляются из списка. Кнопка позволяет перейти к свойствам выбранного объекта. Кнопка позволяет обновить данные о расстояниях до соответствующих объектов.

Визуализация

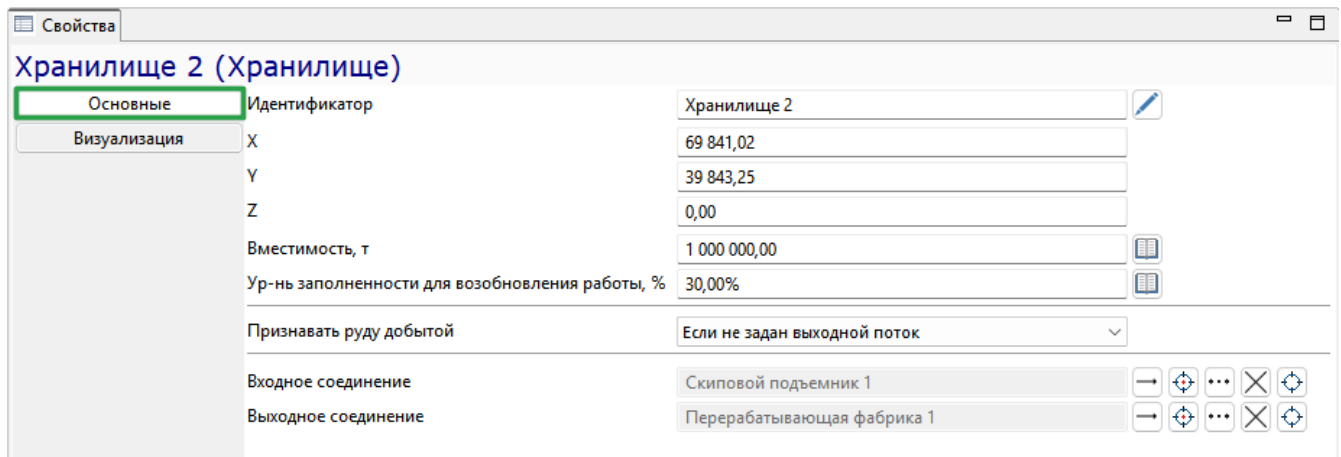
Вкладка **Визуализация** предназначена для создания текстовых подписей к объекту.

The screenshot shows the 'OrePass-7 (Рудоспуск)' configuration window with the 'Визуализация' tab selected. The left sidebar has 'Визуализация' highlighted. The main area shows settings for 'OrePass-7'. The 'Текст' field contains 'OrePass-7'. The 'Размер шрифта' is set to 10. The 'Цвет' field is set to a dark teal color. The 'Смещение по оси X' is -20,00, 'Смещение по оси Y' is 15,00, and 'Смещение по оси Z' is 0,00. The 'Видимость' checkbox is checked.

Вкладка позволяет установить размер и цвет шрифта, задать расположение надписи через смещения по осям X, Y и Z относительно иконки объекта на картах, включать/отключать видимость на 2D- и 3D-картах.

1.8.2. Хранилища

Хранилище – место промежуточного хранения горной массы.



Свойства	
Хранилище 2 (Хранилище)	
Основные	Идентификатор: Хранилище 2
Визуализация	X: 69 841,02
	Y: 39 843,25
	Z: 0,00
	Вместимость, т: 1 000 000,00
	Ур-нь заполненности для возобновления работы, %: 30,00%
	Признавать руду добытой: Если не задан выходной поток
	Входное соединение: Скиповой подъемник 1
	Выходное соединение: Перерабатывающая фабрика 1

Хранилище характеризуется следующими основными свойствами:

- Уникальный **идентификатор**
- **X-, Y-и Z-координаты**
- **Вместимость хранилища, т**
- **Уровень заполненности для возобновления работы** входящего в него элемента поточной технологии транспортировки, %. Например, хранилище заполняется до максимальной вместимости 10000т, и конвейер, транспортирующий в него горную массу, останавливается (блокируется). Из хранилища горная масса поступает на дробилку. Конвейер возобновит работу только, когда количество горной массы в хранилище опустится до заданного уровня, например 30%, т.е. тогда, когда в хранилище останется только 3000т.
- **Входное соединение** – ссылка на узел или единицу оборудования, из которой горная масса поступает в хранилище: дробилку, конвейер, перерабатывающую фабрику или скиповой подъемник
- **Выходное соединение** – ссылка на единицу оборудования, в которую горная масса поступает из хранилища: дробилку, конвейер, перерабатывающую фабрику или скиповой подъемник
- **Признавать руду добытой** – правило для определения момента, когда горная масса должна считаться добытой для статистики:
 - При выбранном правиле *Если не задан выходной поток*, горная масса, поступившая в данное хранилище, будет считаться добытой, только если хранилище является конечным местом хранения горной массы, т.е. не имеет выходного соединения с конвейером, дробилкой и т.д.
 - При выбранном правиле *Всегда признавать добытой*, горная масса, поступившая в данное хранилище, всегда будет считаться добытой
 - При выбранном правиле *Никогда не признавать добытой*, горная масса, поступившая в данное хранилище, никогда не будет считаться добытой (т.к. должна быть учтена на более позднем этапе перемещения по руднику).

На вкладке **Визуализация** можно создать подпись и настроить ее отображение.

1.8.3. Скиповые подъемники

Скиповый подъемник – оборудование, предназначенные для подъема горной массы по вертикальному стволу на поверхность земли.

Основные свойства

Скиповый подъемник может состоять из одной или двух скиповых тележек (скипов). При наличии двух скиповых тележек, движение скипов в стволе происходит по параллельным прямым в разных направлениях, а именно, когда один скип опускается для загрузки в нижнюю точку ствола, второй – поднимается на поверхность для разгрузки.

Свойства	
Скиповой подъемник 1 (Скиповой подъемник)	
Основные	Идентификатор: Скиповой подъемник 1
Наработка	X: 69 836,25
Недоступность	Y: 40 372,50
Период эксплуатации	Z: 0,00
Прерывания	Используется: <input checked="" type="checkbox"/>
Визуализация	Участки: 3, 2, 1
	Вместимость скипа, т: 50,00
	Длительность подъема/спуска, с: 45,00
	Длительность загрузки/разгрузки, с: 15,00
	Кол-во скиповых тележек: 2
	Входное соединение: Рудоспуск 1
	Выходное соединение: Хранилище 1

Скиповой подъемник характеризуется следующими основными параметрами:

- **Уникальный идентификатор**
- **X-, Y- и Z-координаты**
- Параметр, указывающий, будет ли скиповой подъемник **использоваться** при планировании/ моделировании
- Принадлежность к **участку**
- **Вместимость скипа** – вместимость скиповой тележки, в тоннах
- **Длительность подъема/ спуска, с** – продолжительность подъема и спуска скиповой тележки (т.к. процессы подъема одного скипа и спуска другого происходят параллельно, продолжительности этих циклов совпадают), в секундах
- **Длительность загрузки/разгрузки, с** – продолжительность загрузки и разгрузки одной скиповой тележки (т.к. процессы погрузки одного скипа и разгрузки другого начинаются одновременно, расчет ведется по наибольшему времени), в секундах
- **Количество скиповых тележек:** одна или две
- **Входное соединение** – ссылка на единицу оборудования, из которой горная масса поступает в скипы: хранилище или рудоспуск
- **Выходное соединение** – ссылка на хранилище, в которое поступает горная масса из

Наработка

На вкладке **Наработка** для оборудования в группе **Грузопоток** задается начальное состояние параметров, относящиеся к ее техническому обслуживанию по наработке:

- Начальная наработка по параметру **Время** – полное время, отработанное единицей оборудования в момент начала планирования/ моделирования
- Начальная наработка по параметру **Наработка** – количество моточасов (часов работы мотора при движении, погрузке, разгрузке), отработанных единицей оборудования в момент начала планирования/ моделирования

Свойства

Скиповой подъемник 1 (Скиповой подъемник)

Основные Нарботка с последнего обслуживания:

Наработка Время, ч 3 000,00

Недоступность Нарботка, ч 8 760,00

Период эксплуатации

Прерывания

Недоступность

Для каждой единицы оборудования также можно задать плановые периоды недоступности ее для работы на вкладке **Недоступность**.

Свойства

Скиповой подъемник 1 (Скиповой подъемник)

Основные + -

Наработка

Недоступность	Дата начала	Дата окончания	Длительность, ч	Описание	Приоритет	Затраты, руб
	01.01.2026 00:00	01.01.2026 07:00	7,00	ТО-1	-1	50 000,00
Период эксплуатации	07.03.2026 00:00	09.03.2026 00:00	48,00	Замена каната	-1	3 000 000,00
Прерывания	12.04.2026 00:00	12.04.2026 12:00	12,00	Испытания каната	-1	500 000,00

Период эксплуатации

Прерывания

Период эксплуатации

На вкладке **Период эксплуатации** могут быть заданы даты ввода и вывода единицы оборудования из эксплуатации, а также затраты на ввод (покупку) и вывод (утилизацию). До даты ввода в эксплуатацию / после даты вывода единица техники не участвует в планировании/ моделировании.

Свойства

Скиповой подъемник 1 (Скиповой подъемник)

Основные Период эксплуатации:

Наработка Ввод в эксплуатацию 01.04.2025 00:00 ... X

Недоступность Вывод из эксплуатации 01.07.2025 00:00 ... X

Период эксплуатации Стоимость ввода в эксплуатацию, руб 3 000 000,00 []

Прерывания Стоимость вывода из эксплуатации, руб 150 000,00 []

Прерывания

Вкладка **Прерывания** предназначена для просмотра списка плановых и случайных простоев, заданных в группе дерева объектов **Расписания**.

Визуализация

На вкладке **Визуализация** можно создать подпись и настроить ее отображение.

1.8.4. Дробилки

Дробилка – оборудование для измельчения крупных кусков горной массы для последующей транспортировки.

Дробилка характеризуется следующими основными свойствами:

- **Уникальный идентификатор**
- **X-, Y- и Z-координаты**
- **Производительность, т/ч**
- **Входное соединение** – ссылка на единицу оборудования, из которой горная масса поступает в дробилку: хранилище или рудоспуск
- **Выходное соединение** – ссылка на единицу оборудования, в которую горная масса поступает из дробилки: хранилище или конвейер

Для дробилки могут быть заданы периоды ее **недоступности** для работы. На вкладке **Прерывания** представлена справка о всех плановых и вероятностных периодах простоев с кнопкой перехода в группу **Расписания**. На вкладке **Визуализация** можно создать подпись

для дробилки и настроить ее отображение.

1.8.5. Точки перегруза

Точка перегруза – узел шахтного поля, в котором осуществляется перегрузка горной массы из ПДМ в ШАС, может использоваться как временное место хранения горной массы.

Основные свойства

Свойства		
CDP-29 (Точка перегруза)		
Основные	Идентификатор	CDP-29
Начальный запас	X	70 761,00
Правила приемки	Y	39 016,00
Правила отгрузки	Z	-248,00
Визуализация	Используется	<input checked="" type="checkbox"/>
	Участки	2
	Вместимость, т	300,00
	Ближайший подходящий рудоспуск	OrePass-5 - [4 891,68 м]
	Входное соединение	Node-1172

Точка перегруза характеризуется следующими основными свойствами:

- Уникальный **идентификатор**
- X-, Y- и Z-координаты
- Параметр, указывающий, будет ли точка перегруза **использоваться** при планировании/ моделировании
- **Участки** – необязательный параметр. Если участки заданы, то в точку перегруза будет транспортироваться только горная масса из выработок с таким же участком
- **Вместимость точки перегруза, т** – максимальное количество горной массы, которое может вместить точка перегруза
- **Ближайший подходящий рудоспуск** – ближайший рудоспуск с подходящим типом руды, в который может транспортироваться горная масса из данной точки прегруза
- **Входное соединение** - ссылка на узел транспортной сети, откуда будет выполняться загрузка

Начальный запас

На вкладке **Начальный запас** заполняются характеристики горной массы, которая находится в точке перегруза на начало модельного периода.

Свойства

CDP-29 (Точка перегруза)

Основные: Материал, изначально содержащийся в этой точке перегруза

Начальный запас: Вместимость, т: 300,00

Правила приемки: Начальное количество горной массы, т: 10,00

Правила отгрузки: Начальная плотность горной массы, т/м³: 2,85

Визуализация: Состав материалов

+ - ✎

Материал	Содержание, %
Ore	50%
Overburden	50%

На вкладке отображается общая вместимость точки перегруза в тоннах, а также данные, которые заполняются при наличии объема горной массы в точке перегруза в момент начала планирования:

- **Начальное количество горной массы** в точке перегруза в момент начала планирования в тоннах
- **Начальная плотность горной массы, т/м³**, находящейся в точке перегруза в момент начала планирования
- **Состав материалов** - процентное соотношение горных пород, находящихся в точке перегруза на начало планирования/моделирования

Кнопка **+** позволяет добавить строки для заполнения породы/руды, кнопкой **-** записи удаляются из списка. Кнопка **✎** открывает окно для заполнения состава пород, находящегося в точке перегруза на начало моделирования

MineTwin Underground

Изменение состава материалов

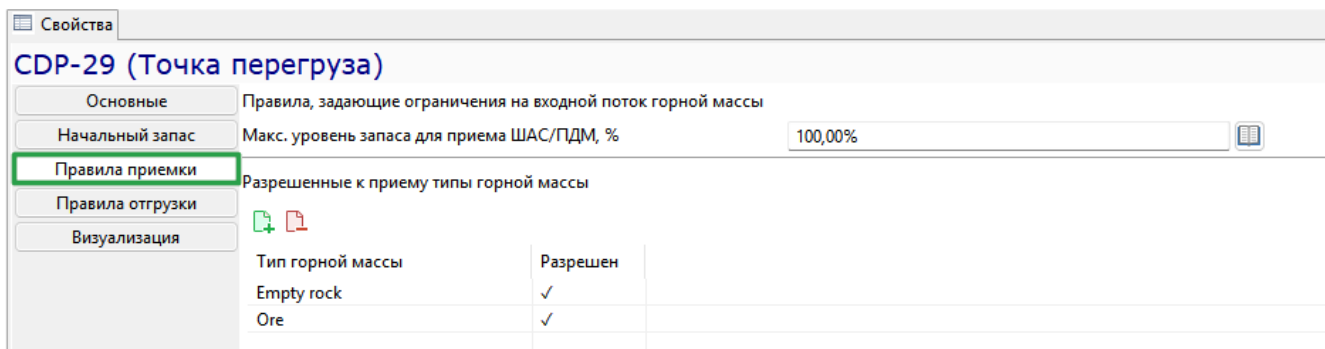
Введите новые значения

Материал	Содержание, %	Вычисл...
Ore	50,00	%
Overburden	50,00	%

Если в начале планирования точка перегруза пуста, вкладка **Начальный запас** не заполняется.

Правила приемки

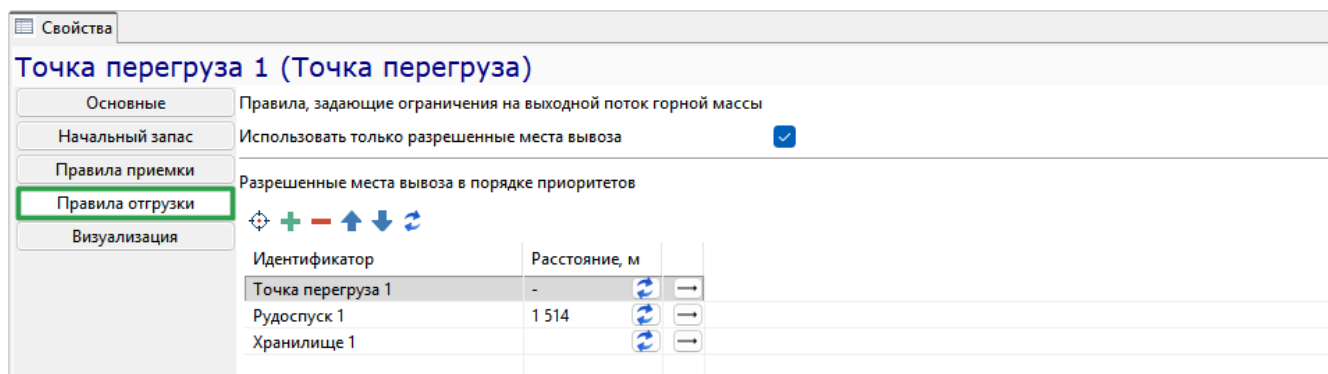
На вкладке **Правила приемки** задаются ограничения на прием горной массы в точку перегруза.








- **Максимальный уровень запаса для приема ШАС/ПДМ, %** - определяет уровень заполненности, при котором ПДМ/ ШАС перестают возить горную массу в данную точку и начинают возить в альтернативные при их наличии
- **Разрешенные к приему типы горной массы** - выбираются вручную установкой отметки напротив необходимого типа горной массы.

Кнопки   позволяют выделить все типы горной массы/ снять все выделения.

Правила отгрузки



Разрешенными местами вывоза могут быть рудоспуски, хранилища и другие места перегруза.

Кнопка  позволяет выбрать на 2D-карте нужные места вывоза, кнопка  позволяет добавить объекты из списка. Кнопкой  записи удаляются из списка. Кнопка  позволяет перейти к свойствам выбранного объекта. Кнопка  позволяет обновить данные о расстояниях до соответствующих объектов.

Визуализация

На вкладке **Визуализация** можно создать подпись для места перегрузки и настроить ее отображение.

1.8.6. Конвейеры

Конвейер – средство транспортировки горной массы непрерывного действия. Горная масса может поступать на конвейер из хранилищ и рудоспусков, с конвейера горная масса может ссыпаться также в хранилища и рудоспуски.

Свойства

Конвейер 1 (Конвейер)

Основные	Идентификатор	Конвейер 1	
Ребра ШП	Производительность, т/ч	600,00	
Реверсивность	Скорость м/сек	3,15	
Наработка	Реверсивный	<input type="checkbox"/>	
Недоступность	Вместимость выходного буфера, т	35,00	
Прерывания	Ур-нь заполнения для возобновления работы, %	30,00%	

Конвейер характеризуется следующими основными свойствами:

- **Уникальный идентификатор**
- **Производительность** транспортировки горной массы в тоннах в час
- **Скорость** движения ленты конвейера, м/сек
- **Реверсивность** указывает на возможность работы конвейера в обратном направлении в течение времени, заданного на вкладке **Реверсивность**
- **Вместимость выходного буфера, т** – технический параметр, который используется для предотвращения остановки симуляции с ошибкой. В реальности переполнение конвейера – это аварийная ситуация. В симуляции избыточная горная масса поступает во внутренний виртуальный буфер, и после того, он наполнится до заданного значения, конвейер остановится (заблокируется). Это может случиться, если горная масса поступает на один конвейер из нескольких конвейеров или если нижележащий конвейер останавливается на перерыв или поломку
- **Уровень заполнения для возобновления работы, %** - процент заполнения внутреннего буфера, при котором возобновляется работа конвейера после его аварийной остановки

Один конвейер может состоять из нескольких сегментов. На вкладке **Ребра ШП** задается список ребер шахтного поля конвейерного типа, из которых состоит данный конвейер.

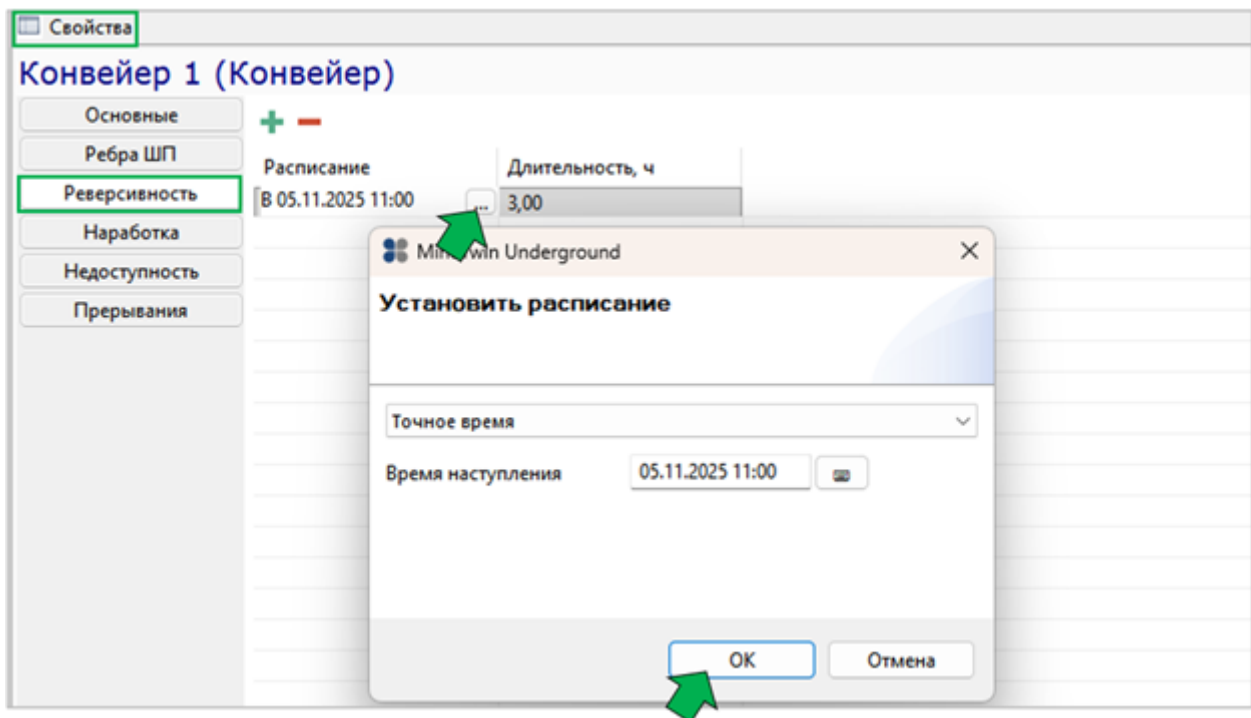
Свойства

Conveyor 1 (Конвейер)

Основные					
Ребра ШП	Идентификатор	Начальный узел	Конечный узел	Тип	
Реверсивность	ROAD	Node	Node-75	Конвейер	
Наработка					
Недоступность					
Прерывания					

Ребра добавляются выбором на шахтном поле с помощью кнопки и удаляются из состава конвейера с помощью кнопки .

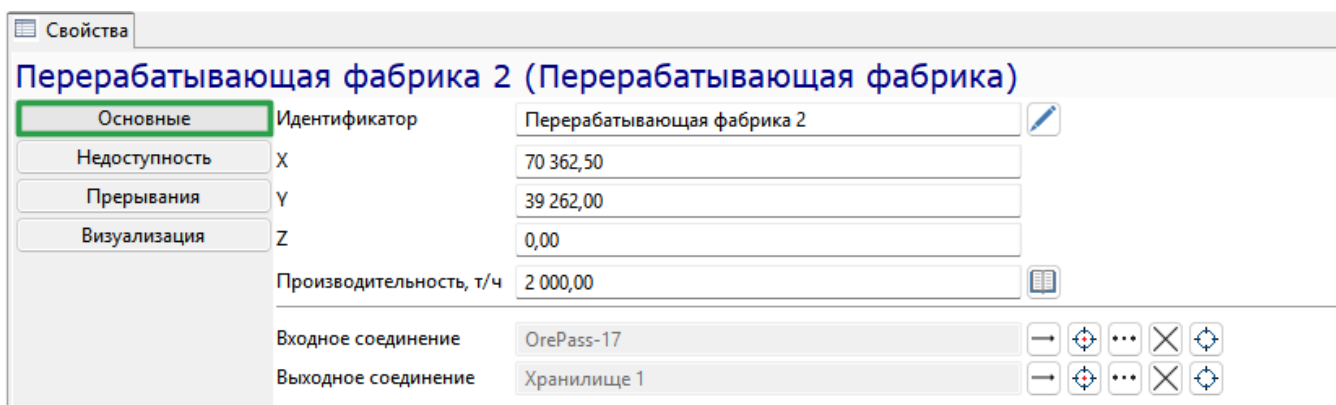
На вкладке **Реверсивность** устанавливаются периоды времени работы конвейера в реверсивном режиме (в обратном направлении).



В свойствах конвейера на соответствующих вкладках могут быть заданы начальная **наработка**, периоды **недоступности**. На вкладке **Прерывания** представлена справка о всех плановых и вероятностных периодах простоев с кнопкой перехода в соответствующее окно для редактирования в группе **Расписания**. На вкладке **Визуализация** можно создать подпись для конвейера и настроить ее отображение.

1.8.7. Перерабатывающая фабрика

Перерабатывающая фабрика – горное предприятие для первичной переработки горной массы с целью получения технически ценных продуктов, пригодных для промышленного использования.



Перерабатывающая фабрика характеризуется следующими основными свойствами:

- Уникальный **идентификатор**
- X-, Y-и Z-координаты
- **Производительность переработки горной массы, в тоннах в час**
- **Входное соединение** – ссылка на единицу оборудования, из которой горная масса поступает на перерабатывающую фабрику: хранилище или рудоспуск

- **Выходное соединение** – ссылка на хранилище, в которое горная масса поступает из перерабатывающей фабрики

На вкладке **Недоступность** могут быть заданы периоды недоступности для работы в рассматриваемом периоде, например, по причине ремонтов. На вкладке **Прерывания** отображаются перерывы, заданные в **Расписании**. На вкладке **Визуализация** можно создать подпись для перерабатывающей фабрики и настроить ее отображение.

1.8.8. Маршруты ж/д конвейеров

Маршрут ж/д конвейера задает последовательность рудоспусков на пути движения ж/д конвейера. Маршруты фиксированы и содержат последовательность рудоспусков, которые ж/д конвейер должен разгрузить.

Маршрут ж/д конвейеров характеризуется следующими параметрами:

- **Уникальный идентификатор**
- **Минимальное количество** горной массы в рудоспуске для начала ее вывоза ж/д конвейером
- **Место разгрузки** – ссылка на хранилище, в которое будет разгружаться горная масса из ж/д конвейера, следующего по данному маршруту
- **Места погрузки** – список рудоспусков, из которых ж/д конвейер во время движения по маршруту загружает руду в заданном в списке порядке. Рудоспуски добавляются в маршрут выбором его на шахтном поле с помощью кнопки , удаляются кнопкой . Порядок рудоспусков в последовательности можно поменять с помощью стрелок , обновляется последовательность кнопкой .

1.9. Параметры подвижного оборудования

Подвижное оборудование в MineTwin Underground сгруппировано по типам. Тип оборудования – сущность, используемая для группировки единиц оборудования с одинаковыми основными характеристиками.

1.9.1. Типы подвижного оборудования

Группа дерева элементов «Типы подвижного оборудования» содержит перечень типов самоходного оборудования, которое может использоваться при планировании/моделировании:

- Типы самосвалов (шахтных автосамосвалов – ШАС)
- Типы погрузочно-доставочных машин (ПДМ)
- Типы зарядных машин
- Типы самоходно-буровых установок (СБУ)
- Типы анкероустановщиков
- Типы торкрет-машин
- Типы самоходных вагонов
- Типы комбайнов
- Типы оборщиков заколов

В разрезе типов оборудования задаются наборы плановых ремонтов и (**техобслуживания**) и наборы **внеплановых** (аварийных) ремонтов (поломок) в группе дерева элементов **Расписания**.


Для типов оборудования задается параметр **Участствует в разъездах**, определяющий участие техники данного типа в маневрах разъезда при движении по дорогам, для которых они требуются (**ребрам** типа *Авто* с включенными функциями **Встречное движение**, **Обгон движущегося оборудования** и **Обгон остановившегося оборудования**). При движении по одному ребру оборудование разъезжается по следующим правилам:

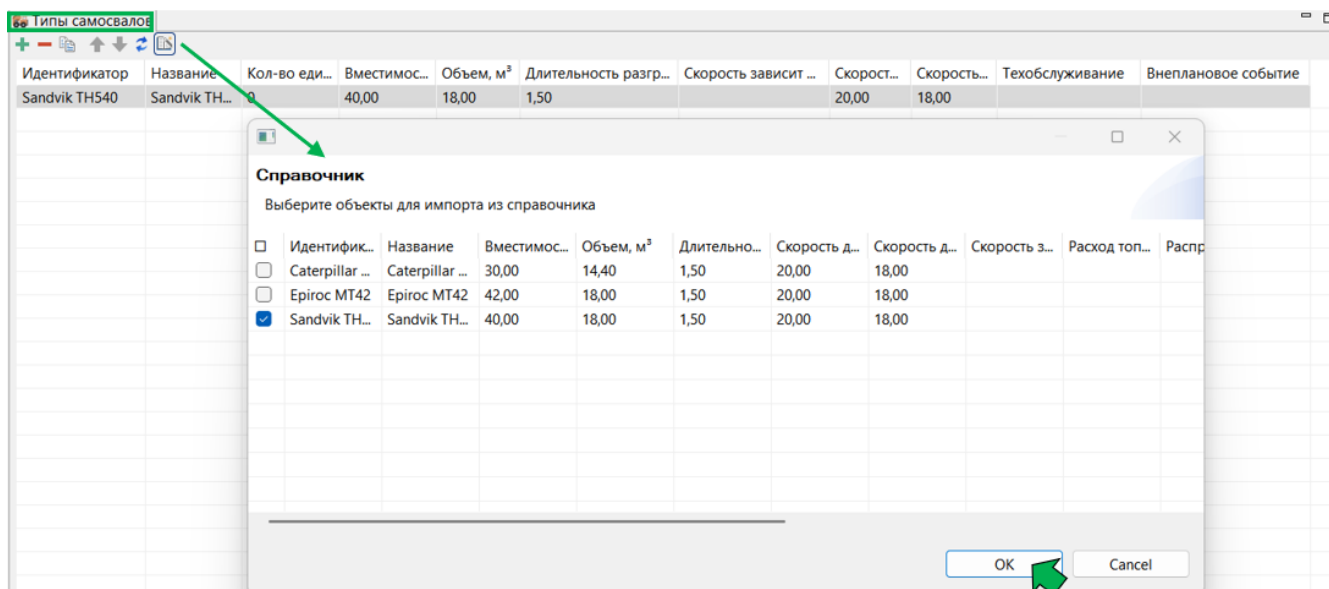
- Если две единицы техники едут в противоположных направлениях, то вторая ожидает в узле транспортной сети, пока первая закончит движение по ребру
- Если две единицы техники едут в одном направлении, то они не могут обгонять друг друга, опережение возможно только в узле
- Если на участке дороги остановилась одна единица техники, то второй понадобится дополнительное время, чтобы ее объехать. Если единица техники остановилась на ребре с отключенной функцией **Обгон остановившегося оборудования**, то единица, участвующая в маневрах, остановится перед этим ребром и будет ждать, пока дорога освободится.

Также в разрезе типов оборудования задаются затраты на их обслуживание. На вкладке **Затраты** для всех типов оборудования можно заполнить параметры стоимости:

- **Фиксированные затраты типов оборудования, рубли**
- **Затраты в смену, рубли**
- **Затраты в час, рубли**
- **Затраты на 1 километр пробега, рубли**

Заполнение этих параметров необязательно и используется при оценке эксплуатационных расходов в процессе моделирования.

В MineTwin Underground содержится встроенный справочник наиболее распространенных типов оборудования. Создать тип оборудования можно переходом в справочник, нажав кнопку  в строке инструментов и выбрав нужные типы оборудования.



1.9.2. Типы самосвалов

Самосвал – самоходный грузовой вид транспорта, предназначенный для транспортирования горной массы.

Sandvik (Тип самосвала)

Основные	Идентификатор	Sandvik
Скорость по уклону	Название	Sandvik
Кривая тягового усилия	Участвует в разъездах	<input checked="" type="checkbox"/>
Расход топлива	Вместимость, т	45,00
Затраты	Объем, м ³	24,00
	Длительность разгрузки, мин	1
	Вес без груза, кг	0,00
	Коэффициент скорости рейсов	1
	Расчет скорости	Только макс. значения
	Макс. скорость движения без груза, км/ч	13,77
	Макс. скорость движения с грузом, км/ч	9,92

Для каждого типа самосвалов должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- Уникальный **идентификатор**
- **Участвует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых для которых это требуется
- **Вместимость** кузова самосвалов этого типа в тоннах
- **Объем** кузова самосвалов этого типа в м³
- **Длительность разгрузки** самосвалов данного типа в минутах
- **Вес без груза, кг** — масса пустого самосвала в *килограммах*. Этот параметр используется при расчётах скорости по **кривым тягового усилия**
- **Коэффициент скорости рейсов** — позволяет задать вариативность скорости в определённом диапазоне. Параметр может быть константой или случайной величиной с одной из встроенных функций распределения. Рассчитанная скорость техники будет

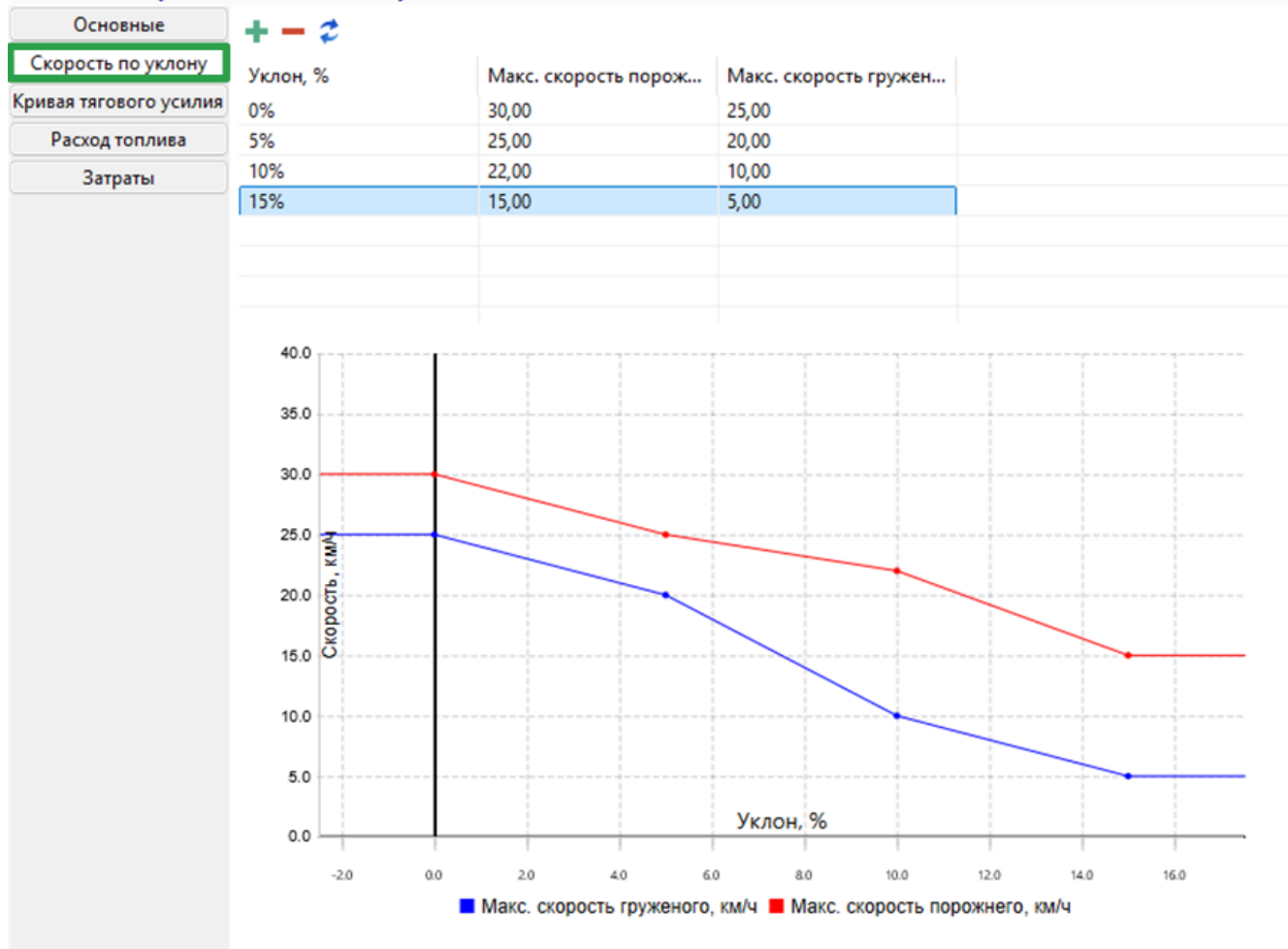
умножаться на этот коэффициент, а при случайной величине — варьироваться.

- **Расчет скорости** — необходимо выбрать один из вариантов:
 - *Только макс. значения* — расчёт скорости использует только максимальные значения возможной скорости для различных состояний самосвала (гружёный и порожний)
 - *Зависит от угла* — скорость для различных состояний самосвала (гружёный и порожний) зависит от уклона дороги. Расчёт выполняется с использованием значений с вкладки **Скорость по уклону**
 - *Кривая тягового усилия* — скорость рассчитывается с использованием данных с вкладки **Кривая тягового усилия**, весовых параметров самосвала и характеристик ребра. Сначала определяется тяговое усилие на основе полной массы техники, уклона ребра и его сопротивления качению. Затем, используя это значение и данные вкладки **Кривая тягового усилия**, вычисляется средняя скорость.
- **Макс. скорость движения без груза, км/ч** — скорость самосвала без груза для метода расчёта скорости **Только макс. значения**
- **Макс. скорость движения с грузом, км/ч** — скорость самосвала с грузом для метода расчёта скорости **Только макс. значения**.

Скорость по уклону

На вкладке **Скорости по уклону** задается зависимость скоростей движения типов самосвала от угла наклона дороги. Для определенного значения улона дороги указывается соответствующие скорость движения с грузом и без груза. Промежуточные значения определяются с помощью линейной интерполяции и отображаются на графике.

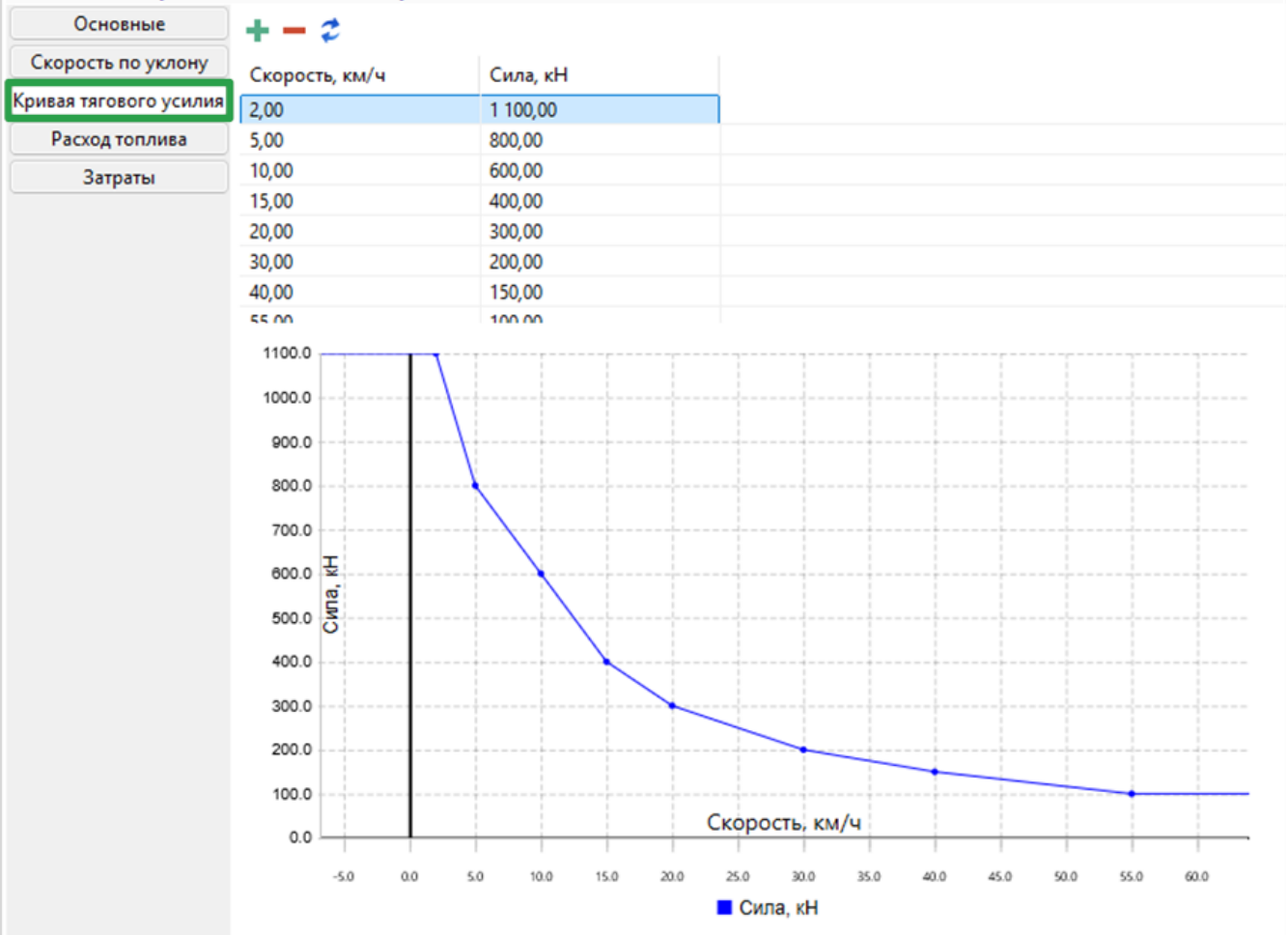
Sandvik (Тип самосвала)



Кривая тягового усилия

На вкладке **Кривая тягового усилия** можно задать значения, описывающие зависимость между тяговым усилием (силой тяги, доступной на колёсах) и скоростью движения самосвала данного типа. Промежуточные значения определяются с помощью линейной интерполяции и отображаются на графике.

Sandvik (Тип самосвала)



Расход энергии

На вкладке **Расход энергии** необходимо выбрать один из трех доступных вариантов источника энергии: *Топливо*, *Встроенный аккумулятор*, *Сменный аккумулятор*. После выбора источника энергии необходимо заполнить соответствующие параметры ее расхода.

При выборе источника энергии *Топливо* заполняются следующие величины:

- **Объём топливного бака, л**
- **Минимальный объём топливного бака, л** — минимальный объём топлива в баке, который нельзя использовать
- **Расход топлива зависит от угла** — если отметка установлена, расход топлива для самосвалов этого типа рассчитывается по кривым расхода топлива от уклона дороги, иначе используется постоянная норма расхода для различных состояний (гружённый, порожний, холостой ход). Зависимости заполняются в табличной форме для движения с грузом и без груза. Уклон дороги указывается в процентах, кривые на диаграмме строятся автоматически
- **Расход топлива при движении без груза, л/ч** — постоянная норма расхода при движении без груза, используется в случае, если влияние уклона дороги учитывать не требуется
- **Расход топлива при движении с грузом, л/ч** — постоянная норма расхода при движении с грузом, используется в случае, если влияние уклона дороги учитывать не требуется

требуется

- **Потребление топлива без движения, л/ч** — постоянная норма расхода при отсутствии движения самосвала
- **Скорость заправки, л/мин** — скорость заправки самосвалов этого типа
- **Продолжительность подготовки к заправке, мин** — задержка на подготовку самосвалов этого типа к началу заправки. Может задаваться как константой, так и случайной величиной.

Егіос МТ42 (Тип самосвала)

Основные	Объем топливного бака, л	600,00
Скорость по уклону	Минимальный объем топливного бака, л	30,00
Кривая тягового усилия	Расход топлива зависит от угла	<input type="checkbox"/>
Расход топлива	Расход топлива при движении без груза, л/ч	40,00
Затраты	Расход топлива при движении с грузом, л/ч	54,00
	Потребление топлива без движения, л/ч	7,50
	Скорость заправки, л/мин	70,00
	Продолжительность подготовки к заправке, мин	0

+ - ↺

Уклон, %	Потребление топлива порожним, л/ч	Потребление топлива груженым, л/ч
0%	40,00	54,00
5%	50,00	64,00
10%	55,00	60,00

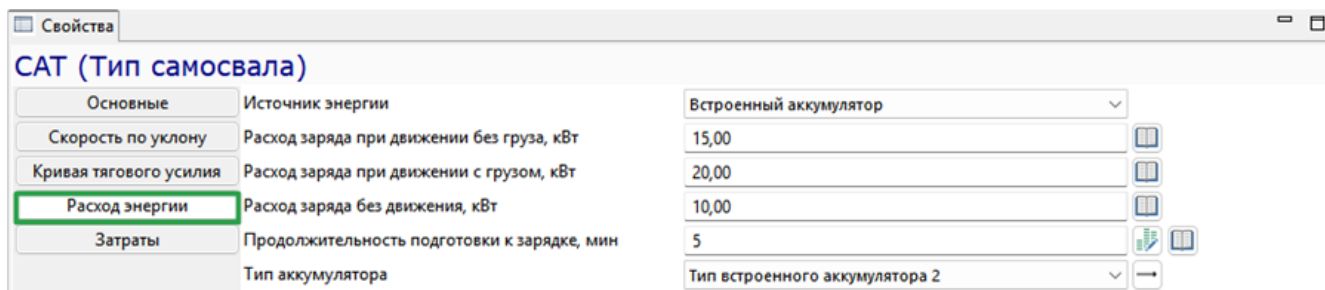
■ Потребление топлива груженым, л/ч ■ Потребление топлива порожним, л/ч

При выборе источника энергии *Встроенный аккумулятор* заполняются следующие величины:

- **Расход заряда при движении без груза, кВт**
- **Расход заряда при движении с грузом, кВт**
- **Расход заряда без движения, кВт**
- **Продолжительность подготовки к зарядке, мин** - величина задержки перед началом

заряжания. Может задаваться как константой, так и случайной величиной

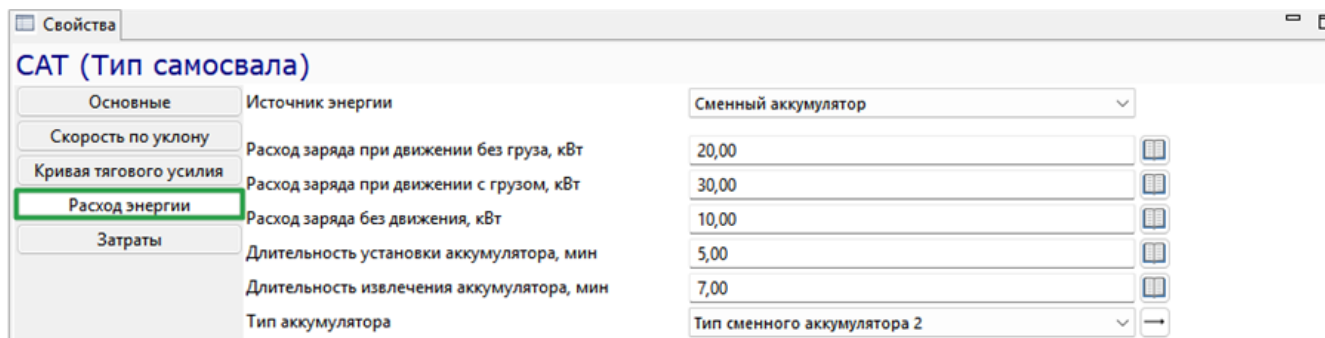
- **Тип аккумулятора** — выбор типа аккумулятора из списка имеющихся в сценарии.



Параметр	Значение
Источник энергии	Встроенный аккумулятор
Расход заряда при движении без груза, кВт	15,00
Расход заряда при движении с грузом, кВт	20,00
Расход заряда без движения, кВт	10,00
Продолжительность подготовки к зарядке, мин	5
Тип аккумулятора	Тип встроенного аккумулятора 2

При выборе источника энергии *Сменный аккумулятор* заполняются следующие величины:

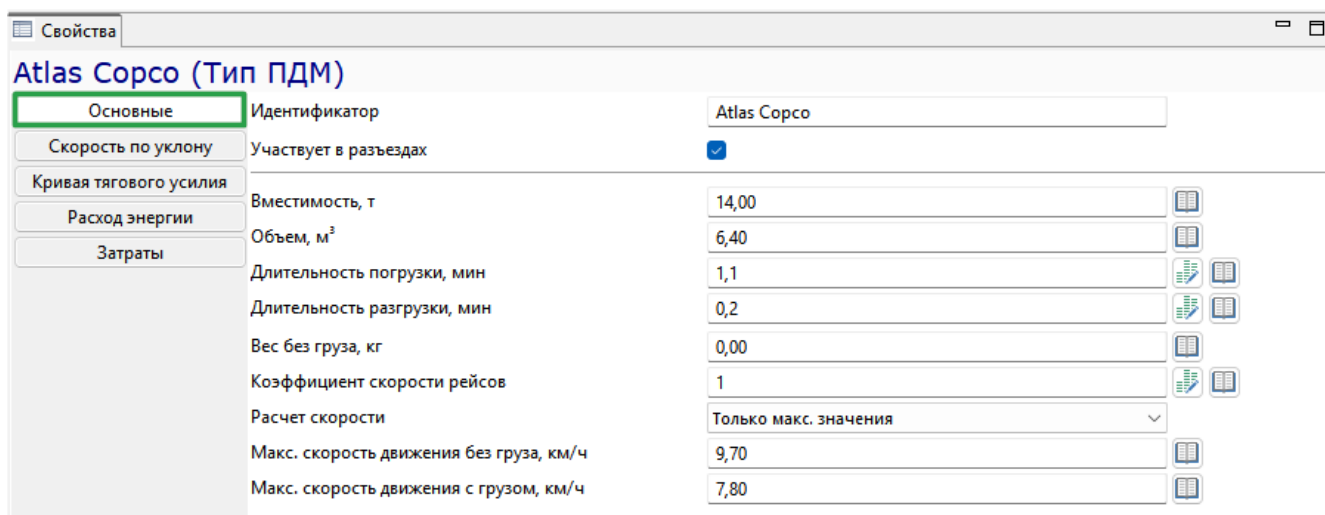
- **Расход заряда при движении без груза, кВт**
- **Расход заряда при движении с грузом, кВт**
- **Расход заряда без движения, кВт**
- **Длительность установки аккумулятора, мин**
- **Длительность извлечения аккумулятора, мин**
- **Тип аккумулятора** — выбор типа аккумулятора из списка имеющихся в сценарии.



Параметр	Значение
Источник энергии	Сменный аккумулятор
Расход заряда при движении без груза, кВт	20,00
Расход заряда при движении с грузом, кВт	30,00
Расход заряда без движения, кВт	10,00
Длительность установки аккумулятора, мин	5,00
Длительность извлечения аккумулятора, мин	7,00
Тип аккумулятора	Тип сменного аккумулятора 2

1.9.3. Типы ПДМ

ПДМ – погрузочно-доставочная машина, предназначенная для погрузки и транспортирования горной массы к месту разгрузки.



Параметр	Значение
Идентификатор	Atlas Copco
Участствует в разездах	<input checked="" type="checkbox"/>
Вместимость, т	14,00
Объем, м³	6,40
Длительность погрузки, мин	1,1
Длительность разгрузки, мин	0,2
Вес без груза, кг	0,00
Коэффициент скорости рейсов	1
Расчет скорости	Только макс. значения
Макс. скорость движения без груза, км/ч	9,70
Макс. скорость движения с грузом, км/ч	7,80

Для каждого типа ПДМ должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- **Уникальный идентификатор**
- **Участвует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых это требуется
- **Вместимость**, т грузонесущего ковша ПДМ этого типа в тоннах
- **Объём** грузонесущего ковша ПДМ этого типа в м³
- **Длительность погрузки** в минутах
- **Длительность разгрузки** в минутах
- **Вес без груза, кг** — масса пустой ПДМ в *килограммах*. Этот параметр используется при расчётах скорости по **кривым тягового усилия**
- **Коэффициент скорости рейсов** — позволяет задать вариативность скорости в определённом диапазоне. Параметр может быть константой или случайной величиной с одной из встроенных функций распределения. Рассчитанная скорость техники будет умножаться на этот коэффициент, а при случайной величине — варьироваться.
- **Расчет скорости** — необходимо выбрать один из вариантов:
 - *Только макс. значения* — расчёт скорости использует только максимальные значения возможной скорости для различных состояний ПДМ (гружёный и порожний)
 - *Зависит от угла* — скорость для различных состояний ПДМ (гружёный и порожний) зависит от уклона дороги. Расчёт выполняется с использованием значений с вкладки **Скорость по уклону**
 - *Кривая тягового усилия* — скорость рассчитывается с использованием данных с вкладки **Кривая тягового усилия**, весовых параметров ПДМ и характеристик ребра. Сначала определяется тяговое усилие на основе полной массы техники, уклона ребра и его сопротивления качению. Затем, используя это значение и данные вкладки **Кривая тягового усилия**, вычисляется средняя скорость.
- **Макс. скорость движения без груза, км/ч** — скорость ПДМ без груза для метода расчёта скорости **Только макс. значения**
- **Макс. скорость движения с грузом, км/ч** — скорость ПДМ с грузом для метода расчёта скорости **Только макс. значения**.

По аналогии с типами автосамосвалов на вкладке **Скорости по уклону** задается зависимость скоростей движения типов ПДМ от угла наклона дороги. На вкладке **Кривая тягового усилия** можно задать значения, описывающие зависимость между тяговым усилием и скоростью движения ПДМ данного типа. На вкладке **Расход энергии** заполняются вид и параметры расхода энергоресурса. Так же как и для самосвалов доступен выбор одного из вариантов: *Топливо*, *Встренный аккумулятор*, *Сменный аккумулятор*. На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.4. Типы зарядных машин

Зарядная машина – устройство для механизированной подачи взрывного материала (ВМ) в

зарядные плоскости (скважины, шпуры).

Charmec (Тип зарядной машины)	
Основные	Идентификатор: Charmec
Затраты	Участвует в разъездах: <input type="checkbox"/>
	Длительность подготовки к зарядке, мин: 1
	Способ расчета времени зарядки: Время на шпур
	Время зарядки шпура/скважины, мин: 1
	Скорость, км/ч: 60,00

Для каждого типа зарядных машин должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- Уникальный **идентификатор**
- **Участвует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых это требуется
- **Длительность подготовки к зарядке** в минутах
- **Способ расчета времени зарядки:**
 - на шпур/скважину
 - на метр шпура/скважины
- **Время зарядки одного шпура/ скважины** в минутах или в метрах в минуту, в зависимости от выбранного способа расчета
- **Скорость** — средняя скорость передвижения по выработкам зарядных машин этого типа.

На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.5. Типы СБУ

Самоходно-буровая установка (СБУ) – оборудование, предназначенное для бурения скважин (шпуров), способное самостоятельно передвигаться по подземным выработкам.

Atlas Copco Simba (Тип СБУ)	
Основные	Идентификатор: Atlas Copco Simba
Затраты	Участвует в разъездах: <input checked="" type="checkbox"/>
	Кол-во буровых устройств: 1
	Макс. глубина бурения, м: 40,00
	Макс. произ. бурения, м/мин: 0,60
	Длит. подготовки перед итерацией бурения, мин: 0,3
	Длит. подготовки перед началом бурения, мин: 109
	Скорость, км/ч: 5,00
	Тип буровой установки: Вертикальный

Для каждого типа СБУ должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- **Уникальный идентификатор**
- **Участвует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых это требуется
- **Количество буровых устройств** – количество буровых инструментов. Как правило, у СБУ горизонтального типа имеется 2 стрелы, у СБУ вертикального типа – 1 штанга
- **Максимальная глубина бурения**, возможная для СБУ данного типа, м
- **Максимальная производительность бурения**, м/ мин
- **Длительность подготовки перед итерацией бурения**, мин – длительность манипуляций перед бурением каждого шпура/ скважины
- **Длительность подготовки перед началом бурения**, мин – продолжительность подготовительных работ, таких как установка СБУ, подключение электричества и воды и т.д.
- **Скорость** - средняя скорость передвижения по выработкам СБУ этого типа, км/ч
- Один из двух возможных типов буровой установки: *горизонтальный* или *вертикальный*.

На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.6. Типы анкероустановщиков

Анкероустановщик – оборудование, предназначенное для установки анкерной крепи при проведении отработки выработок.

Epiroc Boltec EC (Тип анкероустановщика)	
Основные	Идентификатор: Epiroc Boltec EC
Затраты	Участвует в разъездах: <input type="checkbox"/>
	Время на установку анкера, мин: 3,3
	Скорость, км/ч: 8,00

Для каждого типа анкероустановщика должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- **Уникальный идентификатор**
- **Участвует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых требуется разъезд техники
- **Время на установку одного анкера, мин** - длительность бурения шпура и закрепления в нем анкера
- **Скорость, км/ч** — средняя скорость передвижения по выработкам анкероустановщиков этого типа.

На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.7. Типы торкрет-машин

Торкрет-машина — это самоходное оборудование для нанесения специальных строительных смесей на поверхности под давлением сжатого воздуха или воды. Торкретирование поверхностей выработок может выполняться для дополнительного их укрепления, гидроизоляции или в противопожарных целях.

The screenshot shows a software window titled 'Свойства' (Properties) with a sub-tab 'Тип торкрет-машины 1 (Тип торкрет-машин)' (Shotcrete Machine Type 1). The 'Основные' (Basic) tab is selected. The interface contains a table of properties for the machine type 'Тип торкрет-машины 1'.

Идентификатор	Тип торкрет-машины 1
Участствует в разъездах	<input type="checkbox"/>
Производительность распыления смеси, м ³ /ч	200
Время на подготовительные операции, мин	20
Время на заключительные операции, мин	15
Отскок смеси, %	10,00%
Скорость, км/ч	15,00

Для каждого типа торкрет-машины задаются следующие **Основные** свойства:

- Уникальный **Идентификатор**
- **Участствует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых требуется разъезд техники
- **Производительность распыления смеси, м³/ч** - часовой расход торкрет-бетонной смеси при ее нанесении на поверхность
- **Время на подготовительные операции, мин** - суммарное время на подготовку поверхности, обеспыливание и т.д. до начала процесса распыления смеси
- **Время на заключительные операции, мин** - суммарное время на промывку оборудования, уборку отскока, контроль качества и другие операции после окончания торкретирования до начала движения торкрет-машины
- **Отскок смеси, %** — процент объема торкрет-бетонной смеси, который не закрепляется на обрабатываемой поверхности при нанесении
- **Скорость, км/ч** — средняя скорость перемещения по выработкам торкрет-машин этого типа.

На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.8. Типы самоходных вагонов

Самоходный вагон (СВ) – самоходное грузовое оборудование, оснащенное донным конвейером и предназначенное для транспортировки горной массы.

Свойства

Sandvik FT30 (Fambition) (Тип самоходного вагона)

Основные	Идентификатор	Sandvik FT30 (Fambition)
Скорость по уклону	Участвует в разъездах	<input checked="" type="checkbox"/>
Кривая тягового усилия	Производительность разгрузки, т/мин	1,9
Расход энергии	Вместимость, т	30,00
Затраты	Объем, м ³	18,00
	Вес без груза, кг	30 000,00
	Коэффициент скорости рейсов	1
	Расчет скорости	Только макс. значения
	Скорость движения без груза, м/мин	28,00
	Скорость движения с грузом, м/мин	23,00

Для каждого типа самоходных вагонов должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- Уникальный **Идентификатор**
- **Участвует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых это требуется
- **Производительность разгрузки** в тоннах в минуту
- **Вместимость** вагона этого типа в тоннах
- **Объем** вагона этого типа в м³
- **Вес без груза, кг** — масса пустой СВ в *килограммах*. Этот параметр используется при расчётах скорости по **кривым тягового усилия**
- **Коэффициент скорости рейсов** — позволяет задать вариативность скорости в определённом диапазоне. Параметр может быть константой или случайной величиной с одной из встроенных функций распределения. Рассчитанная скорость техники будет умножаться на этот коэффициент, а при случайной величине — варьироваться.
- **Расчет скорости** — необходимо выбрать один из вариантов:
 - *Только макс. значения* — расчёт скорости использует только максимальные значения возможной скорости для различных состояний СВ (гружёный и порожний)
 - *Зависит от угла* — скорость для различных состояний СВ (гружёный и порожний) зависит от уклона дороги. Расчёт выполняется с использованием значений с вкладки **Скорость по уклону**
 - *Кривая тягового усилия* — скорость рассчитывается с использованием данных с вкладки **Кривая тягового усилия**, весовых параметров СВ и характеристик ребра. Сначала определяется тяговое усилие на основе полной массы техники, уклона ребра и его сопротивления качению. Затем, используя это значение и данные вкладки **Кривая тягового усилия**, вычисляется средняя скорость.
- **Макс. скорость движения без груза, км/ч** — скорость СВ без груза для метода расчёта скорости **Только макс. значения**
- **Макс. скорость движения с грузом, км/ч** — скорость СВ с грузом для метода расчёта скорости **Только макс. значения**

На вкладке **Скорости по уклону** задается зависимость скоростей движения типа соходного

вагона от угла наклона дороги. На вкладке **Кривая тягового усилия** можно задать значения, описывающие зависимость между тяговым усилием и скоростью движения самоходного вагона данного типа. На вкладке **Расход энергии** заполняются вид и параметры расхода энергоресурса. Доступен выбор одного из вариантов: *Топливо*, *Встроенный аккумулятор*, *Сменный аккумулятор*. На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.9. Типы комбайнов

Комбайн – горное оборудование для механического разрушения и погрузки горной массы на конвейер или в самоходный вагон. В процессе работы комбайны также могут устанавливать анкерную крепь.

Sandvik MB670 (Тип комбайна)	
Основные	Идентификатор: Sandvik MB670
Затраты	Участствует в разъездах: <input type="checkbox"/>
	Скорость передвижения, м/мин: 18,00
	Скорость обратного хода, м/мин: 15,00
	Производительность, т/мин: 20,80
	Площадь сечения, м ² : 20,00
	Время на установку анкера, мин: 3,2
	Производительность разгрузки в с/х вагон, т/мин: 25,00
	Работает с: Самоходный вагон

Для каждого типа комбайнов должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- **Уникальный идентификатор**
- **Участствует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых это требуется
- **Скорость передвижения, м/мин** — скорость перемещения по выработке
- **Скорость обратного хода, м/мин** — скорость заднего хода
- **Производительность, т/мин** - количество разрушенной и погруженной горной массы комбайном этого типа в минуту
- **Площадь сечения выработки, м²**
- **Время на установку одного анкера, мин** - длительность бурения шпура и установки анкера
- **Производительность разгрузки в самоходный вагон, т/мин** — параметр доступен при условии, что выбрана работа с самоходными вагонами
- **Работает с** — выбор устройства для погрузки горной массы комбайном: *самоходный вагон* или *с конвейер*

На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.10. Типы оборщиков заколов

Оборщик заколов – самоходное оборудование для зачистки неровностей и отслоившихся частей пород на поверхности выработки.

The screenshot shows a window titled 'Свойства' (Properties) with a sub-header 'Тип оборщика заколов 1 (Тип оборщика заколов)'. On the left, there are two tabs: 'Основные' (Basic) and 'Затраты' (Costs). The 'Основные' tab is active. The main area contains the following fields:

Идентификатор	Тип оборщика заколов 1
Участует в разъездах	<input checked="" type="checkbox"/>
Производительность, м ² /мин	3,9
Скорость, км/ч	15,00

Для каждого типа оборщиков кровли должны быть заданы следующие **Основные** свойства:

- Уникальный **идентификатор**
- **Участует в разъездах** — если установлено, техника этого типа будет участвовать в манёврах разъезда при движении по рёбрам, для которых это требуется
- **Производительность** оборки в м² в минуту
- **Скорость** — средняя скорость передвижения по выработкам оборщиков закола этого типа

На вкладке **Затраты** заполняются значения затрат на содержание и обслуживание техники этого типа.

1.9.11. Подвижное оборудование

Группа дерева объектов **Подвижное оборудование** содержит перечень всех единиц подвижного оборудования, заданных в сценарии, в разрезе типов оборудования (самосвалы, погрузочно-доставочные машины (ПДМ), зарядные машины, самоходные буровые установки (СБУ), анкероустановщики, торкрет-машины, самоходные вагоны (СВ), комбайны, оборщики заколов), а также подземные **поезда** и **ж/д конвейеры**, которые, в отличие от другого подвижного оборудования, не группируются в типы.

Основные свойства

Каждая единица оборудования, кроме **поезда** и **ж/д конвейера**, характеризуется следующими **Основными** свойствами:

- Уникальный **идентификатор**
- **Используется** — параметр, указывающий, будет ли единица оборудования использоваться при планировании/ моделировании
- **Базовый узел** шахтного поля – базовое местоположение на плане рудника (гараж)
- **Действие после выполнения работ:**
 - *По умолчанию* — ШАС и ПДМ возвращаются в гараж, СБУ и анкероустановщики остаются в выработках
 - *Возвращаться в базовый узел* — все оборудование после завершения работ

возвращается в гараж

- *Остаться в текущей точке* — все оборудование после завершения работ остается в месте их проведения

- **Участок или участки**, за которыми закреплена единица техники
- **Доступность**, % – средний процент времени, когда оборудование в работе. При планировании/ моделировании для оборудования автоматически создаются перерывы таким образом, чтобы средняя доступность оборудования за период моделирования *до применения остальных периодов его недоступности* соответствовала заданному значению
- **Тип оборудования** — отображается в свойствах единицы оборудования как справочная информация, его свойства недоступны для редактирования

Свойства	
Sandvik 1-5 (Самосвал)	
Основные	Идентификатор: Sandvik 1-5
Наработка	Используется: <input checked="" type="checkbox"/>
Недоступность	Базовый узел: Node-1242
Период эксплуатации	Действие после выполнения работ: По умолчанию
Прерывания	Участки: 1
	Доступность, %: 100,00%
	Коэффициент загрузки, %: 100%
	Тип самосвала: Sandvik
	Вместимость, т: 45,00
	Объем, м ³ : 24,00
	Длительность разгрузки, мин: 1
	Вес без груза, кг: 0,00
	Макс. скорость движения без груза, км/ч: 13,77
	Макс. скорость движения с грузом, км/ч: 9,92
Объем топливного бака, л: 0,00	
Минимальный объем топливного бака, л: 0,00	

Помимо указанных основных свойств существуют индивидуальные свойства, присущие определенным типам оборудования:

Свойства самосвалов, ПДМ и СВ включают **Коэффициент загрузки, %**, позволяющий учитывать среднюю величину загрузки горной массой кузова или ковша в процентах. По умолчанию коэффициент принимается равным 100%.

Для самоходного вагона — **Максимальное плечо откатки** в метрах.

Для комбайна — вместимость буфера в тоннах и объем в м³.

Наработка

На вкладке **Наработка** для единицы подвижного оборудования задается начальное состояние параметров, относящиеся к ее техническому обслуживанию по наработке:

- Начальная наработка по параметру **Время** – полное время, отработанное единицей

оборудования в момент начала планирования/ моделирования

- Начальная наработка по параметру **Нарботка** – количество моточасов (часов работы мотора при движении, погрузке, разгрузке), отработанных единицей оборудования в момент начала планирования/ моделирования

Sandvik 15-1 (Самосвал)

Основные	Нарботка с последнего обслуживания:	
Нарботка	Время, ч	0,00
Недоступность	Нарботка, ч	0,00
Период эксплуатации		
Прерывания		

Недоступность

На вкладке **Недоступность** для каждой единицы оборудования можно задать плановые периоды ее недоступности для работы.

Свойства						
Sandvik 1-5 (Самосвал)						
Основные	+ [иконка] -					
Нарботка						
Недоступность	Дата начала	Дата окончания	Длительность, ч	Описание	Приоритет	Затраты, руб
Период эксплуатации	01.07.2026 00:00	15.07.2026 00:00	336,00	Капитальный ремонт	-1	50 000,00
Прерывания	01.11.2026 07:00	01.11.2026 09:00	2,00	Замена масла	-1	1 000,00

Кнопки **+** [иконка] **-** позволяют добавлять, копировать и удалять периоды недоступности.

Период эксплуатации

На вкладке **Период эксплуатации** могут быть заданы даты ввода и вывода единицы оборудования из эксплуатации, а также затраты на ввод (покупку) и вывод (утилизацию). До даты ввода в эксплуатацию / после даты вывода единица техники не участвует в планировании/ моделировании.

Свойства				
Поезд 1 (Поезд)				
Основные	Период эксплуатации:			
Нарботка	Ввод в эксплуатацию	01.03.2025 00:00	[...]	[X]
Недоступность	Вывод из эксплуатации	01.04.2026 00:00	[...]	[X]
Период эксплуатации	Стоимость ввода в эксплуатацию, руб	5 000 000,00	[...]	[X]
Прерывания	Стоимость вывода из эксплуатацию, руб	1 000 000,00	[...]	[X]

Прерывания

На вкладке **Прерывания** отображаются все простои (**техобслуживание**, **перерывы**, **внеплановые события**), назначенные единице оборудования в группе дерева объектов **Расписания**.

Sandvik 15-1 (Самосвал)

Основные		
Наработка		
Недоступность	Расписание	Название
Период эксплуатации	Перерывы	Transporters offshedule periods ->
Прерывания	Внеплановые события	Failure ->
	Тех.обслуживание	Trucks maintenance ->

Описание	Приоритет	Периодичность	Продолжительно...	Начальная дата	Конечная дата	Затраты, руб
EMaintenance	0	Каждый 1 день в ...	0,75			0,00
Перерыв	0	Каждый 1 день в ...	0,50			0,00
EMaintenance	0	Каждый 1 день в ...	0,75			0,00
Перерыв	0	Каждый 1 день в ...	0,50			0,00

1.9.12. Поезда

Поезд – подземный вид транспорта, состоящий из локомотива и вагонов, предназначенный для транспортировки горной массы по рельсовым путям. В отличие от другого подвижного оборудования подземные поезда не объединены в типы.

Свойства	Поезд 1 (Поезд)
Основные	Идентификатор: Поезд 1
Наработка	Используется: <input checked="" type="checkbox"/>
Недоступность	Базовый узел: Node-912
Период эксплуатации	Скорость, км/ч: 21,00
Прерывания	Кол-во одновременно загружаемых вагонов: 2
	Длит. загрузки, мин: 2,00
	Длит. подготовки к загрузке, мин: 0,00
	Кол-во одновременно разгружаемых вагонов: 2
	Длит. разгрузки, мин: 1,25
	Длит. подготовки к разгрузке, мин: 0,00
	Вместимость вагона, т: 13,00
	Длина вагона, м: 3,00
	Кол-во вагонов: 10

Для единицы подземного поезда задаются следующие основные параметры:

Для поезда задаются следующие **Основные** параметры:

- **Уникальный Идентификатор**
- **Используется** — параметр, указывающий, будет ли данный поезд использоваться при планировании/ моделировании
- **Базовый узел** – базовое местоположение (депо)
- **Скорость движения, км/ч**
- **Количество одновременно загружаемых вагонов** — партия загружаемых вагонов
- **Длительность загрузки** одной партии загружаемых вагонов, в минутах
- **Длительность подготовки к загрузке** в минутах
- **Количество одновременно разгружаемых вагонов** — партия разгружаемых вагонов
- **Длительность разгрузки** одной партии разгружаемых вагонов в минутах
- **Длительность подготовки к разгрузке** в минутах

- **Вместимость вагона** в метрических тоннах
- **Длина вагона** в метрах
- **Количество вагонов** в составе поезда.

1.9.13. Ж/д конвейеры (система RailVeyor)

Система RailVeyor представляет собой комбинацию конвейерного и железнодорожного транспорта. Она состоит из сцепленных вагонеток на одноосном рельсовом ходу, выполненных в форме открытых желобов. Длина состава может достигать нескольких сот метров. Для передвижения вагонеток не требуется оснащения двигателями, т.к. используются расположенные через определенное расстояние тяговые приводные станции, перемещающие вагонетки при помощи боковых шин. В рамках MineTwin местами погрузки ж/д конвейеров являются **Рудоспуски**, местами разгрузки – **Хранилища**. Погрузка и разгрузка осуществляется во время движения состава.

Свойства	Значение
Идентификатор	Ж/д конвейер 2
Используется	<input checked="" type="checkbox"/>
Базовый узел	<input type="text"/>
Действие после выполнения работ	Остаться в текущей точке
Скорость, км/ч	14,40
Скорость при погрузке, км/ч	3,60
Скорость при разгрузке, км/ч	6,30
Скорость загрузки, т/ч	100 000,00
Вместимость вагона, т	0,73
Длина вагона, м	2,50
Кол-во вагонов	100

Ж/д конвейер (состав вагонеток) характеризуется следующими **Основные** свойствами:

- **Уникальный идентификатор**
- **Используется** — параметр, указывающий, будет ли данный поезд использоваться при планировании/ моделировании
- **Базовый узел** – базовое местоположение (депо)
- **Скорость, км/ч** движения ж/д конвейера между рудоспусками
- **Скорость, км/ч** движения ж/д конвейера **при загрузке** в рудоспусках (т.к. загрузка в рудоспусках происходит в движении, без остановки состава)
- **Скорость, км/ч** движения ж/д конвейера **при разгрузке** (т.к. разгрузка состава также выполняется во время движения)
- **Скорость загрузки, т/ч** горной массы в ж/д конвейер (при моделировании используется минимум между скоростью загрузки в ж/д конвейер и максимальным темпом разгрузки рудоспуска)
- **Вместимость, т** одного вагона в тоннах
- **Длина, м** вагона в метрах

- **Количество** вагонов в составе ж/д конвейера.

На вкладке **Доступные маршруты** для каждого ж/д конвейера можно задать доступные для него маршруты.

Выбрать	Маршрут ж/д конвейеров	Маршрут ж/д конвейеров	Место погрузки	Место разгрузки
✓	Маршрут ж/д конвейеров 1	Маршрут ж/д конвейеров 1	OrePass-18	OrePass-13

1.10. Расписания

Элемент дерева объектов **Расписания** содержит следующие сущности, регламентирующие работу предприятия:

- **Смены**
- **Периоды взрывов**
- **Перерывы**
- **Техобслуживание**
- **Внеплановые события**

1.10.1. Смены

Смены используются для моделирования работы оборудования в соответствии с рабочим расписанием. Смены определяют периоды доступности оборудования для работы.

Индекс смены	Длительность, ч	Периодичность
1	11,00	Каждый 1 день в 09:00
2	11,00	Каждый 1 день в 21:00

Для каждой смены задаются параметры:

- **Индекс смены** – необязательное поле для обозначения смены
- **Длительность** смены, в часах
- **Периодичность** наступления смены, которая может задаваться точным временем или некоторой **периодичностью** (каждый n-ый день месяца, каждый последний день месяца, каждую n неделю, каждые n дней)

Все смены элемента дерева объектов **Смены** применяются ко всем единицам оборудования при планировании и моделировании.

1.10.2. Периоды взрывов

Периоды взрывов определяют периоды времени, когда моделируется образование отбитой горной массы во всех выработках на выбранных добычных участках, подготовленных к взрыванию в момент начала периода взрыва.

Сущность **Период взрыва** характеризуется следующими параметрами:

- Уникальный **идентификатор** и **название** периода взрывных работ
- **Длительность** периода взрыва, в минутах
- **Периодичность** наступления периода взрывных работ, которая может задаваться точным временем или некоторой **периодичностью** (каждый n-ый день месяца, каждый последний день месяца, каждую n неделю, каждые n дней)
- **Участки**, на которых производятся указанные взрывные работы

Элемент дерева объектов **Периоды взрывов** содержит список всех периодов взрывов, которые могут применяться при планировании и моделировании.

Периоды взрывов			
Идентификатор	Название	Длительность, мин	Периодичность
1	B1	120,00	Каждый 1 день в 06:00
2	B2	120,00	Каждый 1 день в 18:00

Участки		
Идентификатор	Название	
1	1	✓
2	2	
3	3	✓



1.10.3. Перерывы

Перерывы используются для моделирования плановых периодов недоступности оборудования в жестко заданный промежуток времени вне зависимости от времени работы/ наработки/пробега. Таким образом могут быть заданы перерывы на обед, ежесменное техобслуживание (ЕТО), капитальный ремонт и модернизация единицы оборудования.

Перерывы		Записи о перерывах							
Идентификатор	Название	Описание	Приоритет	Периодичность	Продолжительность, ч	Начальная дата	Конечная дата	Затраты, руб	Перерывать в конечной дате
Перерыв 1 смена	Перерыв 1 смена	Обед	1	Каждый 1 день в 15:00	1,00			0,00	
		Перерыв	1	Каждый 1 день в 16:30	0,25			0,00	✓

Применение перерывов		
Идентификатор	Название	
Truck 1	Truck 1	✓
Drilling machine 1	Drilling machine 1	✓
Charger 1	Charger 1	
Loader 1	Loader 1	✓
Конвейер 1	Конвейер 1	

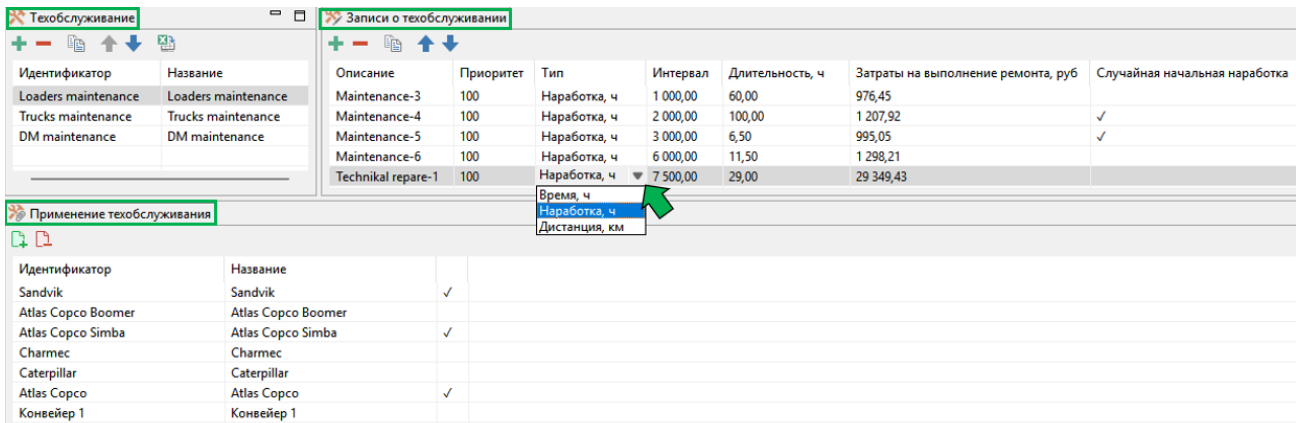
Для задания перерывов в MineTwin Underground заполняются три таблицы в соответствующих окнах:

- Набор перерывов в окне **Перерывы**, который может включать в себя несколько отдельных перерывов (записей о перерывах)
- Запись о перерыве - строка с данными об одном перерыве в окне **Записи о перерывах**. Запись о перерыве характеризуется параметрами:
 - **Описание** – необязательное к заполнению описание планового периода недоступности
 - **Приоритет** – индекс, определяющий позицию в иерархии периодов **недоступности**
 - **Периодичность** наступления перерыва, которая может задаваться точным временем или некоторой **периодичностью** (каждый n-ый день месяца, каждый последний день месяца, каждую n неделю, каждые n дней)
 - **Продолжительность** перерыва, ч
 - **Начальная** и **конечная даты** задаются в случае ограниченных периодов наступления этих событий, например, зимние месяцы. Если начальная и конечная дата периода не заполнены, перерыв применяется в течение всего времени сценария.
 - **Затраты** – затраты на выполнение перерыва данного типа, например, стоимость ЕТО
 - **Игнорировать если просрочено** – параметр задает отмену перерыва, если время его выполнения оказалось в прошлом. Применяется в случаях, когда перерыв, начавшийся с опозданием, не может быть продлен и должен быть завершен в заданное фиксированное время.
- Применение наборов перерывов для выбранных единиц оборудования задается в окне **Применение перерывов**.
- Кнопки   позволяют выделить все единицы оборудования/ снять все выделения.

Элемент дерева объектов **Перерывы** содержит список всех перерывов, которые могут применяться к оборудованию при планировании и моделировании.

1.10.4. Техобслуживание

Сущность **Техобслуживание** используется для моделирования плановых ремонтов оборудования – ремонтов, выполняемых по истечении определенного календарного времени работы оборудования, по достижении оборудованием заданного количества часов наработки двигателя/ ударного механизма или по достижении заданного пробега. Таким образом могут быть заданы техобслуживание, текущий ремонт, капитальный ремонт и т.д.



Для задания техобслуживания в MineTwin Underground заполняются три вида таблиц в соответствующих окнах:

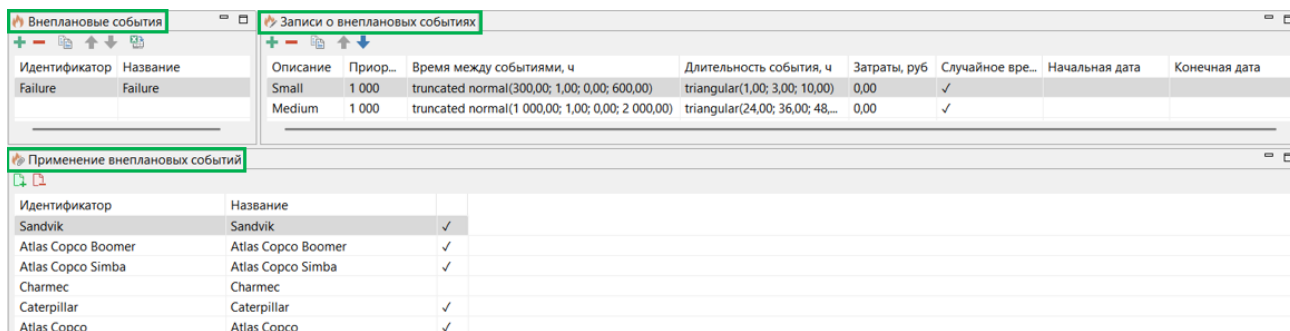
- Набор ремонтов в окне **Техобслуживание**, который может включать в себя несколько отдельных ремонтов (записей о техобслуживании/ ремонте)
- Запись о техобслуживании – строка с данными об одном обслуживании/ ремонте в окне **Записи о техобслуживании**, которая характеризуется параметрами:
 - **Описание** – необязательное к заполнению описание техобслуживания/ ремонта
 - **Приоритет** – индекс, определяющий место записи в иерархии периодов **недоступности**
 - **Тип** расчета момента наступления техобслуживания – на базе *календарного времени*, на базе количества часов *наработки* двигателя или на базе *дистанции* пробега оборудования
 - **Интервал**, ч или км – период между двумя ремонтами этого типа
 - **Длительность** техобслуживания, ч
 - **Затраты** на техобслуживание (при необходимости)
 - **Случайная начальная наработка** - параметр рименяется для того, чтобы у всех единиц техники без заданной начальной наработки техобслуживание моделировалось не одновременно, а отсчет начинался у всех по-разному случайным образом
- Применение наборов ремонтов для выбранных типов оборудования задается в окне **Применение техобслуживания**.

Кнопки   позволяют выделить все типы оборудования/ снять все выделения.

Элемент дерева объектов **Техобслуживание** содержит список всех наборов записей о техобслуживании, которые могут применяться к оборудованию при моделировании.

1.10.5. Внеплановые события

Внеплановые события используются для моделирования аварийных выходов оборудования из строя, поломок, простоев оборудования из-за погодных условий.



Для задания поломок в MineTwin Underground необходимо заполнить три таблицы в соответствующих окнах:

- Набор внеплановых событий в окне **Внеплановые события**, который может включать несколько отдельных событий (записей о событиях)
- Запись о внеплановом событии – строка с данными об одном событии в окне **Записи о внеплановых событиях**. Запись о внеплановом событии характеризуется параметрами:
 - **Описание** – необязательное к заполнению описание поломки
 - **Приоритет** – индекс, определяющий место записи в иерархии периодов **недоступности**
 - **Время между событиями, ч** — константная или случайная величина, определяющая сколько времени должно пройти между двумя внеплановыми событиями этого типа
 - **Длительность события, ч** — константная или случайная величина, определяющая сколько времени будет продолжаться данное событие после его наступления
 - **Затраты, руб** — при необходимости можно указать расходы связанные с наступлением или устранением внепланового события
 - **Случайное время первого события** — применяется для того, чтобы у всех единиц техники поломки моделировалось не одновременно, а отсчет начинался у всех по-разному случайным образом
 - **Начальная и конечная даты** – период наступления внеплановых событий. Например, для зимнего периода времени года может задаваться одна частота наступления событий, а для летнего – другая. В случае, если начальная и конечная дата периода не заполнены, перерыв применяется в течение всего времени моделирования
- Применение наборов внеплановых событий для выбранных типов оборудования задается в окне **Применение внеплановых событий**.

Кнопки   позволяют выделить все типы оборудования/ снять все выделения.

Элемент дерева объектов **Внеплановые события** содержит список всех наборов поломок, которые могут применяться к оборудованию при моделировании.

1.10.6. Иерархия периодов недоступности

Для каждой единицы оборудования могут быть заданы периоды недоступности разного типа:

- взрывные работы, перерывы, техобслуживание и внеплановые события (через расписания)
- ввод/ вывод и недоступность (в свойствах единиц оборудования).

Во время планирования/ моделирования перерывы могут пересекаться во времени. Для регулирования выполнения пересекающихся перерывов используются приоритеты.

Перерывы с меньшим индексом приоритета перекрывают (поглощают) перерывы с большим индексом. По умолчанию периоды недоступности и периоды за пределами эксплуатации единицы оборудования имеют наивысший приоритет, равный -1 , перерывы имеют приоритет 1 , техобслуживание – 100 , внеплановые события – 1000 . Это означает, что если в период недоступности на капитальный ремонт (-1) должен случиться ежедневный перерыв на обед (1), то такой перерыв не будет запланирован. Если во время текущего ремонта (100) наступает время поломки (1000), то такая поломка не будет учтена при моделировании.

При необходимости пользователь может менять приоритеты периодов недоступности.

1.11. Планы добычи

MineTwin Underground может автоматически формировать план работы оборудования исходя из **целевых планов** добычи горной массы по выработкам или по целевому значению.

1.11.1. План по выработкам

План по выработкам задает сколько горной массы и какого качества должно быть добыто в каждый плановый период в каждой выработке.

Планы по выработкам								
Начальная дата	Конечная дата	Выработка	Качество, %	Плановая масса, т	Тонн остается	Тип горной массы	Тип проходки	Участок
01.04.2023	01.05.2023	Brown-8	5,00	50,00	0	Ore	Очистные работы	2
05.04.2023	05.05.2023	Brown-10	5,00	25,00	0	Ore	Очистные работы	2
05.04.2023	05.05.2023	Brown-11	5,00	20,00	0	Ore	Очистные работы	2
05.04.2023	05.05.2023	Brown-19	5,00	50,00	0	Ore	Очистные работы	2

Каждая запись плана добычи по выработкам характеризуется следующими параметрами:

- **Начальная и конечная даты** планового периода
- **Выработка**
- **Качество** добываемой горной массы, %
- **Плановая масса**, т — количество горной массы, которое планируется извлечь из выработки.
- **Остается**, т — оставшаяся горная масса, которую можно извлечь из выработки, с учётом её геометрии и уже пройденных участков (расчетная величина)
- **Тип горной массы**
- **Тип отработки**

- Добычной **участок**

1.11.2. План по целевому значению

План по целевому значению задает сколько горной массы и какого качества должно быть добыто в каждый плановый период всего.

Планы				
Дата начала	Дата окончания	Кат. горной массы	Качество, %	Плановая масса, т
01.04.2023	01.05.2023	Руда	5,00	450 000,00
01.04.2023	01.05.2023	Пустая порода	-	800 000,00

Каждая запись плана добычи по целевому значению характеризуется следующими параметрами:

- **Начальная и конечная даты** планового периода
- **Категория горной массы** — *руда* или *порода*
- Требуемое **качество** добываемой руды, %
- **Плановая масса**, т

2. Планирование и имитационное моделирование

Планировщик предназначен для составления расписаний работы оборудования с учетом:

- Целевых значений объемов добычи и качества руды
- Последовательности технологического цикла работы рудника
- Длительности выполнения операций выбранным оборудованием
- Длины плеч откатки, геометрической удаленности выработок
- Расписаний работы оборудования
- Плановых ремонтов оборудования и других регламентных работ
- Расписания проведения взрывных работ

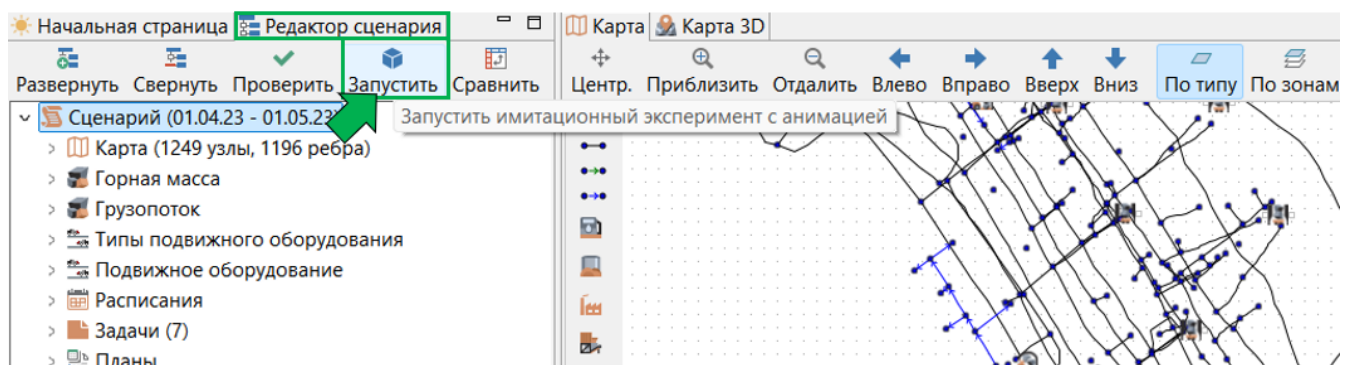
Имитационная модель проверяет выполнимость составленного планировщиком плана с учетом:

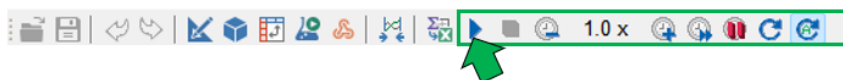
- Внеплановых событий (поломок)
- Задержек из-за разъездов техники на загруженных участках рудника
- Очередей на погрузку
- Очередей на разгрузку перед рудоспусками из-за неравномерной нагрузки на них
- Снижение пропускной способности внутришахтной откатки из-за неравномерной подачи горной массы


В режиме планирования MineTwin последовательно выполняется планирование на одну смену и ее моделирование. По окончании смены планировщик выполняет планирование на следующую исходя из результатов выполнения плана предыдущей смены имитационной моделью.

2.1. Управление моделированием

Перейти в режим планирования/ моделирования можно выбрав пункт **Симуляция** в меню **Режимы**, либо нажав кнопку **Запустить** на строке инструментов.

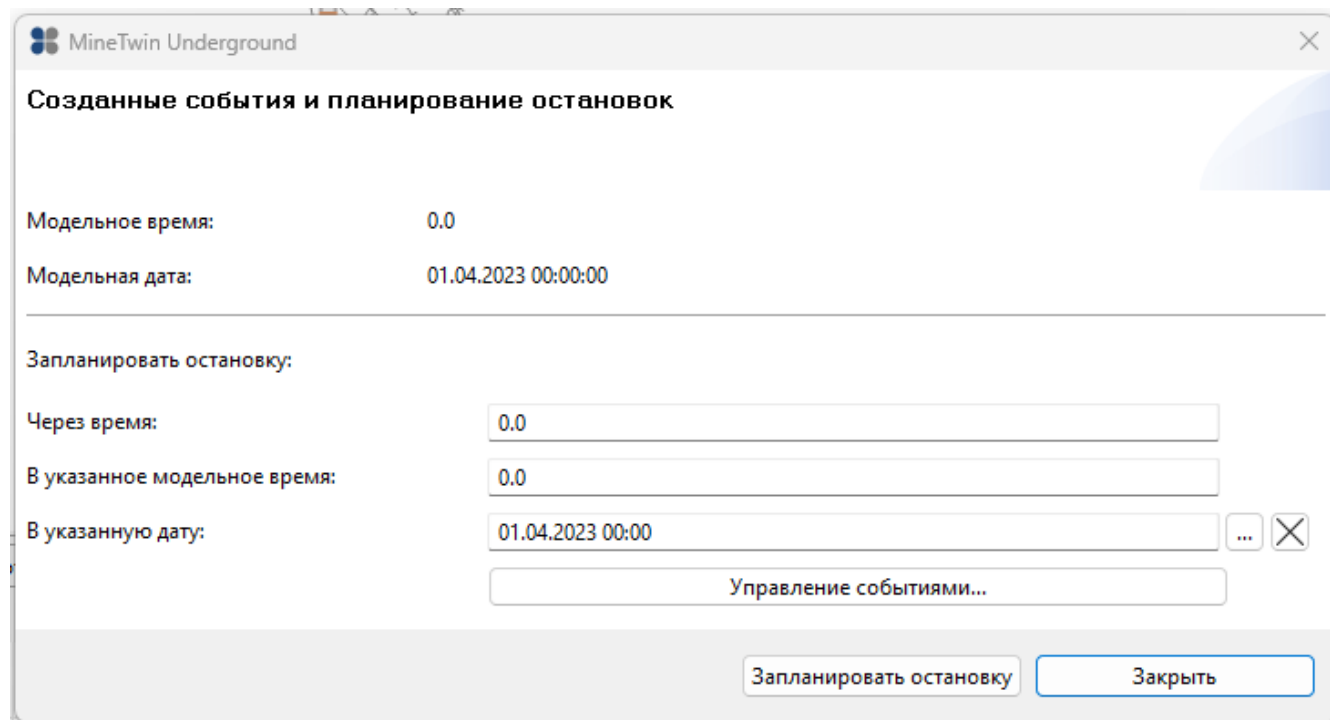




Для запуска моделирования используется кнопка  в верхней панели инструментов окна модуля планирования.

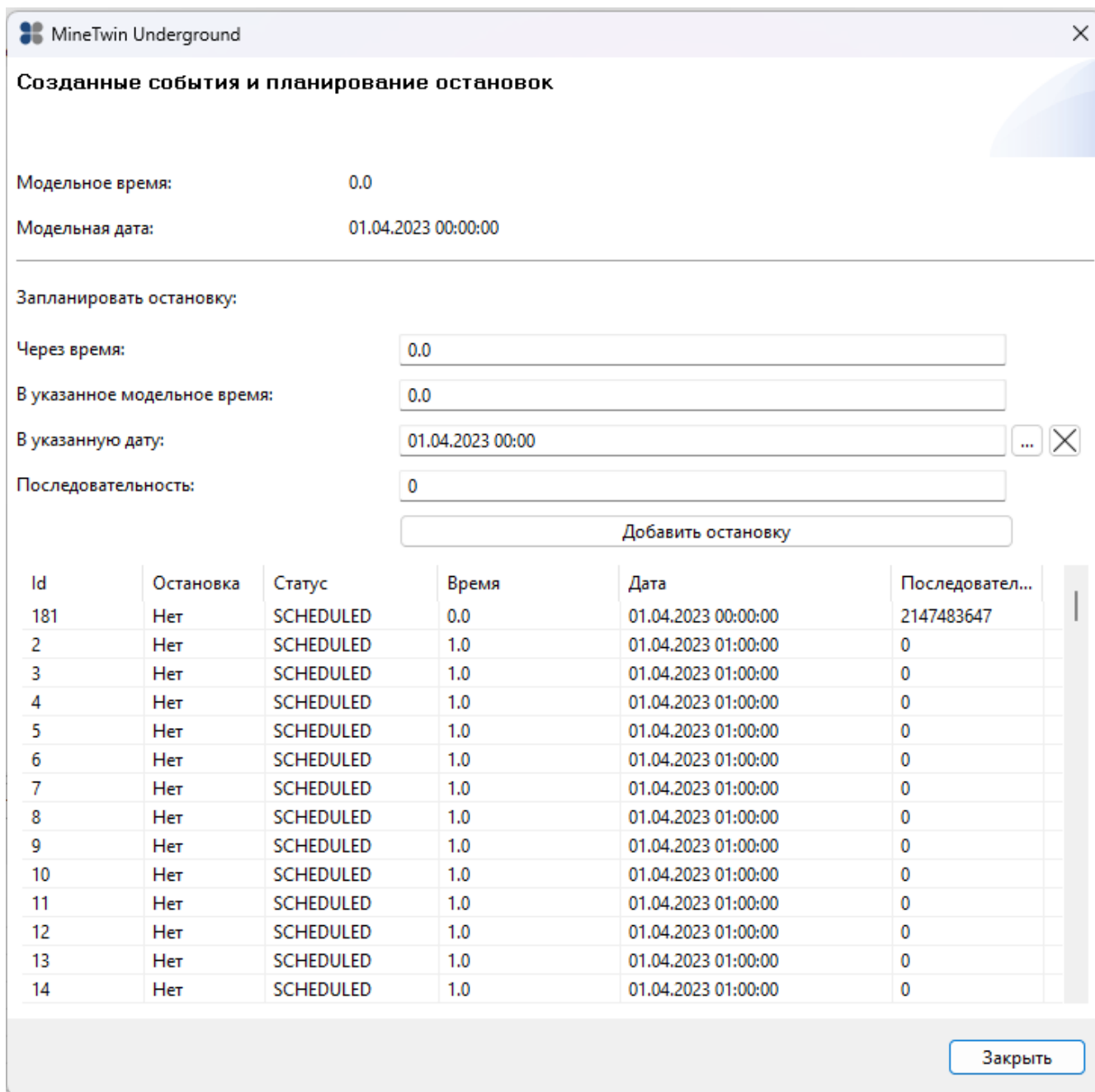
Для приостановки модели используется кнопка .

Для создания остановки модели в желаемое модельное время можно воспользоваться кнопкой .



При нажатии на эту кнопку появится окно, в котором можно указать через сколько модельных часов / в какое модельное время в часах / в какую модельную дату и время остановить моделирование. Когда задается один из этих параметров, остальные автоматически пересчитываются.

При нажатии на кнопку **Запланировать остановку**, остановка создается, окно закрывается и возобновляется выполнение модели.



Для создания нескольких остановок можно воспользоваться техническим режимом **Управление событиями**, который вызывается нажатием на соответствующую кнопку.



Поле **Последовательность** определяет последовательность обработки системой событий, происходящих в одно и то же время.

В этом режиме остановки создаются нажатием на кнопку **Добавить остановку** и отображаются в таблице ниже, где можно увидеть как созданные остановки (значение в столбце Остановка — *Да*), так и другие системные события (значение в столбце Остановка — *Нет*).

Для выхода из режима создания остановок нужно нажать на кнопку **Закреть**.

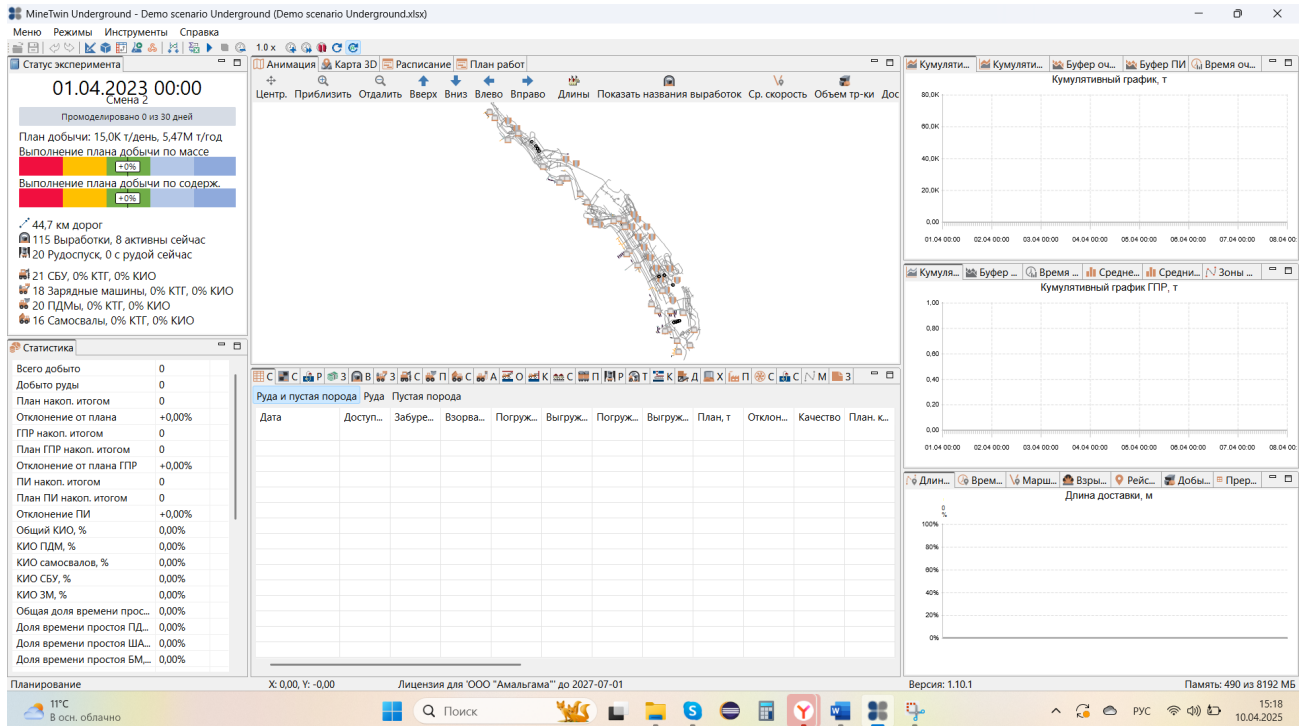
Для ускорения/ замедления моделирования используются кнопки  1.0 x .

Для максимального ускорения – кнопка .

Кнопка  позволяет вручную обновить визуализацию моделирования, кнопка  включает автоматическое обновление визуализации. Для ускорения моделирования больших сценариев автоматическое обновление визуализации рекомендуется выключать.

2.2. Визуализация результатов моделирования





Внешний вид окна модуля симуляции показан на рисунке ниже.



2.2.1. Анимация


В 2D-анимации динамически отображается процесс имитационного моделирования в двухмерном пространстве: моделирование движения и работы оборудования/ транспорта на карте рудника.



В нижнем правом углу окна **Анимации** находятся кнопки, облегчающие работу с картой. Кнопка  центрирует карту таким образом, чтобы одновременно был виден весь рудник. Кнопки   позволяют приближать/ отдалять карту, кнопки  позволяют перемещать карту.

На верхней панели инструментов окна анимации расположены кнопки, управляющие отображением дополнительной информации.


Кнопка  включает отображение длин сегментов шахтного поля, кнопка  на карте отображает названия выработок.

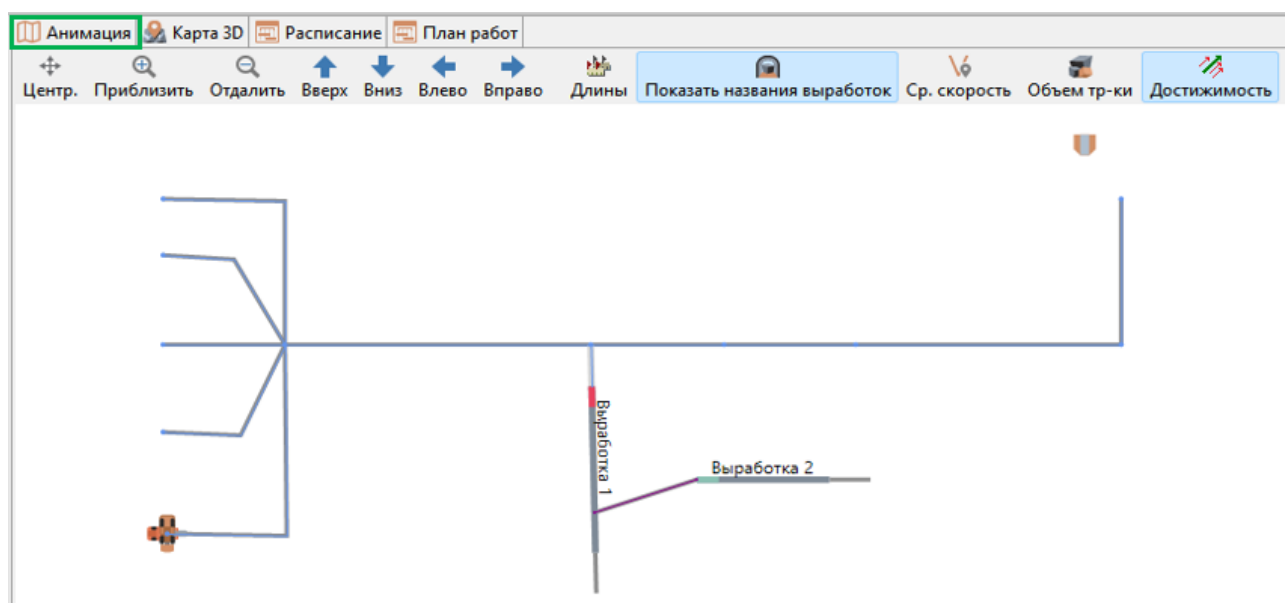
Кнопка  подсвечивает участки дорог, где транспорт движется медленнее своей потенциально максимальной скорости из-за загруженности, уклонов или состояния покрытия. Цвет варьируется на каждом участке:

- от красного — техника замедлена — участок перегружен или проблемный;
- до зелёного — техника движется свободно — участок работает нормально.

Серый цвет показывает, что нет данных (по этому участку никто не ездил за выбранный период).

Кнопка  подсвечивает загруженность маршрутов по объему перевезенной ПДМ/самосвалами горной массы.

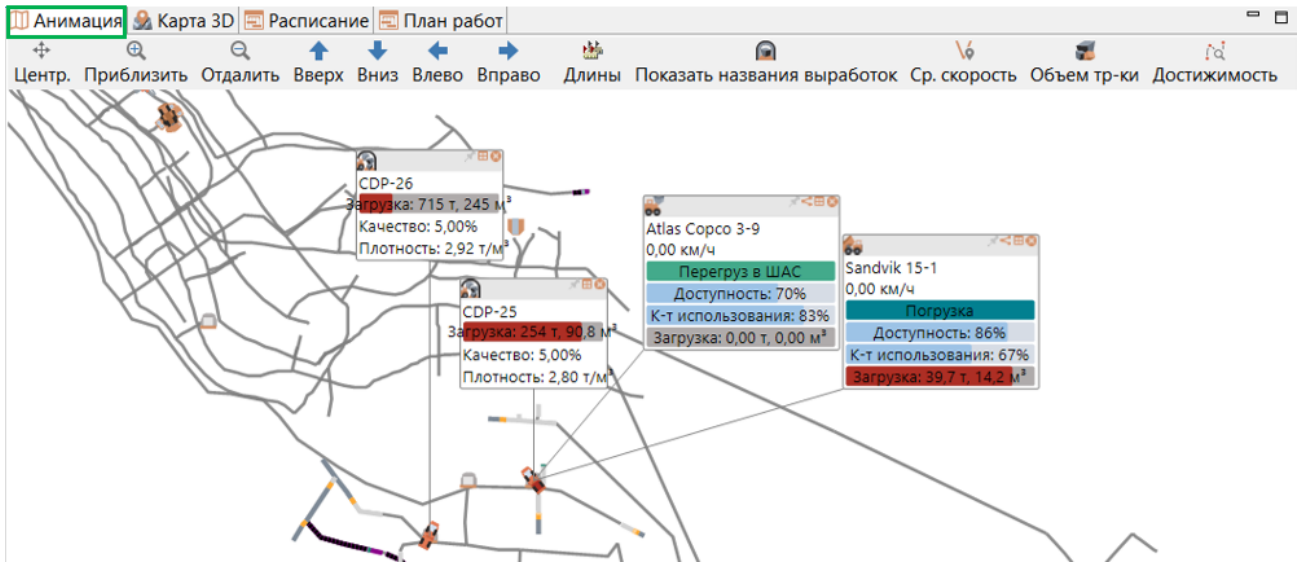
Кнопка  подсвечивает связанные графы транспортной сети. Например, на рисунке ниже голубым цветом подсвечен маршрут от гаража техники до выработки 1 и до места разгрузки. Пути между выработками 1 и 2 отображены другими цветами (красным и фиолетовым), это значит, что они не связаны с основным (голубым) маршрутом и проезда к выработке 2 нет.



По щелчку мыши на единице оборудования открывается окно с информацией о состоянии, в котором находится единица оборудования, ее доступность и КИО.


По щелчку мыши на выработке открывается окно с информацией о состоянии выработки,


качестве и плотности горной массы в выработке.

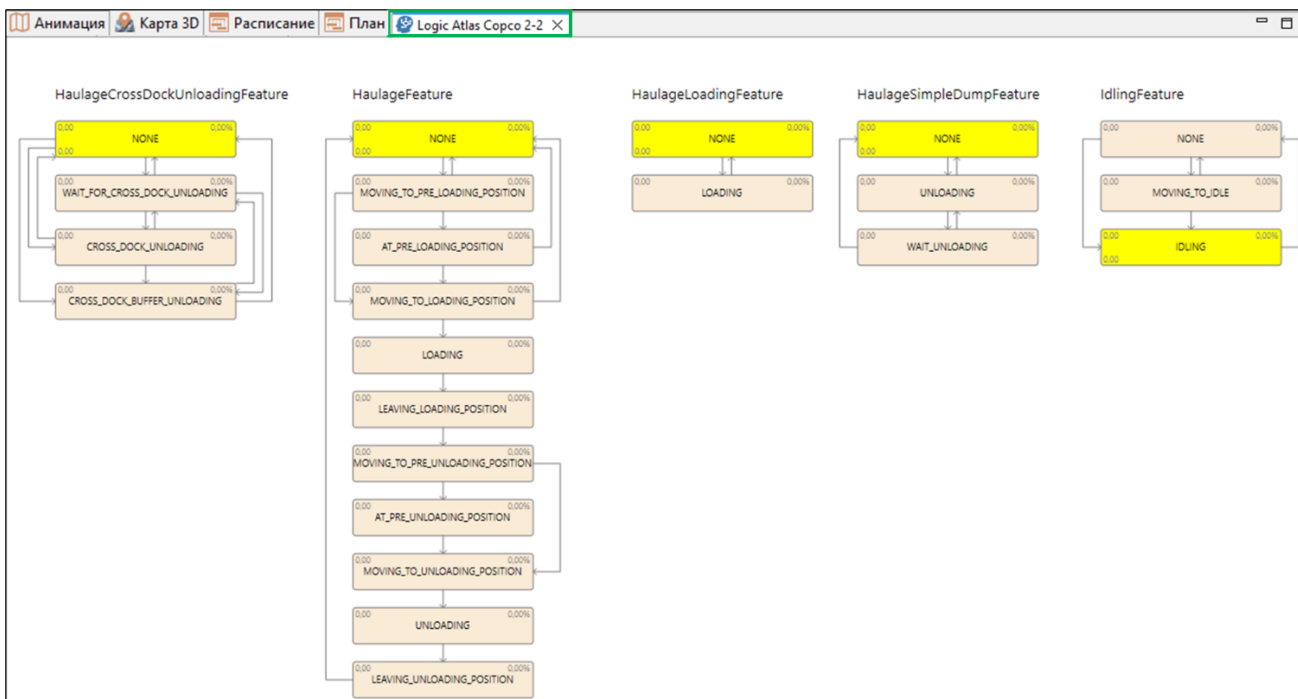



По щелчку мыши на рудоспуске отображается загрузка рудоспуска, качество и плотность горной массы в рудоспуске.

Кнопка  в окне информации закрывает окно.

Кнопка  активирует таблицу со списком единиц оборудования и выделяет выбранную единицу.

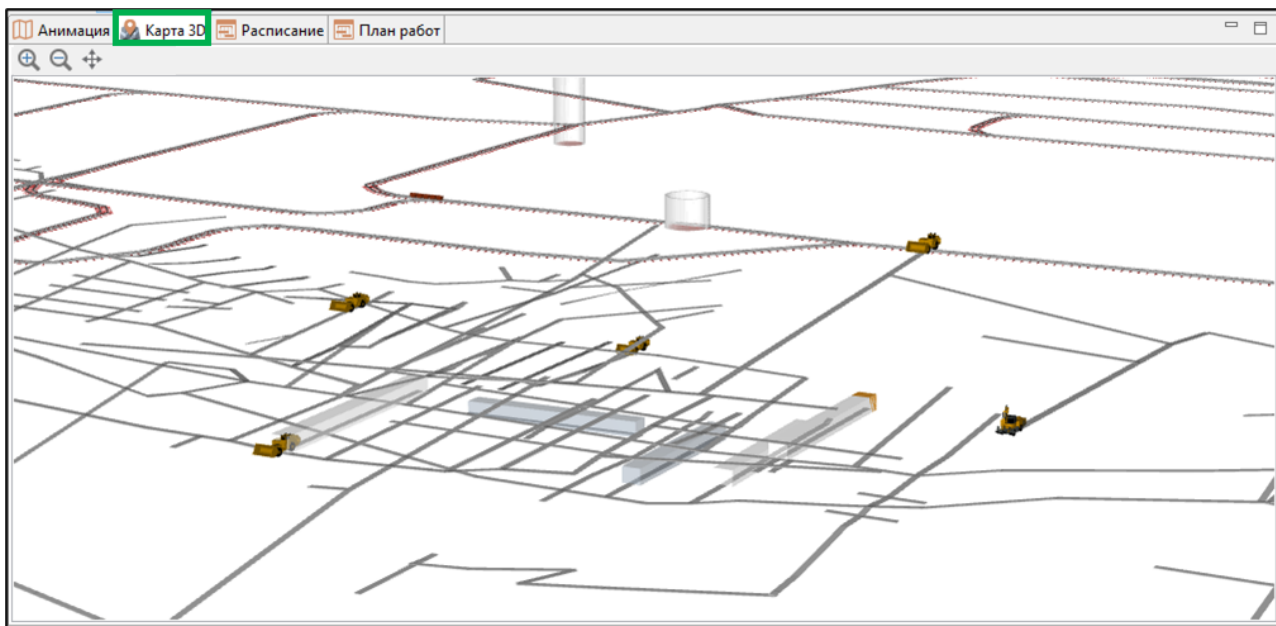
Кнопка  активирует активную техническую таблицу стейт-чартов, которая может использоваться для отладки работы модели.







Кнопка  закрепляет информационное окно на карте, позволяя перемещать его вместе с картой.

2.2.2. Карта 3D

В 3D-анимации динамически отображается процесс имитационного моделирования в трехмерном пространстве: моделирование движения и работы оборудования/ транспорта на объемной карте рудника.

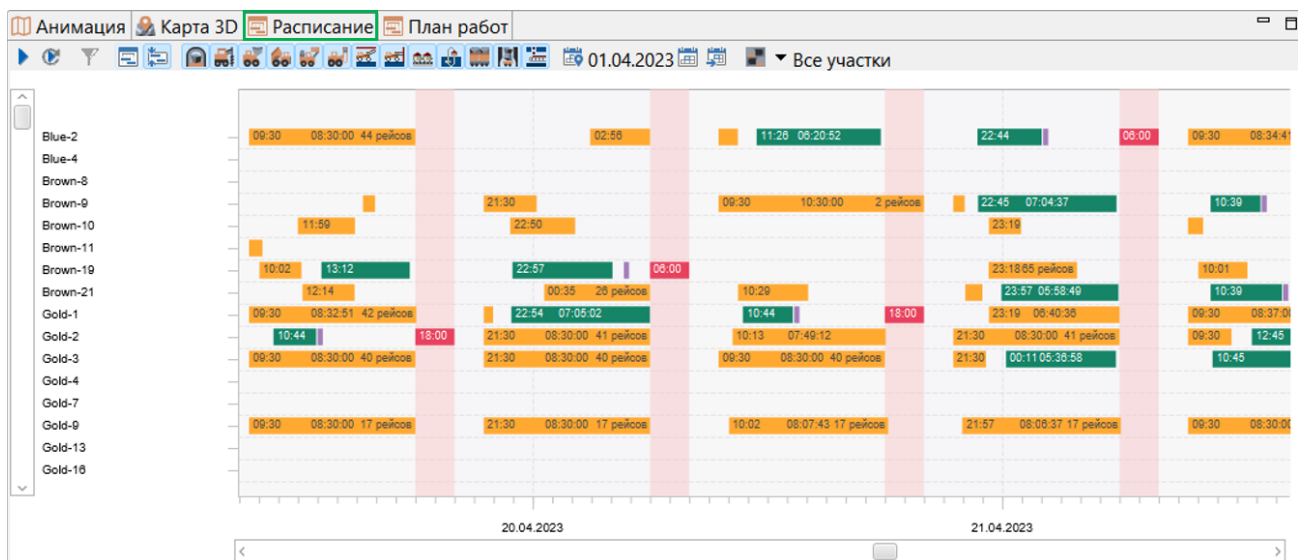






По щелчку мыши на единице оборудования отображается название единицы оборудования.

В нижнем правом углу окна **Карты 3D** находятся кнопки, облегчающие работу с картой. Кнопка  центрирует карту таким образом, чтобы одновременно был виден весь рудник. Кнопки   позволяют приближать/ отдалять карту, кнопки  позволяют перемещать карту.

2.2.3. Расписание


В окне **Расписание** режима планирования на диаграмме Ганта для выработок отражаются запланированные состояния (бурение, зарядание, взрывание, вывоз горной массы и т.д.), для оборудования отражаются запланированные задачи. По ходу выполнения имитационного эксперимента динамически отображается выполнение плана: соответствие запланированному графику и отклонения от него.








Для запуска моделирования используется кнопка  в верхней панели инструментов окна «Расписание». Моделирование можно перезапустить до желаемого модельного времени. Для этого нужно установить вертикальную черту, отображающую момент времени, на желаемой дате и нажать кнопку . Отображение плана можно сделать более крупным с помощью кнопки  (режим **Нормальный**) или более компактным с помощью кнопки  (режим **Компактный**).

При нажатии на кнопки с изображением типов оборудования на диаграмме Ганта будет показываться только оборудование выбранных типов.



Кнопка  позволяет отобразить только выработки выбранного участка и оборудование, работающее на выбранном участке.

Группа кнопок  **03.04.2023**  позволяет отобразить расписание на определенную дату. Кнопка  включает данный режим, кнопка  позволяет задать дату, кнопка  масштабирует диаграмму Ганта таким образом, чтобы отображалась только расписание на указанную дату.

2.2.4. План работ

Таблица плана работ содержит список всех операций, выполненных оборудованием. Для каждой операции указаны:

- Время начала и окончания выполнения операции
- Номер смены, в которую операция была завершена
- Длительность выполнения операции
- Выработка, в которой выполнялась операции
- Участок, к которому относится выработка
- Оборудование, которое выполняло операцию

- Объем выполненных работ (количество пробуренных/ заряженных шпуров/скважин, количество рейсов, количество перевезенной горной массы и т.д.)
- Конечное смещение, м – расстояние от начала выработки, на котором завершилась операция

План работ										
Бурение	Заряжание	Вывоз	Доп. операции	Установка анкеров	Комбайновая выемка	Оборка заколов				
Вид работ	Время начала	Время окончания	Смена	Длительно...	Выработка	Участок	Операция	Оборудование	Объем работы	Конечное смещение
Бурение	01.04.2023 10:44	01.04.2023 17:49	1	00:07:05	Blue-2	3	Бурение	Atlas Copco Simba...	13 шпуров; Оторва...	40
Заряжание	02.04.2023 01:21	02.04.2023 01:37	2	00:00:15	Blue-2	3	Заряжание	Charmec-3-3	15 шпуров	40
Вывоз	02.04.2023 09:30	02.04.2023 18:00	1	00:08:30	Blue-2	3	Вывоз	Atlas Copco 3-3	43 рейсов, 602 т, Ру...	40
Вывоз	02.04.2023 21:30	03.04.2023 06:04	2	00:08:34	Blue-2	3	Вывоз	Atlas Copco 3-3	44 рейсов, 616 т, Ру...	40
Вывоз	03.04.2023 10:42	03.04.2023 18:03	1	00:07:21	Blue-2	3	Вывоз	Atlas Copco 3-1	37 рейсов, 518 т, Ру...	40

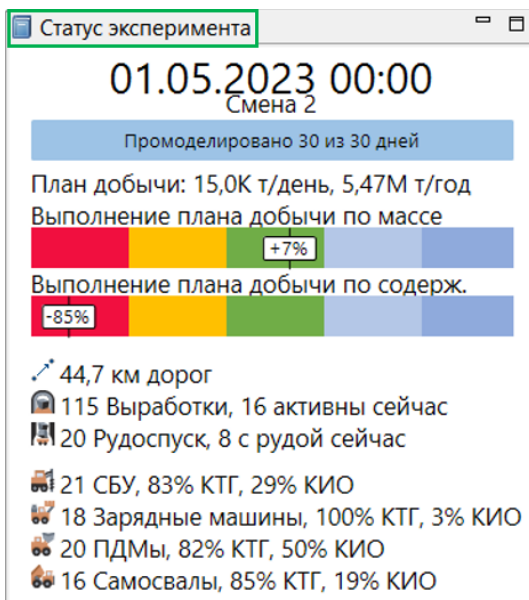
Пользователь может выбрать для отображения в таблице только определенные типы задач, нажав на кнопку с соответствующим названием в верхней панели окна «План работ»: бурение, заряжание, вывоз горной массы, установка анкеров, комбайновая выемка, оборка заколов.

2.3. Статистическая информация

2.3.1. Статус эксперимента

В левой части окна планировщика расположено окно **Статус эксперимента**, в котором отображается общая информация о течении имитационного эксперимента:

- сколько промоделировано дней
- номер текущей смены
- суточный и годовой план добычи
- процент выполнения плана добычи по массе
- процент выполнения плана добычи по содержанию полезного вещества
- количество километров дорог
- количество выработок в сценарии всего и количество активных в текущий момент
- количество рудоспусков, количество рудоспусков с рудой
- количество единиц оборудования, их коэффициент технической готовности (КТГ) и коэффициент использования (КИО).



2.3.2. Статистика

В таблице **Статистика** отображаются основные статистические показатели результатов имитационного эксперимента:

- Количество добытой горной массы всего, т
- Количество добытой руды, т
- Плановый объем добычи руды накопительным итогом, т
- Отклонение от плана руды, в процентах
- Количество добытой породы (ГПР) накопительным итогом, т
- План по ГПР накопительным итогом, т
- Отклонение от плана ГПР, в процентах
- Вскрыша накопительным итогом, м³
- План по вскрыше накопительным итогом, м³
- Количество полезного вещества накопительным итогом
- Плановый объем добычи полезного вещества (ПИ) накопительным итогом
- Отклонение от плана добычи полезного вещества, в процентах
- Средний объем незавершенного производства всего и отдельно по очистным и горно-подготовительным работам, т: среднее количество горной массы, находящееся между некоторыми двумя стадиями добычи. Например, незавершенное производство бурения — это количество горной массы, для которого начато бурение, но не начато зарядание
- Среднее время добычи одной тонны горной массы всего и отдельно по очистным и горно-подготовительным работам, дней: время, необходимое для добычи условной тонны горной массы от бурения до подъема на поверхность
- Средний объем добычи в день, т
- Доступность и доля времени простоя по ПДМ, ШАС, СБУ и зарядными машинам, %
- Коэффициент использования оборудования (КИО) и эффективный КИО по типам

оборудования

- Все затраты и отдельно постоянные, переменные и капитальные затраты, в рублях

Статистика	
Всего добыто, т	106 473
Всего руды добыто, т	106 473
План накоп. итогом, т	137 500
Отклонение от плана	-22,56%
Всего ГПР добыто, т	0
План ГПР накоп. итогом, т	0
Отклонение от плана ГПР	+0,00%
Вскрыша накоп. итог, м ³	0
План по вскрыше накоп. и...	0
ПИ накоп. итогом, т	5 324
План ПИ накоп. итогом, т	6 875
Отклонение ПИ	-22,56%
Средний объем НЗП, т	64 567,45
Ср. время добычи 1 т, дней	4,26
Средний объем НЗП очист...	64 567
Ср. время добычи 1 т на оч...	4,26
Средний объем НЗП ГПР, т	0,00
Ср. время добычи 1 т на Г...	0,00
Средний объем добычи в д...	11 615,25
Доступность ПДМ, %	80,38%
Доступность самосвалов, %	80,51%
Доступность буровых маш...	80,91%
Доступность зарядных ма...	100,00%
Доля времени простоя ПД...	11,65%
Доля времени простоя ША...	46,93%
Доля времени простоя СБ...	0,00%
Доля времени простоя зар...	0,00%
КИО ПДМ, %	71,16%
КИО самосвалов, %	44,50%
КИО СБУ, %	51,31%
КИО ЗМ, %	3,95%
Эффективный КИО ПДМ, %	62,87%
Эффективный КИО самосв...	23,62%
Эффективный КИО СБУ, %	51,31%
Эффективный КИО зарядн...	3,95%
Всего затрат, руб	0,00
Постоянные затраты, руб	0,00
Переменные затраты, руб	0,00
Капитальные затраты, руб	0,00
Затраны на тонну, руб	0,00

2.3.3. Суточные объемы

В таблице **Суточные объемы** показываются суточные объемы общей горной массы, руды и породы по отдельности:

- количество горной массы, доступной для бурения (горной массы в выработках, проезд к которым открыт), в тоннах
- количество горной массы, подготовленной к взрыванию, в тоннах
- количество взорванной горной массы, в тоннах
- количество горной массы, погруженной в ПДМ, в тоннах
- количество горной массы, погруженной в рудоспуски, в тоннах
- количество горной массы, погруженной в подземные поезда, в тоннах
- горной массы, выгруженной из поездов в бункеры, в тоннах

Также отображаются такие показатели добычи, как:

- суточный плановый объем добычи горной массы,
- отклонение полученного в результате моделирования объема от планового
- смоделированное посуточное качество горной массы (процент содержания полезного вещества)
- плановое суточное качество горной массы (процент содержания полезного вещества)
- отклонение полученного в результате моделирования качества от планового
- общее количество пробуренных шпуров, количество вертикальных и горизонтальных шпуров
- количество рейсов ПДМ/ самосвалов в разрезе суток
- посуточный объем транспортировки горной массы в тонно-километрах
- посуточный смоделированный объем добычи горной массы накопительным итогом
- суточный плановый объем добычи горной массы накопительным итогом
- посуточный смоделированный объем добычи полезного вещества накопительным итогом
- суточный плановый объем добычи полезного вещества накопительным итогом
- посуточное отклонение от плана добычи полезного вещества
- количество взрывов
- количество анкеров
- количество метров анкерной крепи
- общая протяженность проведенных выработок в метрах

Руда и пустая порода									
Дата	Доступно, т	Забурено, т	Взорвано, т	Погружено на ПДМ	Выгружено в рудоспуски	Погружено в поезда	Выгружено из поездов	План, т	Отклонение от плана
> 01.04.2023	730 616	494 636	494 636	483 184	480 920	0	0	450 000	+6,87%
Качество	План. качество	Отклонение качества	Кол-во шпуров	Кол-во вертикальных шпуров	Кол-во горизонтальных шпуров	Кол-во рейсов	Объем тр-ки, ткм	Добыча накоп. итогом	
5,00%	35,00%	-30,00%	23 370	3 070	20 300	75 218	320 359	480 920	
План накоп. итогом	ПИ накоп. итогом	План ПИ накоп. итогом	Отклонение ПИ	Кол-во взрывов	Кол-во анкеров	Кол-во метров анкерной крепи	Кол-во метров выработано		
450 000	24 041	157 500	-84,74%	552	0	0	1 757		

Суточные значения группируются по месяцам.

2.3.4. Статистика по участкам

В таблице **Статистика по участкам** показывается детальная суточная статистика по добычным участкам:

- Количеств взорванной горной массы, т
- Количество погруженных в выработках ковшей
- Количество вывезенной из выработок горной массы, т
- Количество горной массы, вывезенной из точек перегруза, т
- Количество пробуренных вертикальных шпуров

- Количество пробуренных горизонтальных шпуров
- количество взрывов
- количество анкеров
- количество метров анкерной крепи
- общая протяженность проведенных выработок в метрах

Дата	Участок	Взорвано, т	Ковшей погружено в выработки	Вывезено из выработок, т	Вывезено из точек перегруза, т	Кол-во вертикальных шпуров	Кол-во горизонтальных шпуров	Кол-во взр...	Кол-во анкеров	Количество м...	Количество метров выработано
01.04.2023	1	145 513	0	0	0	1 005	4 640	145	0	0	452
01.04.2023	2	26 115	0	0	0	0	5 800	100	0	0	367
01.04.2023	3	149 432	0	0	0	1 109	0	73	0	0	179
02.04.2023	1	147 942	0	0	0	973	4 402	143	0	0	448
02.04.2023	2	24 989	0	0	0	0	5 348	96	0	0	357
02.04.2023	3	149 432	0	0	0	1 053	0	75	0	0	175
03.04.2023	1	138 101	0	0	0	934	3 948	132	0	0	421
03.04.2023	2	23 275	0	0	0	0	5 184	90	0	0	337
03.04.2023	3	135 934	0	0	0	992	0	66	0	0	175
04.04.2023	1	131 050	0	0	0	908	3 480	119	0	0	424
04.04.2023	2	21 201	0	0	0	0	4 640	81	0	0	314
04.04.2023	3	130 525	0	0	0	974	0	64	0	0	162
05.04.2023	1	128 955	0	0	0	888	3 422	116	0	0	413
05.04.2023	2	19 928	0	0	0	815	0	55	0	0	288
05.04.2023	3	122 424	0	0	0	913	0	60	0	0	157
06.04.2023	1	120 185	0	0	0	828	3 116	110	0	0	386
06.04.2023	2	18 230	0	0	0	0	3 960	70	0	0	262
06.04.2023	3	116 121	0	0	0	865	0	57	0	0	152
07.04.2023	1	113 687	0	0	0	790	2 668	98	0	0	352
07.04.2023	2	16 120	0	0	0	0	3 546	62	0	0	244
07.04.2023	3	111 618	0	0	0	815	0	55	0	0	142
08.04.2023	1	107 534	0	0	0	750	2 582	94	0	0	336
08.04.2023	2	14 978	0	0	0	0	3 314	58	0	0	224
08.04.2023	3	103 516	0	0	0	776	0	51	0	0	137
09.04.2023	1	104 710	0	0	0	720	2 398	90	0	0	314
09.04.2023	2	14 130	0	0	0	0	3 132	55	0	0	208
09.04.2023	3	101 718	0	0	0	738	0	50	0	0	130
10.04.2023	1	99 045	0	0	0	688	2 262	64	0	0	297
10.04.2023	2	12 694	0	0	0	0	2 794	50	0	0	184
10.04.2023	3	95 415	0	0	0	691	0	47	0	0	120
11.04.2023	1	91 446	0	0	0	648	2 030	78	0	0	276
11.04.2023	2	10 919	0	0	0	0	2 320	42	0	0	164
11.04.2023	3	87 314	0	0	0	654	0	43	0	0	117
12.04.2023	1	87 086	0	0	0	619	1 902	74	0	0	254
12.04.2023	2	9 996	0	0	0	0	2 162	38	0	0	149
12.04.2023	3	85 515	0	0	0	607	0	42	0	0	107
13.04.2023	1	81 749	0	0	0	575	1 644	67	0	0	235
13.04.2023	2	8 405	0	0	0	0	1 714	31	0	0	129
13.04.2023	3	79 213	0	0	0	576	0	39	0	0	102

2.3.5. Статистика по затратам

Таблица **Затраты** содержит информацию о затратах в разрезе типов затрат и видов оборудования.

Категория затрат	Суммарные затраты, ...	Суммарные з...	Суммарные затр...	Средние затр...	Среднеднев...	Среднемесяч...	Среднегодов...
▼ Сумма			797K		27,5K	824K	10,0M
▼ Постоянные			287K		9,88K	296K	3,61M
Общие	Месяц	0,97	281K	290K	9,68K	290K	3,53M
Самосвалы	Оборудование-месяц	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ПДМ	Оборудование-месяц	1,93	2,34K	1,21K	80,6	2,42K	29,4K
СБУ	Оборудование-месяц	0,97	1,68K	1,74K	58,1	1,74K	21,2K
Зарядные машины	Оборудование-месяц	0,97	1,87K	1,94K	64,5	1,94K	23,5K
Анкероустановщики	Оборудование-месяц	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Оборщики заколов	Оборудование-месяц	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
▼ Переменные			5,30K		183	5,48K	66,7K
> Самосвалы			0,00		0,00	0,00	0,00
> ПДМ			3,10K		107	3,20K	39,0K
> СБУ			871		30,0	901	11,0K
> Зарядные машины			1,33K		46,0	1,38K	16,8K
> Анкероустановщики			0,00		0,00	0,00	0,00
> Оборщики заколов			0,00		0,00	0,00	0,00
> Дробилки			0,00		0,00	0,00	0,00
> Конвейеры			0,00		0,00	0,00	0,00
> Скиповой подъемник			0,00		0,00	0,00	0,00
▼ Капитальные			505K		17,4K	522K	6,36M
> Самосвалы			0,00		0,00	0,00	0,00
> ПДМ			505K		17,4K	522K	6,36M
> СБУ			0,00		0,00	0,00	0,00
> Зарядные машины			0,00		0,00	0,00	0,00
> Анкероустановщики			0,00		0,00	0,00	0,00
> Оборщики заколов			0,00		0,00	0,00	0,00
> Дробилки			0,00		0,00	0,00	0,00
> Конвейеры			0,00		0,00	0,00	0,00
> Скиповой подъемник			0,00		0,00	0,00	0,00

В таблице отображаются:

- Постоянные (фиксированные) затраты всего на рудник и по видам оборудования

- Количество отработавших оборудование-месяцев по видам оборудования
- Средние постоянные затраты на единицу техники по видам за весь период моделирования/ средние в день, среднемесячные/ среднегодовые
- Переменные затраты по видам оборудования и типам начисления затрат:
 - рабочим сменам
 - наработке по трудочасам
 - наработке по пройденной дистанции
 - по израсходованному топливу
 - на техобслуживание
 - на устранение поломок
- Капитальные затраты (затраты на ввод и вывод техники из эксплуатации) всего и по видам оборудования

2.3.6. Статистика по выработкам

В таблице «Выработки» показаны данные о состоянии выработок в каждый момент времени.

Название	Свойства	Участок	Тип	Тип проходки	Длина, м	Состояние	Оборудование	Дата начала	Дата завершения	Длительность очистки, дней	Вывезено, т	Пробурено верт. шпуро-метров
Blue-2		3	Добыча	Очистка	40	Ожидание бурения	Atlas Copco Simba 3-2	01.04.2023	01.05.2023	30	16 189	1 885
Blue-4		3	Добыча	Очистка	10			01.05.2023	01.05.2023	0	0	0
Brown-8		2	Добыча	Очистка	18	Ожидание бурения		01.04.2023	01.05.2023	30	0	0
Brown-9		2	Добыча	Очистка	15	Ожидание вывоза		01.04.2023	01.05.2023	30	8 973	975
Brown-10		2	Добыча	Очистка	18			01.04.2023	27.04.2023	26	12 591	1 365
Brown-11		2	Добыча	Очистка	13			01.04.2023	25.04.2023	24	8 994	975
Brown-19												
Brown-21												
Gold-1												
Gold-2												
Gold-3												

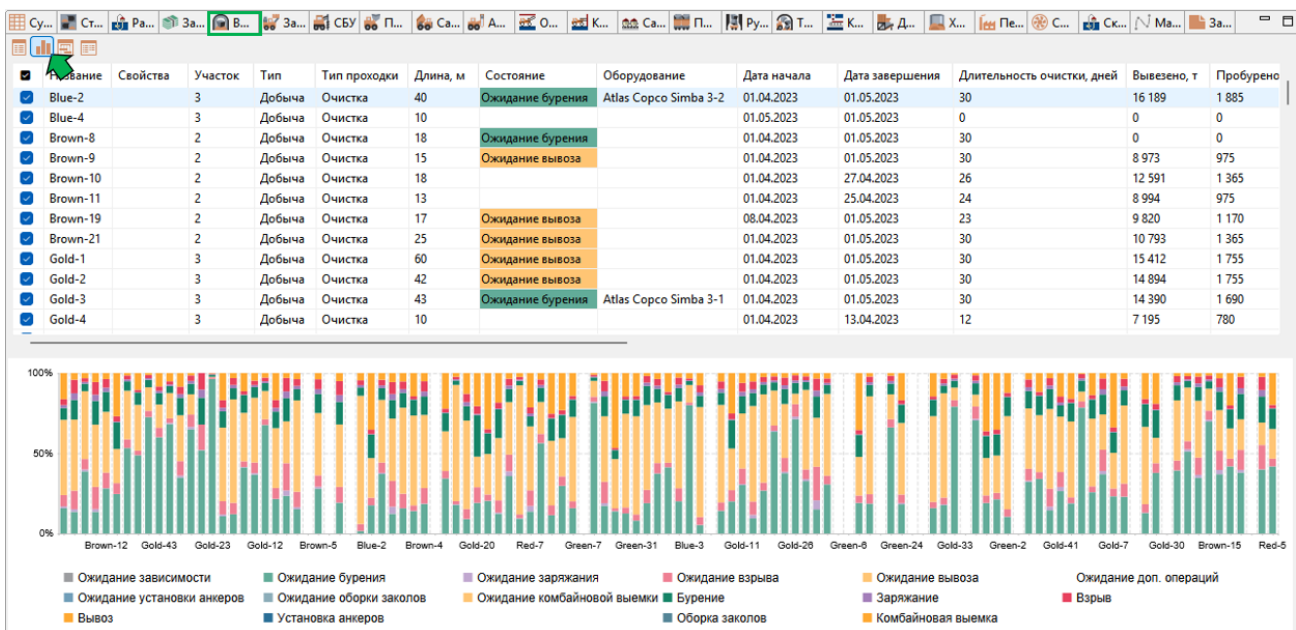
Пробурено гориз. шпуро-метров	Кол-во метров выработано	Осталось, т	Оставшийся объем, м ³	План, т	Отклонение от плана	Качество, %	Плотность, т/м ³	Статус работ
0	22	14 390	4 862	0	100%	5,00%	2,96	10 скважин завершено, 5 скважин о
0	0	7 195	2 431	0	100%	5,00%	2,96	Заблокирована, 7 195 тонн остается
0	0	14 390	4 862	0	100%	5,00%	2,96	0 скважин завершено, 15 скважин о
0	10	3 618	1 222	0	100%	5,00%	2,96	1 778 тонн вывезено, 21 тонн остае
0	18	0	0	0	100%	0,00%	0,00	Отработана
0	12	0	0	0	100%	0,00%	0,00	Отработана
0	12	4 570	1 544	0	100%	5,00%	2,96	826 тонн вывезено, 973 тонн остае
0	15	8 994	3 038	0	100%	5,00%	2,96	0 тонн вывезено, 1 799 тонн остае


Для каждой выработки показаны:

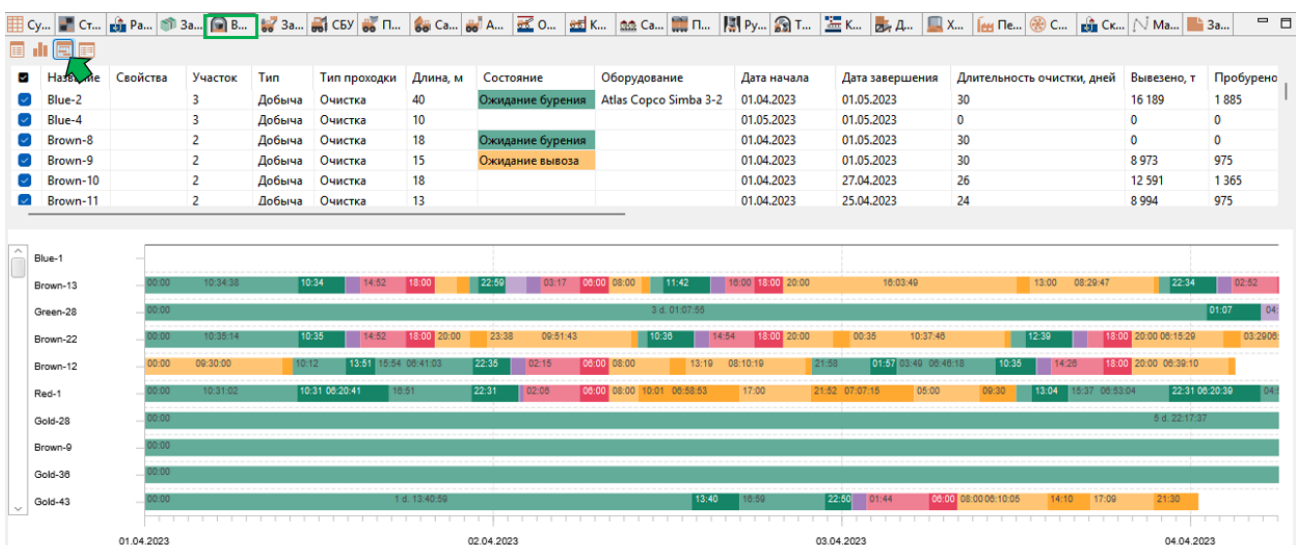
- Добычный участок, к которому относится выработка
- Тип добычи (добыча или подготовка)
- Тип отработки (проходка, очистные работы и т.д.)
- Длина выработки, м
- Текущее состояние выработки (ожидание бурения, бурение, ожидание зарядания, зарядание и т.д.)
- Оборудование, которое выполняет задачу в выработке
- Дата и время начала и завершения состояния
- Длительность текущего состояния
- Смоделированное количество вывезенной горной массы в тоннах
- Количество пробуренных вертикальных шпуро-метров
- Количество пробуренных горизонтальных шпуро-метров

- Общая протяженность проведенной выработки в метрах
- Количество оставшейся горной массы в тоннах и м³
- Плановое количество перевезенной горной массы в тоннах
- Процент отклонения от плана
- Качество горной массы в выработке (содержание полезного вещества)
- Плотность горной массы в выработке
- Статус работ: объем завершенной и оставшейся работы в выработке (количество пробуренных и оставшихся для бурения шпуров, количество вывезенных и оставшихся тонн горной массы и т.д.)

Кнопка  в правом верхнем углу таблицы открывает бар-чарт статистики по выработкам.

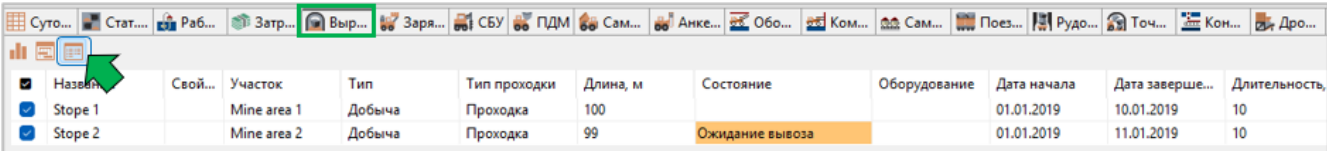


Кнопка  в правом верхнем углу таблицы открывает диаграмму Гантта статистики по выработкам.



По кнопке  в правом верхнем углу таблицы открывается таблица с детальной

информацией о состояниях выработок за весь период моделирования.



Название	Свой...	Участок	Тип	Тип проходки	Длина, м	Состояние	Оборудование	Дата начала	Дата заверше...	Длительность,
Stope 1		Mine area 1	Добыча	Проходка	100			01.01.2019	10.01.2019	10
Stope 2		Mine area 2	Добыча	Проходка	99	Ожидание вывоза		01.01.2019	11.01.2019	10

Название	Участок	Состояние	Время начала	Время окончания	Длительность	Описание	Конечное смещение	Оборудование
Stope 1	Mine area 1	Ожидание бурения	01.01.2019 00:00	01.01.2019 00:02	00:02:50		0.0	
Stope 1	Mine area 1	Бурение	01.01.2019 00:02	01.01.2019 00:30	00:28:00	9 шпуров	10.0	СБУ 1
Stope 1	Mine area 1	Ожидание зарядания	01.01.2019 00:30	01.01.2019 00:32	00:01:42		0.0	
Stope 1	Mine area 1	Зарядание	01.01.2019 00:32	01.01.2019 00:43	00:10:31	9 шпуров	10.0	Зарядная машина 1
Stope 1	Mine area 1	Ожидание взрыва	01.01.2019 00:43	01.01.2019 14:32	13:48:56		0.0	
Stope 1	Mine area 1	Взрыв	01.01.2019 14:32	01.01.2019 15:32	01:00:00		10.0	
Stope 1	Mine area 1	Вывоз	01.01.2019 15:32	01.01.2019 15:36	00:04:42	1 рейсов, 90 т...	10.0	ПДМ 1
Stope 1	Mine area 1	Ожидание бурения	01.01.2019 15:36	01.01.2019 15:47	00:10:24		0.0	

2.3.7. Работа оборудования

В отдельных таблицах для каждого вида оборудования отображается состояние и общая информация о всех единицах оборудования, такая как:

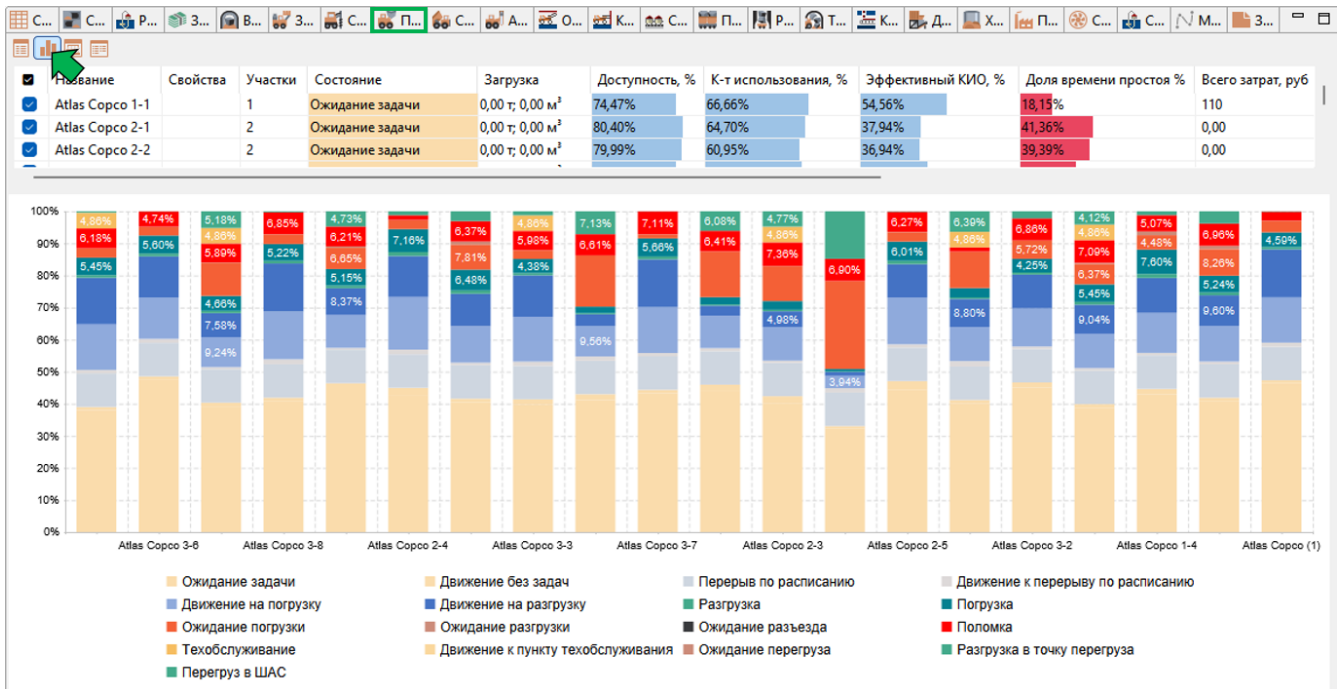
- Добычной участок, за которым закреплена единица оборудования
- Текущее состояние (движение, выполнение работы, без задач и т.п)
- Доступность оборудования, в % – отношение времени, когда оборудование было доступно для работы (в соответствии с расписанием и плановыми периодами недоступности), ко всему внутрисменному времени. Например, ПДМ работает в две смены по 10 часов. Ее внутрисменное время равно 20 часам. Внутри каждой смены у нее есть перерыв на обед в течение 0,5 часа и в начале первой смены у нее запланировано ТО длительностью 2 часа. Таким образом, доступное время ПДМ для работы в эти сутки, составляет $20 - 0,5 * 2 - 2 = 17$ часов, а доступность $17/20 = 85\%$.
- Коэффициент использования оборудования, в % – отношение времени, когда оборудование выполняло задачи, ко всему внутрисменному времени. Например, ПДМ работает в две смены по 10 часов. Ее внутрисменное время равно 20 часам. ПДМ находился в движении 5 часов, в состоянии погрузки 3 часа, в состоянии разгрузки 2 часа и в очереди на разгрузку перед рудоспуском 1 час. Таким образом, суммарное время, потраченное ПДМ на выполнение работы в эти сутки, составляет $5 + 3 + 2 + 1 = 11$ часов, а КИО $= 11/20 = 55\%$.
- Эффективный коэффициент использования оборудования, в % - коэффициент использования оборудования без учета непроизводительно потраченного времени. Для предыдущего примера суммарное время, потраченное ПДМ на выполнение работы за вычетом времени ожидания в очереди, составляет $11 - 1 = 10$ часов, а эффективный КИО $= 10/20 = 50\%$.
- Доля времени простоя, в % – отношение непроизводительно потраченного времени ко всему времени выполнения задач. Для предыдущего примера суммарное время, потраченное ПДМ на выполнение работы, составляет 11 часов, «потерянное» в очереди время составляет 1 час. Таким образом, доля простоя составит $1/11 = 9\%$.
- Затраты на данную единицу оборудования, руб.
- Список участков, на котором данная единица оборудования работала в течение моделирования.

Таблица данных о работе оборудования на примере ПДМ приведена на рисунке.

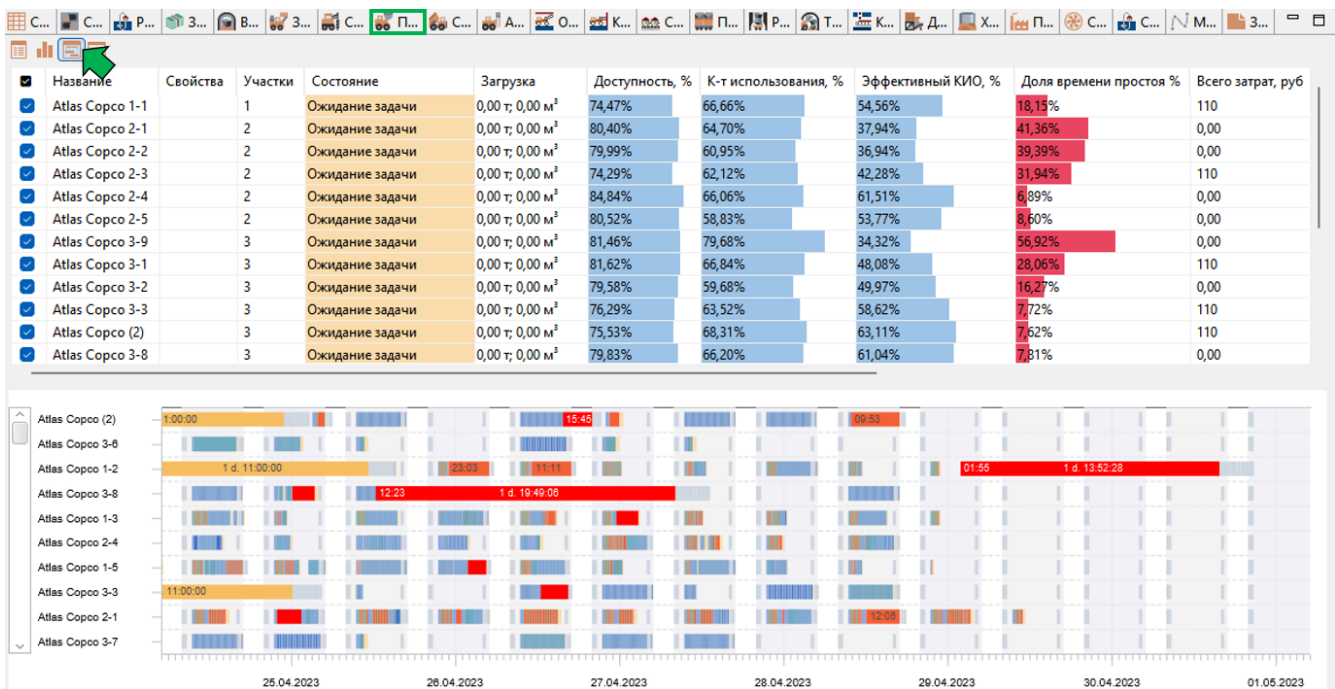
Название	Свойства	Участки	Состояние	Загрузка	Доступность, %	К-т использования, %	Эффективный КИО, %	Доля времени простоя %	Всего затрат, руб	Фактические участки	Ковшей погружено	Ковшей погружено в день	Потребление топлива, л
Atlas Copco 1-1		1	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	74,47%	66,66%	54,56%	18,15%	110	1	1947	65	0,00
Atlas Copco 2-1		2	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	80,40%	64,70%	37,94%	41,36%	0,00	2	747	25	0,00
Atlas Copco 2-2		2	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	79,99%	60,95%	36,94%	39,39%	0,00	2	830	28	0,00
Atlas Copco 2-3		2	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	74,29%	62,12%	42,28%	31,94%	110	2	1003	33	0,00
Atlas Copco 2-4		2	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	84,84%	66,06%	61,51%	8,99%	0,00	2	2654	88	0,00
Atlas Copco 2-5		2	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	80,52%	58,83%	53,77%	8,60%	0,00	2	2218	74	0,00
Atlas Copco 3-9		3	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	81,46%	79,68%	34,32%	56,92%	0,00	3	291	10	0,00
Atlas Copco 3-1		3	Ожидание задачи	0,00 т; 0,00 м³	81,62%	66,84%	48,08%	28,06%	110	3	1005	34	0,00


Кроме того, для отдельных видов оборудования отображается дополнительная специфичная статистика, такая как количество рейсов для самосвалов, количество пробуренных шпуров для СБУ и т.д.

По кнопке  в правом верхнем углу таблицы открывается отображение статистики по работе оборудования в виде бар-чарта.



По кнопке  в правом верхнем углу таблицы открывается диаграмма Ганта работы оборудования.



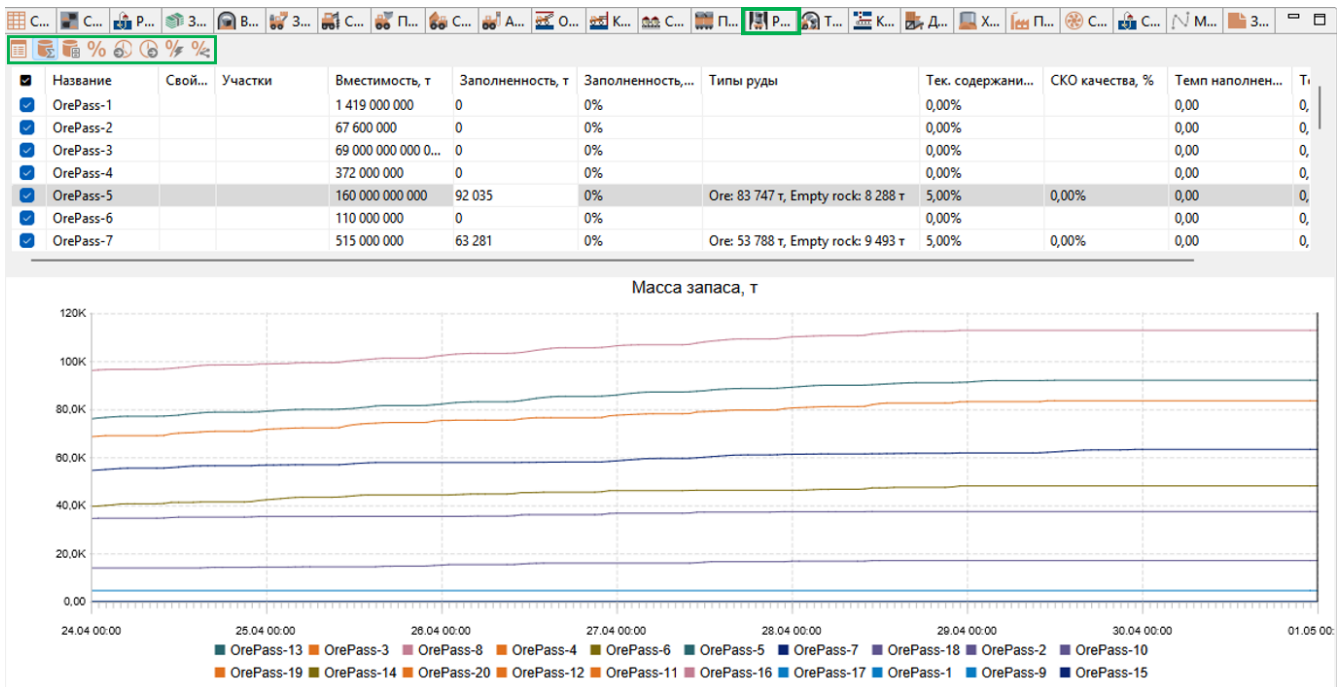
По кнопке  в правом верхнем углу таблицы открывается таблица с детальной информацией о состояниях оборудования за весь период моделирования.

ПДМ	Тип	Время начала	Время окончания	Длительность	Описание пер...	Скорость, км/ч	Пройденное расстояни...	Место работы
Atlas Copco 1-1	Ожидание задачи	01.04.2023 00:00:00	01.04.2023 04:00:00	04:00:00				
Atlas Copco 1-1	Перерыв по расписанию	01.04.2023 04:00:00	01.04.2023 04:30:00	00:30:00	Перерыв			
Atlas Copco 1-1	Ожидание задачи	01.04.2023 04:30:00	01.04.2023 08:00:00	03:30:00				
Atlas Copco 1-1	Перерыв по расписанию	01.04.2023 08:00:00	01.04.2023 08:45:00	00:45:00	EMaintenance			
Atlas Copco 1-1	Ожидание задачи	01.04.2023 08:45:00	01.04.2023 09:30:00	00:45:00				
Atlas Copco 1-1	Движение на погрузку	01.04.2023 09:30:00	01.04.2023 09:40:00	00:10:00		10	1 618	Green-12
Atlas Copco 1-1	Ожидание погрузки	01.04.2023 09:40:00	01.04.2023 09:40:04	00:00:03		10	10	Green-12
Atlas Copco 1-1	Погрузка	01.04.2023 09:40:04	01.04.2023 09:41:14	00:01:10		1	10	Green-12
Atlas Copco 1-1	Движение на разгрузку	01.04.2023 09:41:14	01.04.2023 09:41:16	00:00:01		8	4	CDP-22

2.3.8. Места хранения руды

В отдельных таблицах для рудоспусков, точек перегруза и хранилищ отображается информация об их текущих состояниях, такая как заполненность, типы и качество руды и т.д.

Таблица данных о состояниях рудоспусков приведена на рисунке.



Для каждого рудоспуска отображается:

- Принадлежность к участку
- Вместимость, в т
- Заполненность, в тоннах и % от вместимости
- Количество содержащейся в рудоспуске горной массы по типам
- Текущее содержание полезного вещества в горной массе рудоспуска, в %
- Среднеквадратичное отклонение качества (СКО) горной массы, %
- Скорость поступления горной массы в рудоспуск, т/мин
- Скорость разгрузки горной массы из рудоспуска, т/мин

По кнопкам в верхней панели инструментов окна «Рудоспуски» открываются отдельные графики, отображающие


- Массу запаса горной массы в рудоспусках, в тоннах
- Объем запаса горной массы в рудоспусках, в м³
- Изменение качества горной массы, в %
- Темп поступления горной массы в рудоспуски, т/м
- Темп разгрузки горной массы из рудоспуска, т/м
- Изменения качества фрагментов руды, %
- Изменчивость содержания полезного вещества по переделам, %

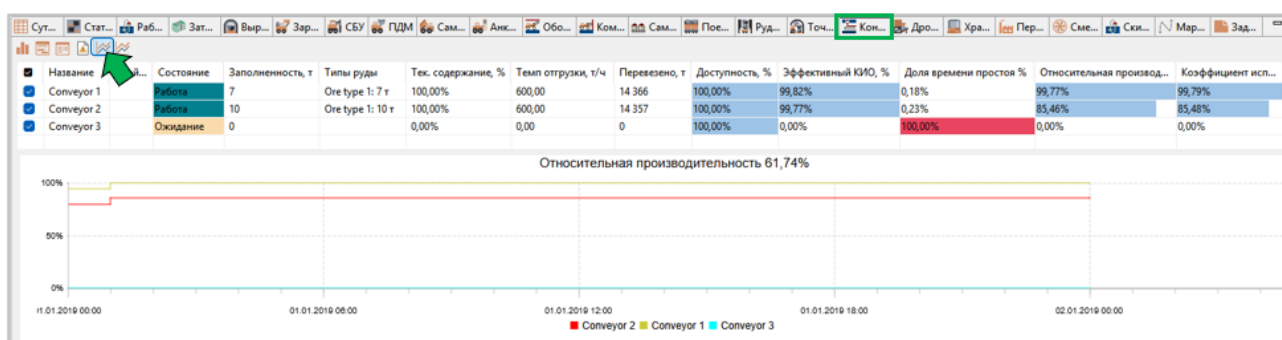
2.3.9. Производительность оборудования

Для оборудования, через которое походит поток руды, – конвейеры, дробилки и скиповые подъемники – рассчитываются дополнительные статистические показатели,

характеризующие пропускную способность этого оборудования. Описание показателей приведено ниже на примере конвейера.

- Относительная производительность конвейера – отношение количества руды, которое ссыпалось с конвейера к тому количеству, что могло бы ссыпаться в случае, если бы конвейер работал постоянно (без перерывов, ожиданий и блокировок). Этот показатель отображает смоделированную загруженность конвейера относительно максимально возможной
- Коэффициент использования вместимости конвейера – параметр, учитывающий среднее количество груза на единице длины конвейера и скорость перемещения груза. Этот показатель отражает, насколько эффективно работает конвейер, учитывая не только объем, который этот конвейер сгрузил, но и то, с какой скоростью и в каких объемах он его перемещал и какую длину использовал
- Эффективный КИО равен отношению времени, когда конвейер работал, к доступному времени работы конвейера
- Доля времени простоя – время ожидания и блокировки к доступному времени работы конвейера.

По кнопке  в верхней панели инструментов окон «Конвейеры», «Дробилки», «Скиповые подъемники» открывается график относительной производительности.



Для конвейеров также имеется график использования вместимости.

Данные вкладки отображаются только при наличии в сценарии соответствующего оборудования.

2.3.10. Статистика по маршрутам

В таблице «Маршруты» показаны такие данные о каждом маршруте, как:

- Средняя длина доставки грузеным/ порожним, м
- Подъем с грузом/ без груза, м
- Спуск с грузом/ без груза, м
- Кол-во рейсов с грузом/ возвратных рейсов
- Суммарная длина пробега
- Количество перевезенных тонн
- Количество тонно-километров

- Среднее время в пути груженым/ порожним, мин
- Средняя скорость движения груженым/ порожним, км/ч
- Длительность полного цикла погрузки-разгрузки на маршруте, мин
- Процент времени в погрузке/ в разгрузке/ в ожидании
- Качество горной массы, перевезенной по маршруту, %
- Перечень типов и единиц оборудования, выполнявших рейсы по маршруту

Для каждого маршрута отображается профиль маршрута по оси Z.

2.4. Графики и диаграммы

В визуализации MineTwin Underground содержатся различные графики и диаграммы для анализа результатов моделирования. По умолчанию они сгруппированы в три окна в правой части экрана.

2.4.1. Графики для анализа очистных работ и добыче полезного вещества

1. Кумулятивный график добычи

Кумулятивный график добычи показывает накопленный прогресс горных работ во времени, отображая общий объём горной массы (в тоннах), прошедшей через каждую стадию горного цикла.

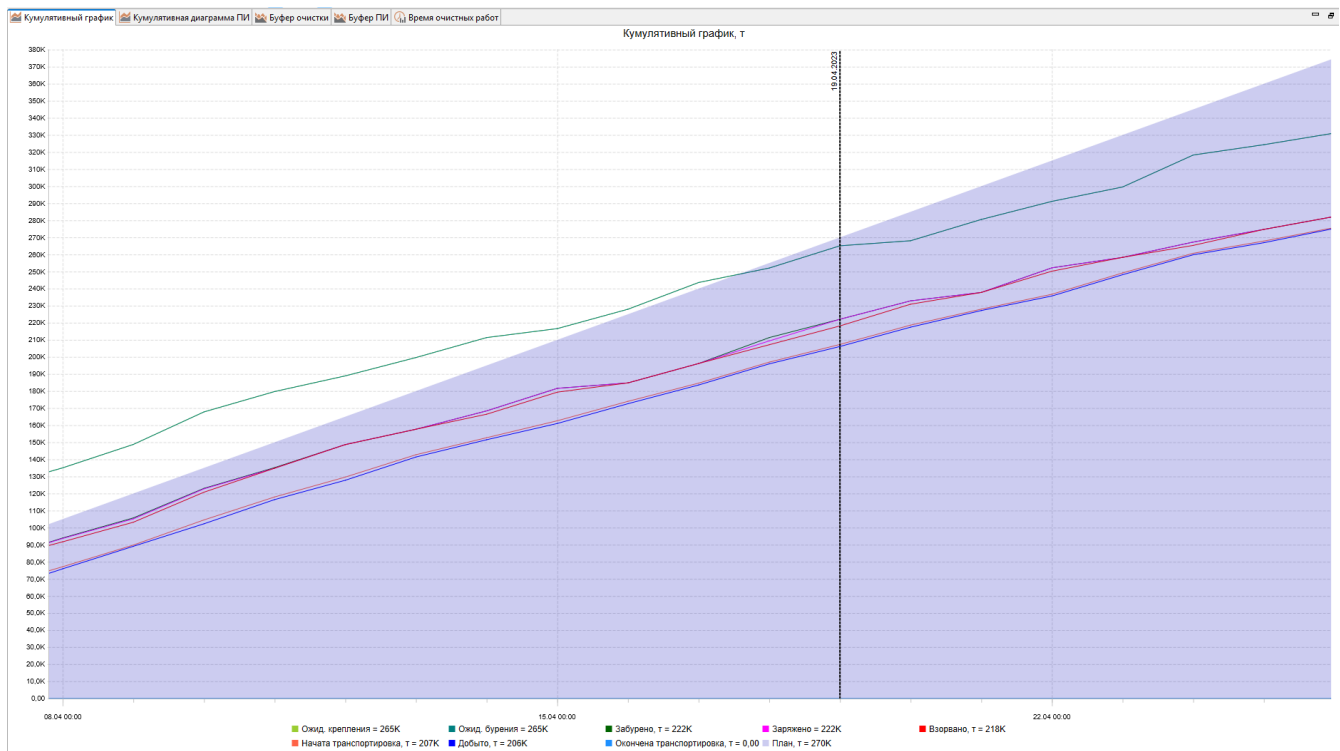


График позволяет отследить, сколько горной массы было ожидает крепления, ожидает бурения, забурено, заряжено, взорвано, вывезено и признано добытой по сравнению с производственным планом. Он позволяет наглядно сравнивать фактический прогресс с запланированными целями.

Элементы графика:

- Ось X (горизонтальная): временная шкала (даты и время моделирования)
- Ось Y (вертикальная): накопленный объём горной массы, т

Линии и области:

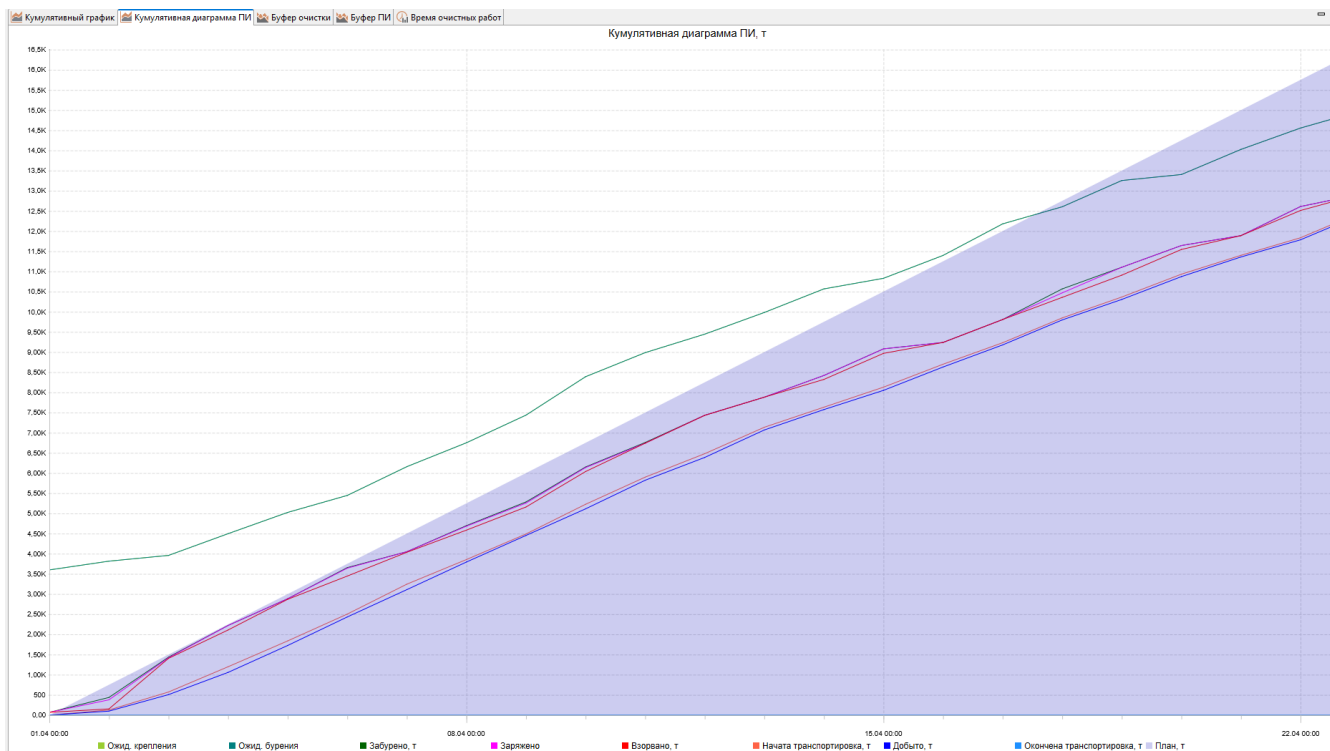
- **Ожидает крепления, т** - масса руды в выработках, ожидающая крепления
- **Ожидает бурения, т** — масса руды в выработках, которая ожидает бурения
- **Забурено, т** — масса руды в выработках, где завершено бурение
- **Заряжено, т** — масса руды в выработках, где завершено зарядание
- **Взорвано, т** — масса руды в выработках, которые были взорваны и готовы к вывозке
- **Начата транспортировка, т** — масса руды, которая начали вывозить
- **Добыто, т** — масса руды, признанная добытой
- **Окончена транспортировка, т** — масса руды, для которой окончена транспортировка
- **План, т** (залитая область) — накопленная плановая цель добычи

Как использовать:

- Следить за продвижением горной массы по стадиям производственного цикла.
- Проверять, насколько фактическая добыча (Добыто / Окончена транспортировка) соответствует плану.
- Выявлять узкие места: горизонтальные участки линий показывают стадии без прогресса.
- Обнаруживать отставания: если линия Добыто существенно отстаёт от плановой области, значит добыча отстаёт от графика.

2. Кумулятивная диаграмма полезного ископаемого

Кумулятивная диаграмма ПИ отображает накопленный объём **полезного вещества**, содержащегося в горной массе, по тому же принципу, что и **Кумулятивный график добычи**.



3. Буфер очистки

График **Буфер очистки** показывает объем горной массы (в тоннах), находящейся в работе на каждой стадии производственного цикла во времени.

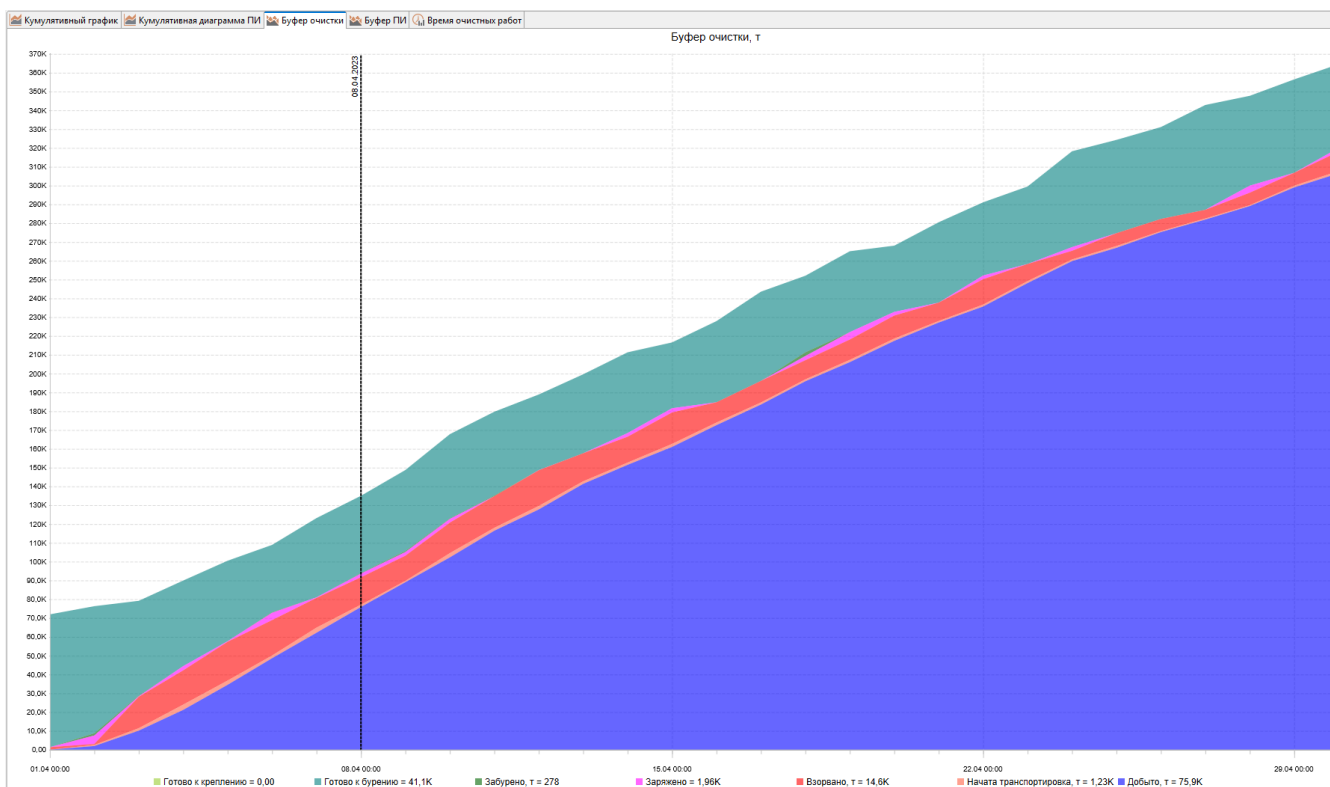


График позволяет анализировать, на какой стадии в текущий момент накапливается горная масса, выявлять узкие места процесса.

Элементы графика:

- Ось X: временная шкала (даты и время моделирования)

- Ось Y: объём горной массы, находящейся в работе, т

Составные области:

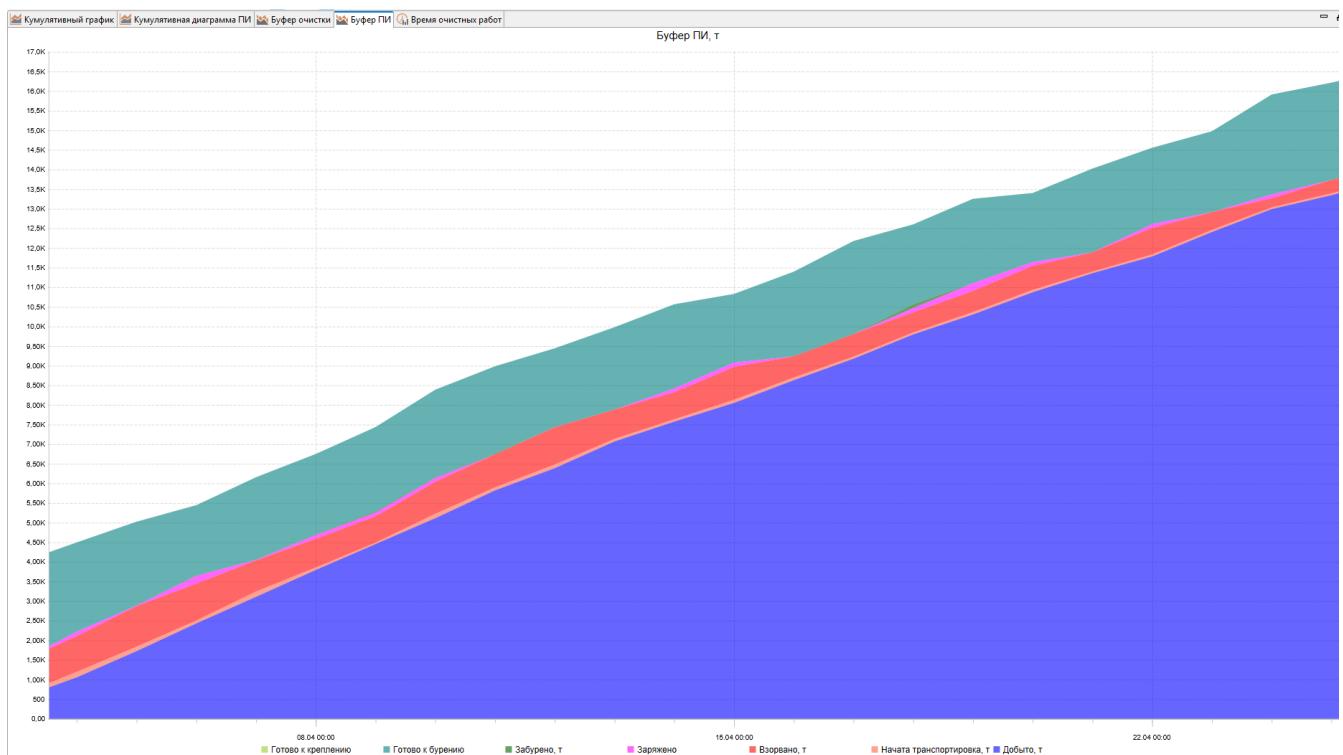
- **Готово к креплению, т** — масса руды в выработках, готовых к креплению
- **Готово к бурению, т** — масса руды в выработках, закрепленных, но ещё не пробурённых
- **Забурено, т** — масса руды пробурена, но ещё не заряжена
- **Заряжено, т** — масса руды заряжена, но ещё не взорвана
- **Взорвано, т** — масса руды взорвана, но ждёт вывоза
- **Начата транспортировка, т** — масса руды вывозится, но ещё не признана добытой
- **Добыто, т** — масса руды признана добытой, но её вывоз ещё не завершён

Как использовать:

- Наблюдать поток материала через стадии и места его накопления.
- Выявлять узкие места — накапливание на какой-то стадии указывает на нехватку ресурсов следующего этапа.
- Проверять сбалансированность процесса — устойчивые уровни материала говорят о ровном потоке, резкие скачки — о сбоях.
- Отслеживать истощение запасов взорванного материала по мере его вывоза.

4. Буфер полезного ископаемого

График **Буфер ПИ** аналогичен графику **Буфер очистки**, но отображает **полезное вещество** в горной массе.



5. Время очистных работ

График **Время очистных работ** показывает, сколько времени (в днях) горная масса проводит на каждой стадии производственного процесса.

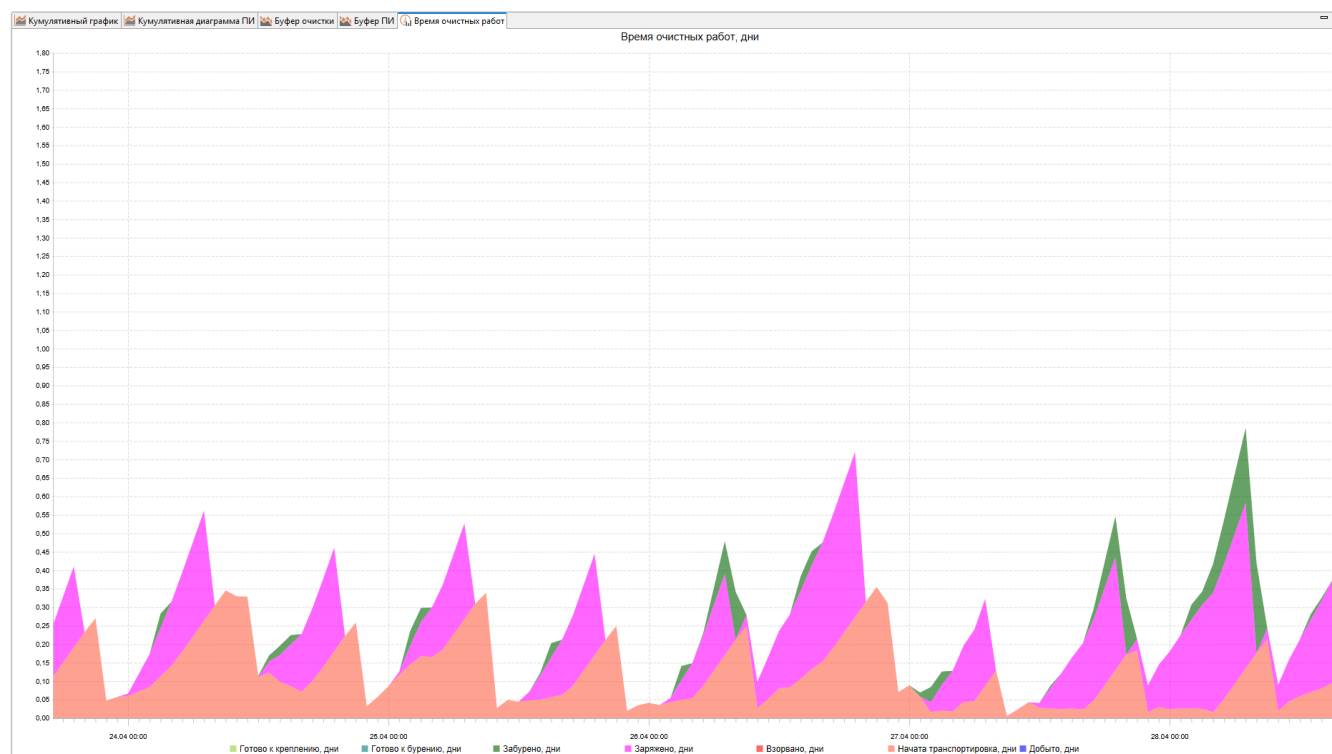


График позволяет оценить эффективность производственной цепочки и выявлять задержки или узкие места, увеличивающие общее время прохождения цикла.

Элементы графика:

- Ось X: временная шкала
- Ось Y: время пребывания горной массы в стадии, дни

Составные области:

- **Готово к креплению, дни** — время от момента обеспечения доступа до начала крепления
- **Готово к бурению, дни** — время от момента крепления до начала бурения
- **Забурено, дни** — время от бурения до начала заряжания
- **Заряжено, дни** — время от заряжания до взрыва
- **Взорвано, дни** — время от взрыва до начала вывоза
- **Начата транспортировка, дни** — время от начала вывоза до признания горной массы добытой
- **Добыто, дни** — время от признания добытой до доставки в пункт назначения

Как использовать:

- Оценивать общую продолжительность производственного цикла: чем выше значения, тем медленнее процесс.
- Выявлять стадии с наибольшими задержками — самые толстые цветные полосы.

- Отслеживать динамику: растущая кривая означает увеличение задержек, падающая — улучшение пропускной способности.
- Анализировать совместно с графиками **Буфер очистки** и **Кумулятивный график добычи**, чтобы понять, где задержки вызывают накопления.


2.4.2. Графики для анализа горно-подготовительных работ

В среднем правом окне расположены 5 графиков для горно-подготовительных работ:

- Кумулятивный график ГПР
- Буфер ГПР
- Время ГПР
- Среднее время добычи
- Средний размер буфера

Логика этих графиков аналогична соответствующим графикам для очистных работ.

Две последние диаграммы показывают среднее время добычи в днях и средний размер буфера в тоннах по переделам как для ГПР, так и для очистных работ

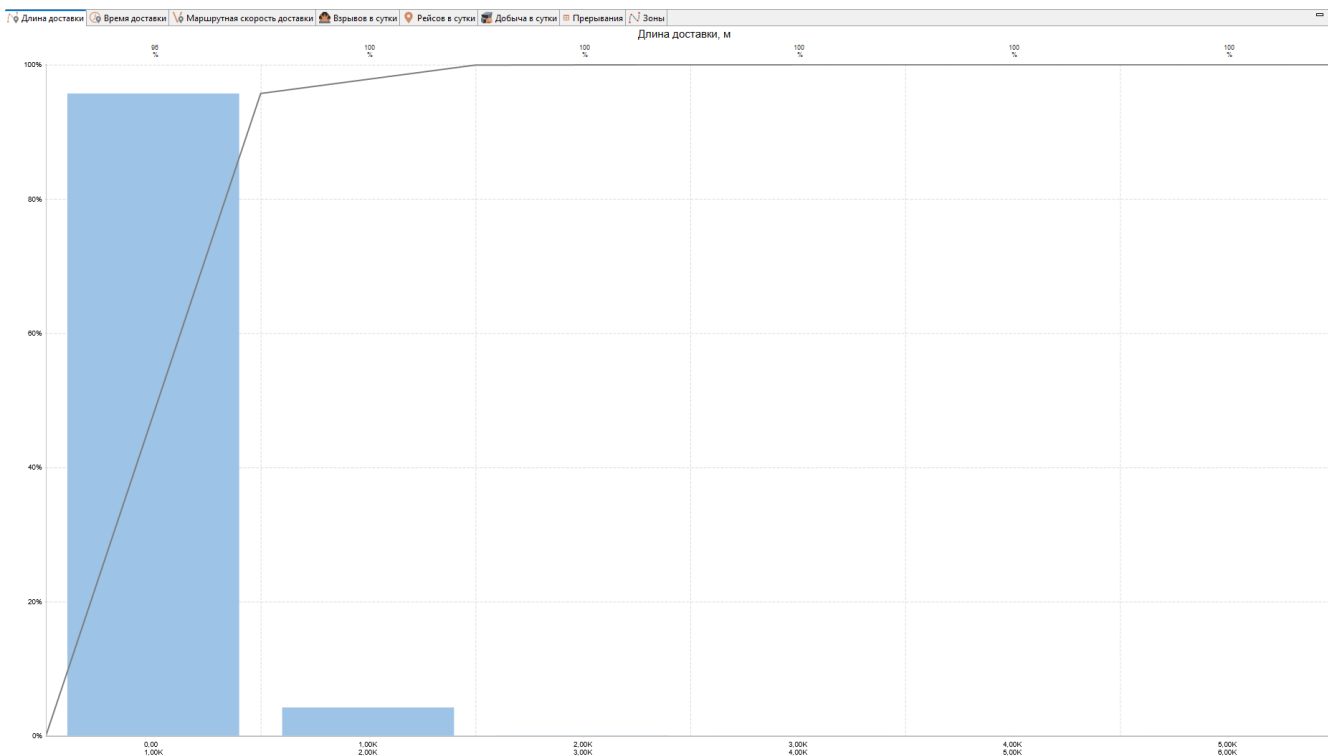
Примечание: на всех графиках можно щёлкать по элементам легенды, чтобы включать или выключать отображение соответствующих рядов данных. Щёлчок внутри области графика показывает значения всех видимых рядов в выбранный момент времени. При нажатии на кнопку  в верхней панели инструментов кумулятивные графики синхронизируются с расписанием и графиками работы оборудования.

2.4.3. Прочие графики и таблицы

В нижнем правом окне расположены дополнительные графики и таблицы, в основном для анализа статистики транспортировки руды и других событий.

1. Длина доставки

График **Длина доставки** показывает распределение дистанции перевозки (в метрах) для всех рейсов, выполненных в ходе моделирования.



Этот график помогает анализировать, на какие расстояния в среднем перемещаются ШАС или ПДМ, выявлять типичные расстояния перевозки и обнаруживать чрезмерно длинные или неэффективные маршруты, которые могут снижать производительность.

Элементы графика:

- Ось X: интервалы расстояния перевозки (м)
- Левая ось Y: доля рейсов в каждом интервале (%)
- Правая ось Y: накопленная доля всех рейсов (%)

Компоненты:

- **Синие столбцы** — доля рейсов в интервале (гистограмма)
- **Серая линия** — накопленная доля рейсов
- **Подписи над столбцами** — точное накопленное значение включая текущий интервал

Как использовать:

- Определять наиболее распространённые расстояния перевозки — они отображаются как пики гистограммы.
- Анализировать баланс распределения — если большинство рейсов сосредоточено на очень коротких или очень длинных расстояниях, стоит рассмотреть оптимизацию дорожной сети или назначений точек разгрузки.
- Отслеживать дальние рейсы — высокий процент дальних перевозок может указывать на потенциальные узкие места или неэффективные маршруты.
- Использовать совместно с графиками **Время доставки** и **Маршрутная скорость доставки** для оценки эффективности транспортировки.

2. Время доставки

График **Время доставки** показывает распределение длительности рейсов перевозки (в минутах).

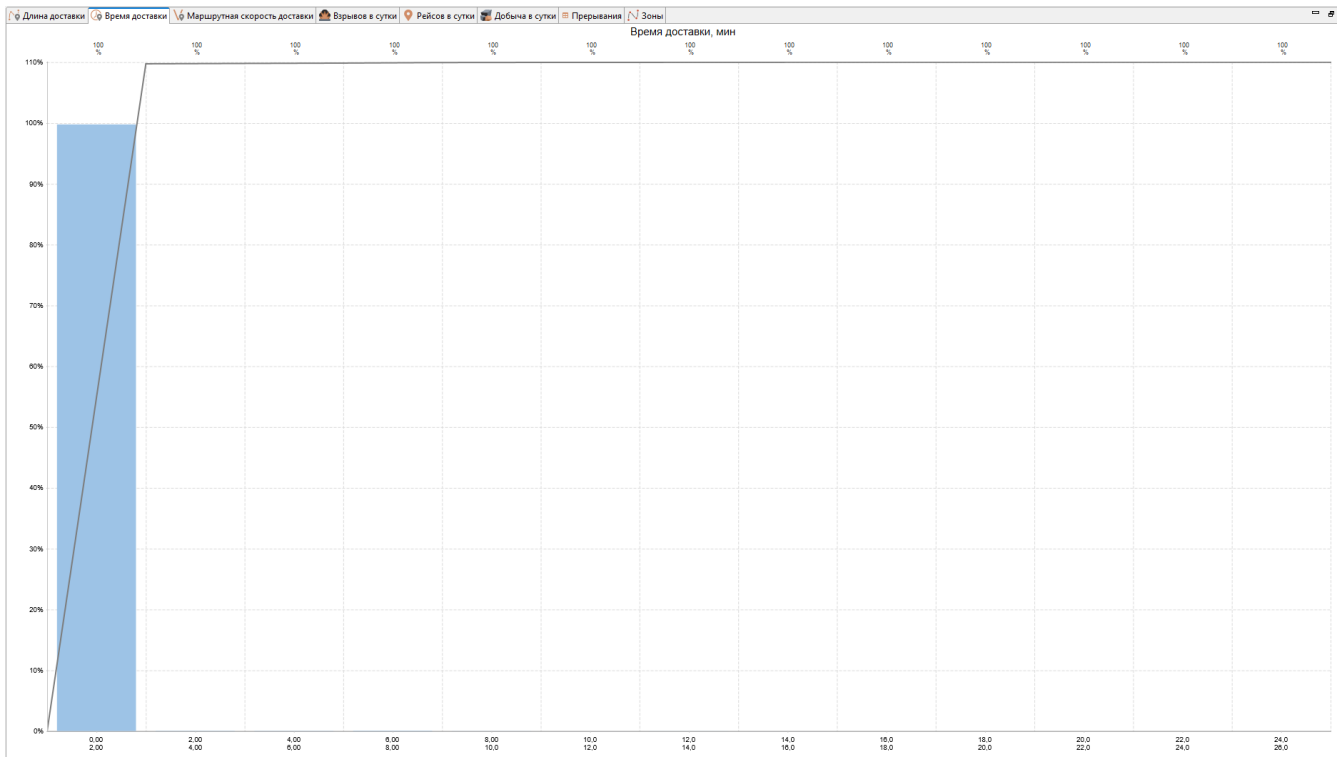


График помогает оценить эффективность транспортных операций, показывая, сколько времени занимают типичные рейсы перевозки, выявлять необычно длинные или короткие рейсы, а также задержки, снижающие производительность парка техники.

Элементы графика:

- Ось X (горизонтальная) — интервалы времени перевозки (мин)
- Левая ось Y (вертикальная) — процент рейсов в каждом интервале времени
- Правая ось Y (вертикальная, кумулятивная линия) — накопленный процент всех рейсов

Компоненты графика:

- Синие столбцы — доля рейсов в каждом интервале времени (гистограмма)
- Серая кумулятивная линия — накопленный процент всех рейсов по мере увеличения времени
- Подписи над столбцами — точный накопленный процент всех рейсов до текущего интервала

Как использовать:

- Определять наиболее распространённые длительности перевозки — пики гистограммы.
- Выявлять аномально длительные рейсы, которые могут указывать на задержки, заторы или поломки.

- Оценивать стабильность работы парка техники — узкий диапазон (сжатый кластер столбцов) означает устойчивую работу, широкий диапазон — колебания производительности.
- Сравнить с графиками **Время доставки** и **Маршрутная скорость доставки**, чтобы понять, вызваны ли длинные времена перевозки увеличенными расстояниями или сниженной скоростью движения.

3. Маршрутная скорость доставки

График **Маршрутная скорость доставки** показывает распределение средних скоростей перевозки (в км/ч).

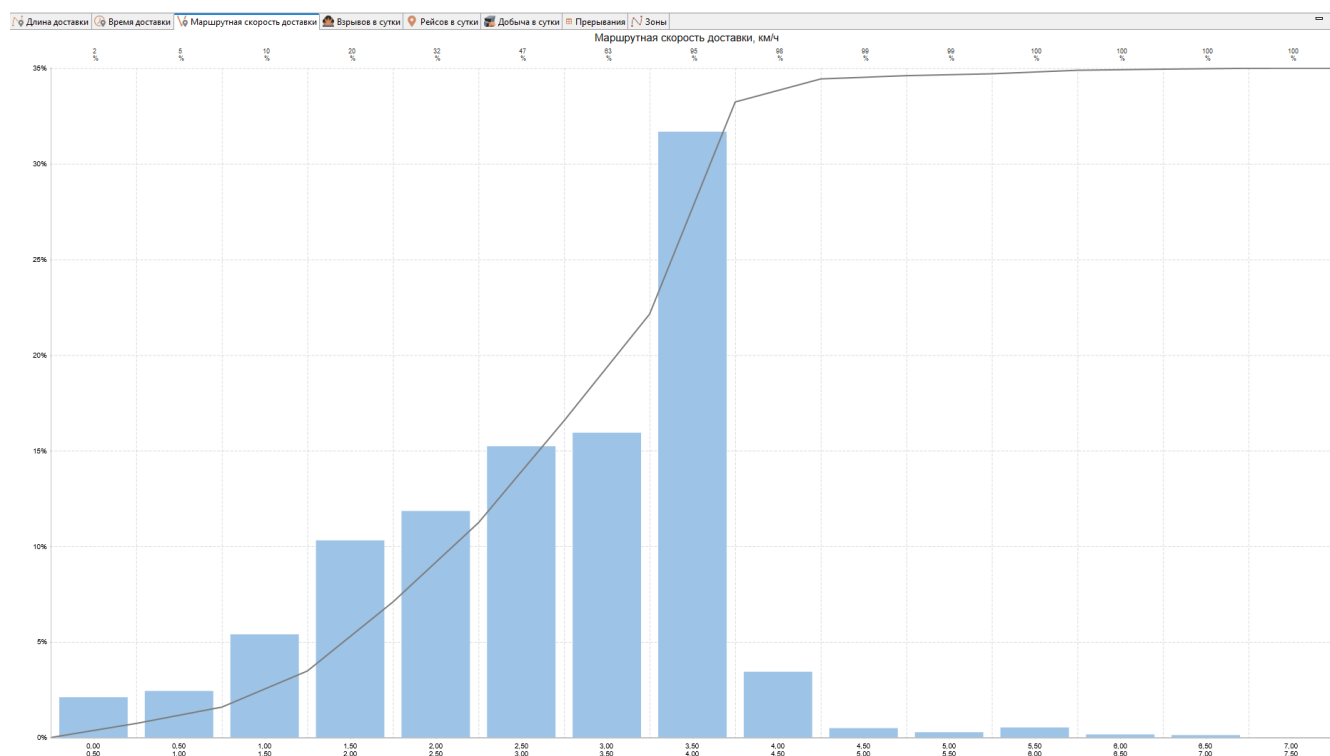


График помогает оценить эффективность транспортировки, показывая, с какой скоростью в среднем осуществляется перевозка горной массы, а также выявлять случаи низких скоростей, которые могут указывать на заторы, крутые уклоны, плохое состояние дорог или технические неисправности.

Элементы графика:

- Ось X (горизонтальная) — интервалы средних скоростей перевозки (км/ч)
- Левая ось Y (вертикальная) — процент рейсов в каждом интервале скоростей
- Правая ось Y (вертикальная, кумулятивная линия) — накопленный процент всех рейсов

Компоненты графика:

- Синие столбцы — доля рейсов в каждом диапазоне скоростей (гистограмма)
- Серая кумулятивная линия — накопленный процент всех рейсов по мере увеличения скорости
- Подписи над столбцами — точный накопленный процент всех рейсов до текущего

интервала

Как использовать:

- Определять наиболее распространённые скорости движения — пики гистограммы.
- Выявлять низкие скорости, которые могут указывать на плохие дорожные условия, пробки или задержки.
- Оценивать стабильность скоростей — узкий кластер скоростей означает стабильную работу, широкий — наличие значительных колебаний.
- Использовать совместно с графиками **Время доставки** и **Длина доставки** для понимания, вызваны ли длительные времена перевозки большими расстояниями или низкими скоростями.

4. Взрывов в сутки

График **Взрывов в сутки** показывает распределение количества взорванных выработок в день.

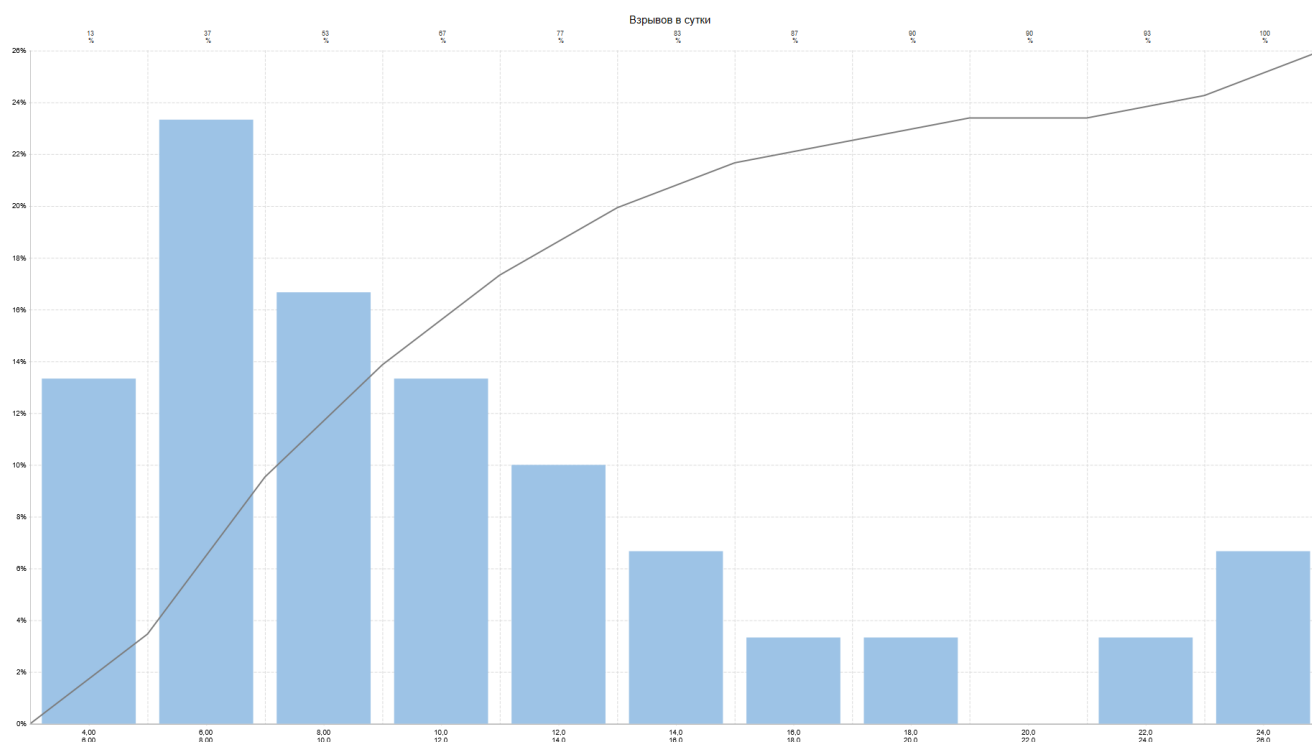


График помогает оценить интенсивность и регулярность взрывных работ, показывая, как часто происходят взрывы и равномерно ли они распределены во времени или выполняются крупными партиями.

Элементы графика:

- Ось X (горизонтальная) — количество взрывов в день
- Левая ось Y (вертикальная) — процент дней моделирования с таким количеством взрывов
- Правая ось Y (вертикальная, кумулятивная линия) — накопленный процент всех дней, в которые было столько же или меньше взрывов

Компоненты графика:

- Синие столбцы — доля дней с указанным количеством взрывов
- Серая кумулятивная линия — накопленный процент всех дней с таким или меньшим числом взрывов
- Подписи над столбцами — точный накопленный процент всех дней с таким или меньшим числом взрывов

Как использовать:

- Определять типичную частоту взрывных работ — самая высокая колонка.
- Выявлять режим «рывков» или стабильных взрывов:
 - Одна высокая колонка возле нуля означает редкие взрывы.
 - Более широкий диапазон колонок означает более равномерную ежедневную работу.
- Использовать совместно с графиками **Рейсов в сутки** и **Добыча в сутки**, чтобы понять, как взрывные работы влияют на производственный цикл.

5. Рейсов в сутки

График **Рейсов в сутки** показывает распределение количества рейсов с горной массой за день в ходе моделирования.

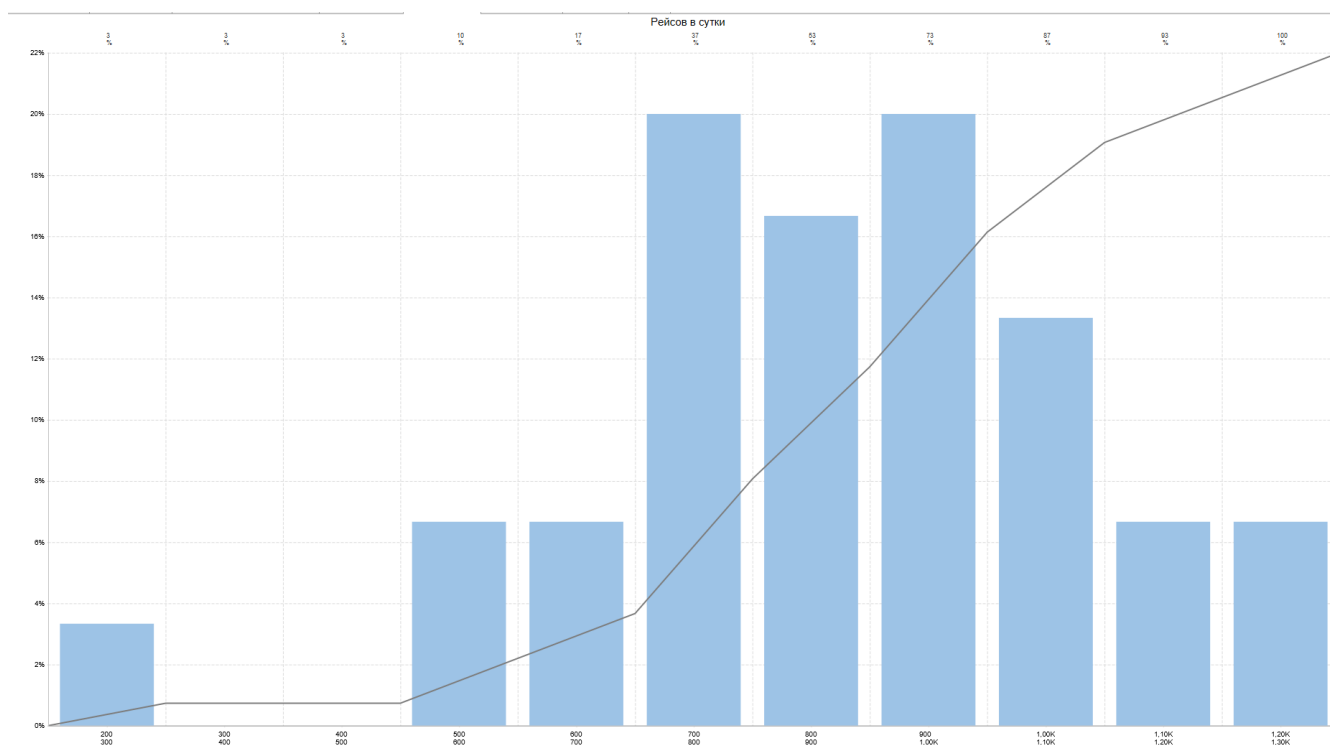


График помогает анализировать интенсивность и регулярность транспортных операций, показывая, сколько рейсов с грузом обычно выполняется в день, и выявлять стабильность или изменчивость этой активности.

Элементы графика:

- Ось X (горизонтальная) — количество рейсов с грузом за день

- Левая ось Y (вертикальная) — процент дней с таким количеством рейсов
- Правая ось Y (вертикальная, кумулятивная линия) — накопленный процент всех дней с таким или меньшим количеством рейсов

Компоненты графика:

- Синие столбцы — доля дней с указанным количеством рейсов с грузом
- Серая кумулятивная линия — накопленный процент всех дней с таким или меньшим числом рейсов
- Подписи над столбцами — точный накопленный процент всех дней с таким или меньшим числом рейсов

Как использовать:

- Определять типичную дневную нагрузку на парк ШАС или ПДМ (самая высокая колонка).
- Выявлять нестабильность количества выполняемых рейсов — широкий диапазон колонок означает большие колебания.
- Выявлять наличие низкой активности — высокие колонки возле нуля.
- Использовать совместно с графиками **Взрывов в сутки** и **Добыча в сутки**, чтобы понять, как перевозки соотносятся с взрывными и объемом добычи.

6. Добыча в сутки

График **Добыча в сутки** показывает распределение общего количества горной массы (в тоннах), добываемой в день за период моделирования.

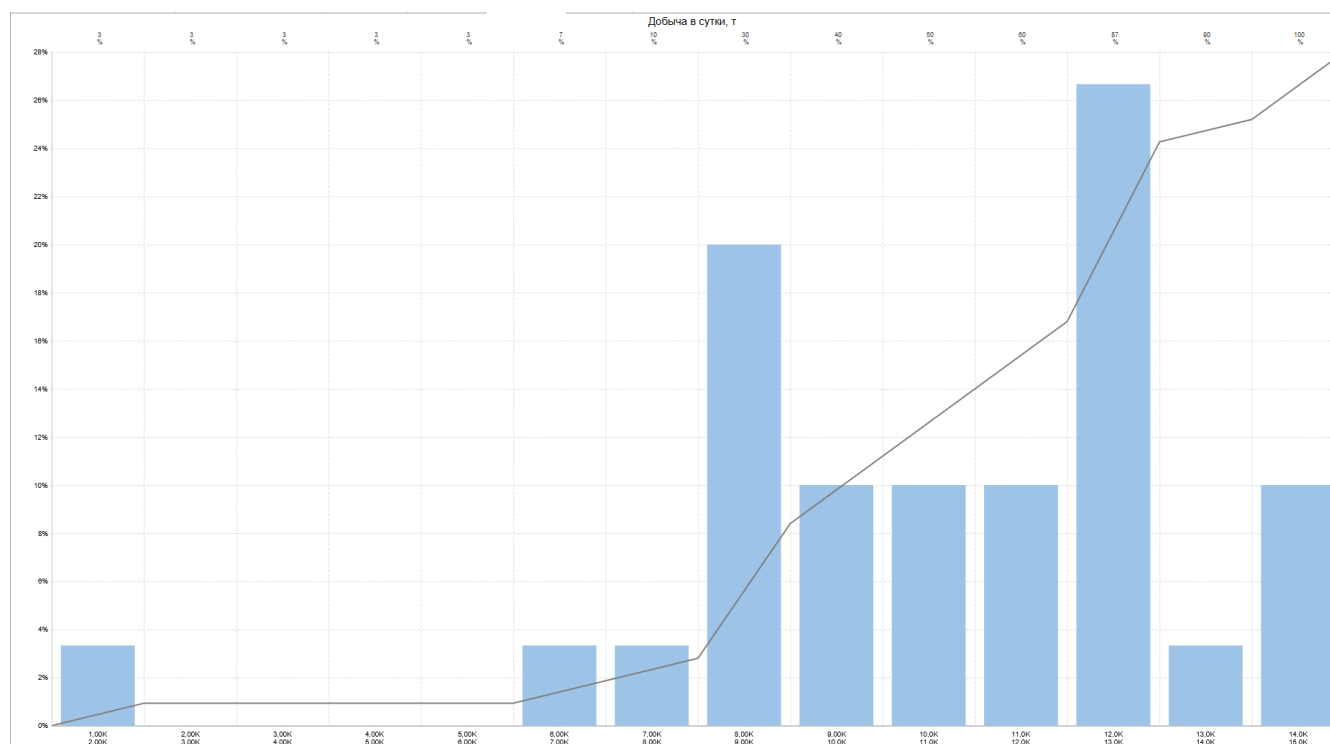


График помогает оценить производительность по дням, показывает, сколько руды обычно добывается за день и насколько стабильна производительность.

Элементы графика:

- Ось X (горизонтальная) — общий добытый тоннаж за день
- Левая ось Y (вертикальная) — процент дней с таким количеством добытой руды
- Правая ось Y (вертикальная, кумулятивная линия) — накопленный процент всех дней с таким или меньшим тоннажем

Компоненты графика:

- Синие столбцы — доля дней с указанным добытым тоннажем
- Серая кумулятивная линия — накопленный процент всех дней по мере увеличения тоннажа
- Подписи над столбцами — точный накопленный процент всех дней до текущего интервала

Как использовать:

- Определять типичный дневной объём добычи — самая высокая колонка.
- Выявлять простои — высокие колонки возле нуля могут указывать на простои или сбои в работе.
- Проверять стабильность добычи — узкий диапазон колонок означает устойчивый объём суточной добычи, широкий — колебания.
- Использовать совместно с графиками **Рейсов в сутки** и **Взрывов в сутки**, чтобы понять, как добыча соотносится с активностью перевозки и взрывных работ.

Примечание: во всех гистограммах левая граница диапазона включается, а правая — исключается. Например, диапазон 0–1 (для целых значений числа взрывов) включает только дни с 0 взрывов.

7. Таблица Прерывания

Таблица **Прерывания** суммирует все события простоев, произошедшие в ходе моделирования, сгруппированные по типам техники и видам простоев. Она даёт обзор того, сколько времени техника была недоступна из-за плановых или внеплановых простоев.

Тип оборудования	Тип перерыва	Описание перерыва	Кол-во ед. оборудования	Кол-во событий	Длительность, ч	Длительность на ед. оборудования, ч	Затраты
Atlas Corco Boomer	Период недоступности	Break	8	480	240,00	4,17%	0
Atlas Corco Boomer	Период недоступности	Maintenance	8	480	480,00	8,33%	0
Atlas Corco Boomer	Внеплановое событие	Small	8	19	87,84	1,52%	0
Atlas Corco Simba	Период недоступности	Break	6	360	180,00	4,17%	0
Atlas Corco Simba	Период недоступности	Maintenance	6	360	360,00	8,33%	0
Atlas Corco Simba	Внеплановое событие	Small	6	12	51,05	1,18%	0
Atlas Corco Simba	Техобслуживание	Maintenance-1	6	3	76,26	1,77%	1 406
Atlas Corco Boomer	Внеплановое событие	Medium	8	5	167,02	2,90%	0
Atlas Corco Simba	Внеплановое событие	Medium	6	4	131,36	3,04%	0
Atlas Corco	Период недоступности	Перерыв	13	780	390,00	4,17%	0
Atlas Corco	Период недоступности	EMaintenance	13	780	585,00	6,25%	0
Atlas Corco	Внеплановое событие	Small	13	27	119,55	1,28%	0
Atlas Corco	Внеплановое событие	Medium	13	10	363,07	3,88%	0
Sandvik	Период недоступности	Перерыв	9	540	270,00	4,17%	0
Sandvik	Период недоступности	EMaintenance	9	540	405,00	6,25%	0
Sandvik	Внеплановое событие	Medium	9	6	230,67	3,56%	0
Sandvik	Внеплановое событие	Small	9	19	85,08	1,31%	0

Таблица помогает анализировать влияние различных причин простоев (например,

погодные условия, техническое обслуживание, взрывы) на доступность и производительность техники.

Столбцы таблицы:

- **Тип оборудования** — тип техники, на которую повлияли простои
- **Тип перерыва** — категория простоя
- **Описание перерыва** — конкретное название простоя (например, *Взрыв* или *Метеоусловия*)
- **Кол-во ед. оборудования** — количество единиц техники данного типа, на которые повлиял этот простой
- **Кол-во событий** — общее количество событий простоев этого типа за период моделирования
- **Длительность, ч** — общее время (в часах), в течение которого техника была недоступна из-за этого простоя
- **Длительность на ед. оборудования, %** — доля запланированного рабочего времени, проведённая каждым затронутым агрегатом в состоянии простоя (в процентах)
- **Затраты** — общие затраты, связанные с этим простоем (если заданы параметры стоимости)

Как использовать:

- Определять, какие типы простоев вызывают наибольшие потери времени (смотреть на **Длительность, ч** и **Длительность на ед. оборудования, %**).
- Выявлять плановые и внеплановые простои для оценки надёжности эксплуатации.
- Использовать данные для корректировки графиков (например, улучшения планирования ТО или снижения влияния погодных факторов) и повышения доступности техники.
- Если учёт затрат включён, сравнивать стоимость простоев для разных типов техники.

8. Таблица Зоны

Таблица **Зоны** предоставляет разбивку показателей работы транспорта по зонам. Зоны — это определённые пользователем области транспортной сети, используемые для группировки ребер транспортной сети при анализе.

Зона	Длина, км	Средняя скорость груженого, км/ч	Средняя скорость порожнего, км/ч	Отгружено, т*км
(none)	42,16	8,10	10,35	210 066
Zone 1	0,79	7,80	9,70	3 098
Zone 2	0,67	7,82	9,74	676
Zone 3	1,11	7,80	9,70	3 793

Таблица помогает оценивать эффективность транспортной работы в различных частях рудника, сравнивая расстояния перевозки, скорости движения и объёмы перевезённой массы по зонами.

Столбцы таблицы:

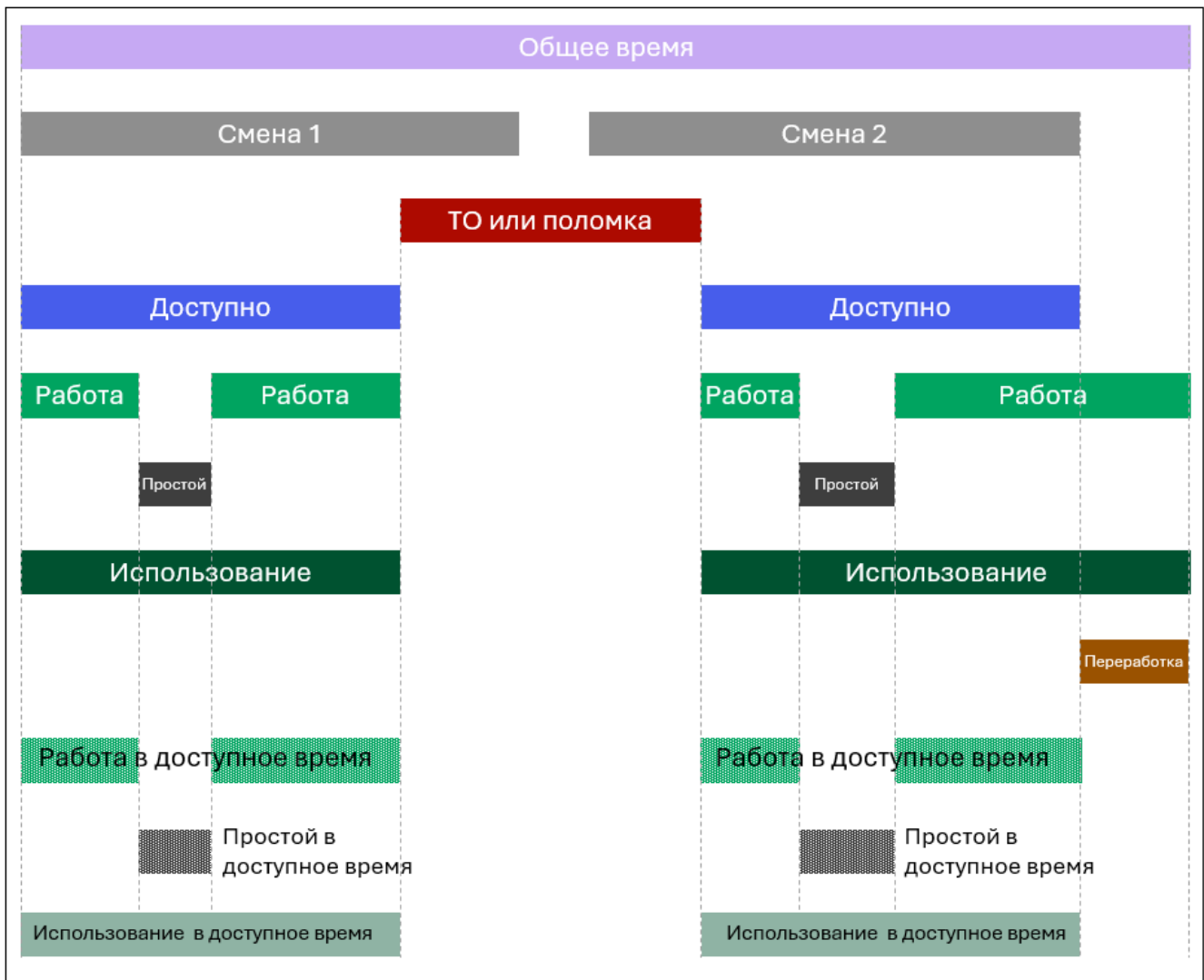
- **Зона** — название зоны, присвоенной дорожным сегментам (или (none), для сегментов, которым не назначена зона)
- **Длина, км** — общая длина всех сегментов в этой зоне
- **Ср. скорость с грузом, км/ч** — средняя скорость техники при движении с грузом внутри этой зоны
- **Ср. скорость без груза, км/ч** — средняя скорость техники при движении порожняком внутри этой зоны
- **Отгружено, т * км** — общий объем транспортной работы, выполненной в этой зоне, измеряемый как тонны × километры

Как использовать:

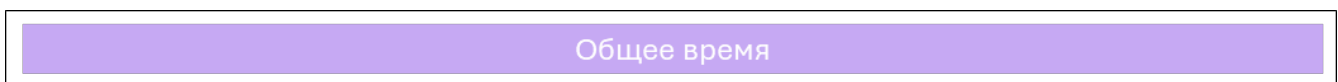
- Определять зоны с наибольшей транспортной нагрузкой — большие значения в **Отгружено, т * км** указывают на области, где сосредоточена основная работа по перевозке.
- Анализировать различия в скоростях между зонами для выявления возможных узких мест (низкие скорости могут свидетельствовать о крутых уклонах, заторах или плохом состоянии дорог).
- Оценивать структуру сети дорог — смотреть на **Длина, км**, чтобы понять, какие зоны преобладают в дорожной сети.
- Использовать данные для оптимизации организации движения и приоритетов обслуживания дорог.

2.5. Расчет доступности и использования оборудования

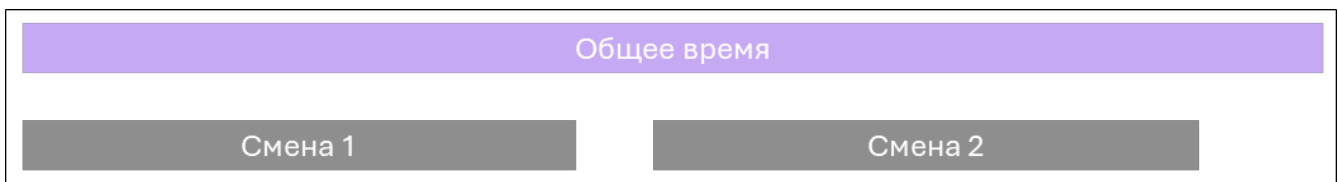
Понимание показателей доступности и использования оборудования имеет решающее значение для оптимизации горных операций и минимизации простоев. **MineTwin** предоставляет возможность отслеживания ключевых показателей, таких как общее время, плановое время и время фактического использования, что помогает выявлять неэффективность и повышать производительность техники. Эти данные способствуют лучшему пониманию результатов моделирования.



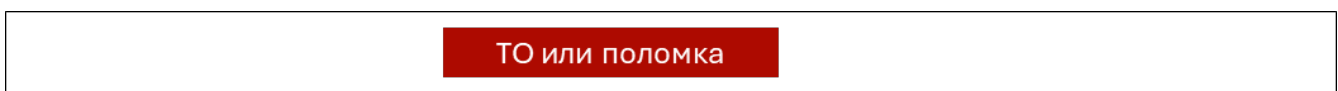
На приведённой выше схеме показаны основные категории временных интервалов и типов использования времени:



Общее время — общее время, прошедшее с начала моделирования.



Плановое время — время, когда для оборудования была запланирована смена. Для оборудования, работающего без смен, **плановое время** = **общее время** (или время между вводом и выводом из эксплуатации, если они указаны для этого оборудования).



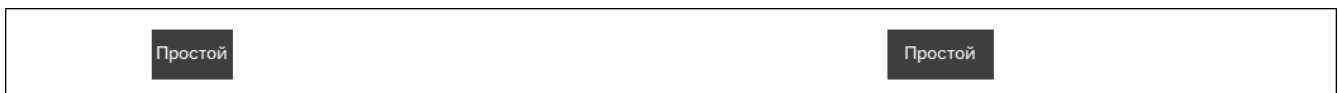
Периоды недоступности — продолжительность интервалов, классифицированных как *UNAVAILABLE*. Обычно сюда относятся периоды поломок и технического обслуживания.



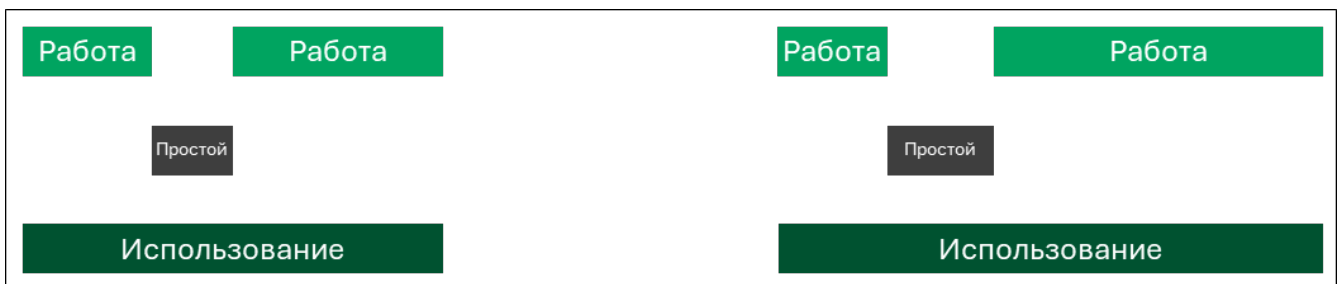
Доступное время вычисляется как **плановое время** за вычетом **периодов недоступности**.



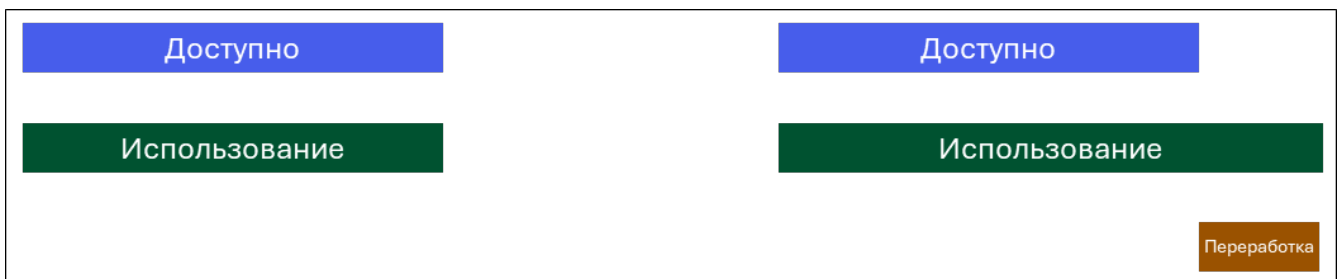
Рабочее время — продолжительность интервалов, классифицированных как *ACTUAL_WORKING*, в течение которых выполняется фактическая полезная работа. Например, для самосвалов это включает движение к месту погрузки, погрузку, движение с грузом к месту разгрузки и разгрузку.



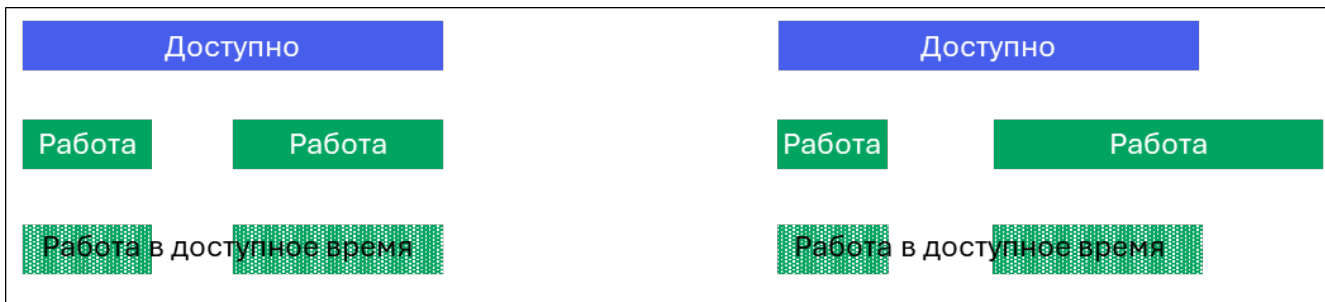
Потерянное время (также может называться **время ожидания**) — продолжительность интервалов, классифицированных как *LOST_TIME*, в течение которых оборудование чего-то ожидает или заблокировано. Например, для самосвалов это может быть ожидание перед пунктом разгрузки или в очереди к экскаватору.



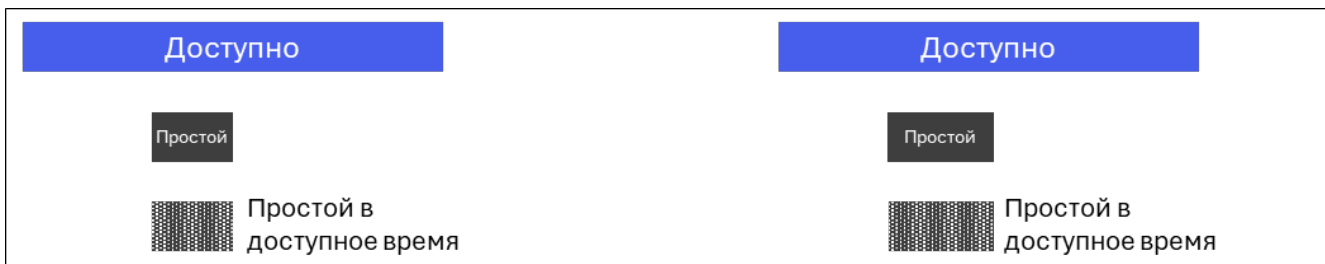
Время использования рассчитывается как объединение **рабочего времени** и **времени ожидания**.



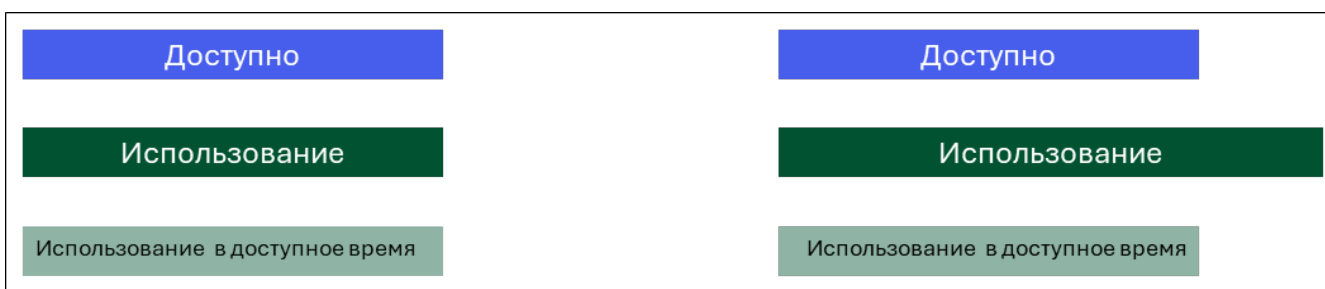
Сверхурочное время вычисляется как **время использования** за вычетом **доступного времени** и в большинстве сценариев пренебрежимо мало.



Рабочее доступное время — это пересечение **рабочего времени** и **доступного времени**.



Потерянное доступное время — это пересечение **времени ожидания** и **доступного времени**.



Используемое доступное время — это пересечение **времени использования** и **доступного времени**.

Перечисленные категории использования времени применяются для расчета показателей доступности, использования, эффективного использования и доли потерянного времени для отдельных единиц оборудования и их групп:

КТГ (коэффициент технической готовности) рассчитывается как доля **планового времени**, в течение которого оборудование было доступно:

$$\text{КТГ} = \frac{\text{Доступное время}}{\text{Плановое время}}$$

КИО (коэффициент использования оборудования) рассчитывается как доля доступного времени, в течение которого оборудование использовалось (т.е. работало или активно ожидало):

$$\text{КИО} = \frac{\text{Используемое доступное время}}{\text{Доступное время}}$$

Эффективный КИО (коэффициент эффективного использования оборудования) рассчитывается как доля доступного времени, в течение которого оборудование выполняло полезную работу:

$$\text{КЭИО} = \frac{\text{Рабочее доступное время}}{\text{Доступное время}}$$

Доля потерянного времени рассчитывается как доля **используемого доступного времени**, в течение которого оборудование ожидало или было заблокировано:

$$\text{Доля времени простоя} = \frac{\text{Потерянное доступное время}}{\text{Используемое доступное время}}$$

3. Режим "Исследование"

3.1. Введение

Режим «Исследование» предназначен для проведения структурированных имитационных экспериментов на основе сценариев MineTwin. Он позволяет анализировать ограничения, подбирать конфигурацию парка техники и оценивать чувствительность результатов к изменению параметров модели.

Режим помогает отвечать на вопросы, например:

- какое ограничение сильнее всего влияет на достижение плана;
- какое изменение состава парка позволит приблизиться к целевому плану;
- как изменятся результаты при изменении количества оборудования;
- какие факторы оказывают наибольшее влияние на итоговые показатели.

Исследование создаётся на основе открытого сценария. После создания можно добавлять шаги, запускать автоматические режимы исследования, выполнять расчёты локально или на сервере, сравнивать результаты и формировать отчёты.

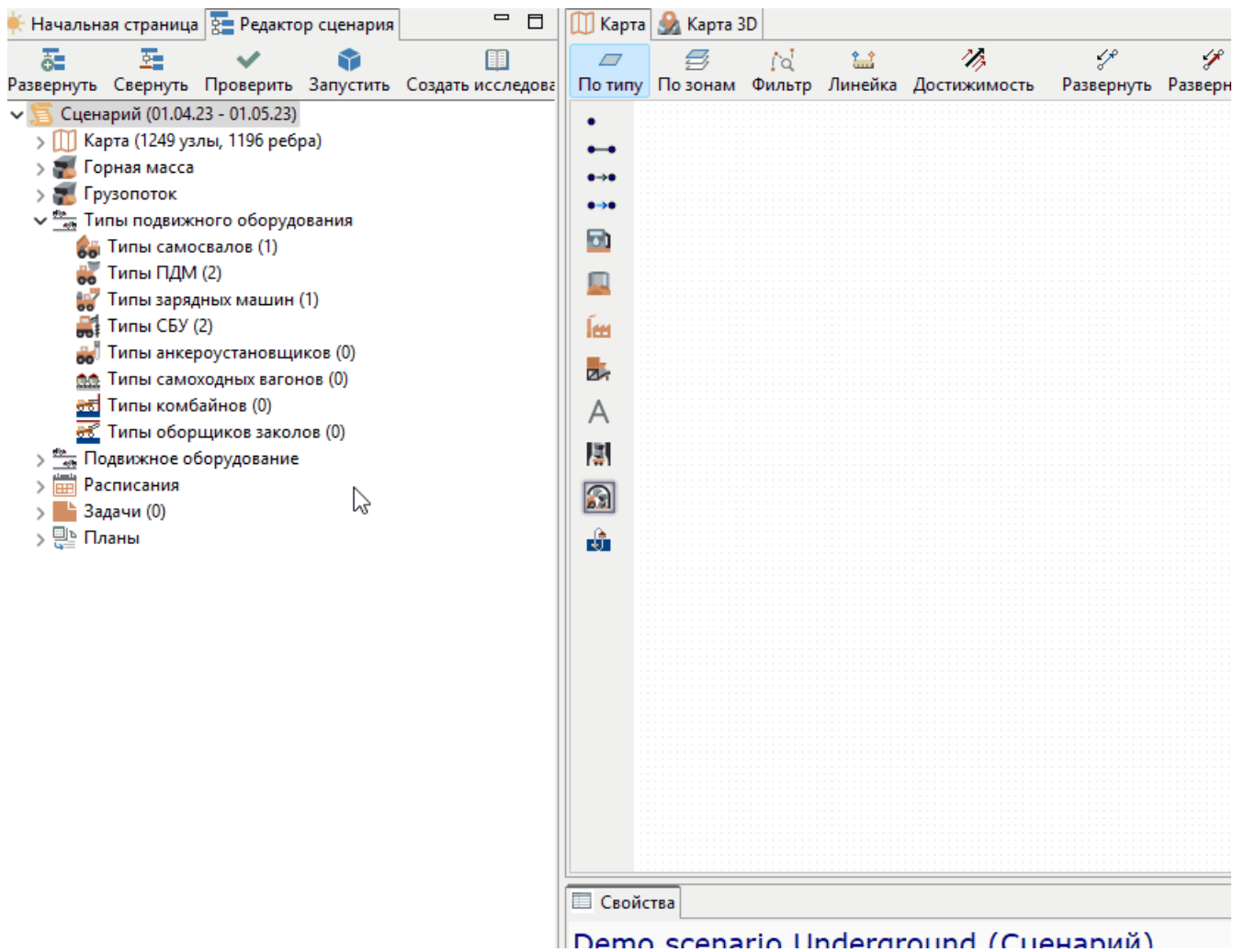
Такой структурированный подход повышает эффективность аналитической работы, позволяя формулировать и проверять гипотезы и быстро получать обоснованные, достоверные ответы.

3.2. Создание нового исследования

1. Откройте нужный сценарий.
2. Нажмите **Создать исследование** на панели инструментов.
3. Исследование откроется в новой вкладке.
4. Текущий сценарий становится **корневым шагом** исследования. К нему можно добавлять дочерние шаги.

Для управления исследованием доступны команды:

- **Переименовать** — отдельная кнопка на панели инструментов исследования;
- **Сохранить** и **Сохранить как** — сохранение исследования в zip-архив;
- **Открыть эксперимент** — открытие ранее сохранённого исследования через верхнее меню в группе «Меню».



3.3. Шаги и модификации

Исследование строится как дерево шагов. Базовый шаг содержит исходный сценарий без изменений. Последующие шаги могут:

- наследовать сценарий от предыдущего шага и содержать одну или несколько модификаций;
- выполняться с несколькими репликациями;
- использоваться как основа для дальнейших экспериментов.

Пользователь может:

- применить модификацию к любому шагу исследования;
- запустить автоматизированное исследование для любого шага;
- создать новое исследование от промежуточного шага через правый клик и всплывающее меню;
- сохранить любой шаг как отдельный сценарий через правый клик и команду сохранения сценария;

Шаг	Репликации	Статус	Всего руды до...	Всего добыто ...	Всего добыто, т	Отклонение о...	Отклонение о...	Кол-во самос...	Доступность с...
demo Fleet	1	100% завершено	36 680	184 547	221 227	-74.99%	±0.66%	51	88.99%

Далее мы более детально коснемся этих режимов.

Любой шаг можно удалить через контекстное меню или нажав на клавиатуре **Delete**:

Шаг	Репликации	Статус	Отклонение о...	Отклонение о...	Кол-во самос...	Доступность с...	КИО самосва...	Эффективный...	Кол-во экскав...	Доступность э...	КИО экскав...	Эффект
OpenPit simple fleet sizing scenario	1	100% завершено	-83.54%	-73.69%	2	96.37%	97.46%	91.26%	2	91.30%	99.64%	6.79%
Fleet sizing study	1	100% завершено	-83.54%	-73.69%	2	96.18%	97.51%	91.56%	2	91.30%	99.71%	9.32%
No modifications	1	100% завершено	-83.54%	-48.19%	3	96.13%	96.62%	90.19%	2	91.31%	99.61%	12.16%
Duplicate truck Caterpillar 793F NR 1	1	100% завершено	-66.46%	-37.50%	4	96.13%	96.62%	90.19%	2	91.31%	99.61%	12.16%
Duplicate truck Caterpillar 793F NR 1	1	100% завершено	-35.37%	-37.50%	5	96.18%	96.53%	89.35%	2	91.31%	99.52%	15.26%
Duplicate truck Caterpillar 793F NR 1	1	100% завершено	-21.04%	-37.50%	6	95.79%	88.36%	81.39%	2	91.32%	94.00%	16.69%
Duplicate truck Caterpillar 793F NR 1	1	100% завершено	-21.04%	-37.50%	7	95.21%	76.54%	70.15%	2	91.33%	86.75%	16.69%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	-5.53%	-37.50%	8	95.16%	79.16%	72.49%	2	91.33%	86.80%	20.61%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+1.32%	-37.50%	9	95.00%	76.49%	69.93%	2	91.33%	80.03%	22.84%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+2.52%	-37.50%	10	94.79%	72.79%	66.44%	2	91.33%	75.16%	24.58%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+2.18%	-37.50%	11	94.57%	68.95%	62.80%	2	91.33%	70.26%	25.93%
Duplicate excavator Caterpillar 994 NR1	1	100% завершено	+2.52%	-29.04%	10	95.25%	79.02%	72.28%	3	91.32%	55.51%	18.30%
Duplicate excavator Caterpillar 994 NR1	1	100% завершено	+2.52%	-29.04%	10	95.25%	79.02%	72.28%	4	91.32%	41.64%	13.73%
Duplicate excavator Komatsu P844100 NR7	1	100% завершено	-3.41%	-16.41%	10	95.62%	80.88%	74.23%	4	91.32%	42.05%	14.13%
Duplicate excavator Komatsu P844100 NR7	1	100% завершено	-3.41%	-16.41%	10	95.62%	80.88%	74.23%	5	91.31%	33.64%	11.30%
Duplicate truck Caterpillar 793F NR 1	1	100% завершено	-4.46%	-19.16%	11	94.99%	71.75%	65.56%	4	91.32%	38.36%	13.53%
Duplicate excavator Caterpillar 994 NR1	1	100% завершено	-3.41%	-16.41%	10	95.62%	80.88%	74.23%	5	91.31%	33.64%	11.30%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+0.21%	-10.82%	11	95.53%	79.99%	73.54%	4	91.35%	40.87%	15.52%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+1.17%	-4.39%	12	95.78%	78.47%	71.54%	4	91.35%	39.93%	16.73%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+0.49%	+0.52%	13	95.54%	75.74%	68.68%	4	91.35%	37.91%	17.47%
Exclude Caterpillar 793F NR 1	1	100% завершено	+1.97%	+1.39%	12	96.25%	84.03%	76.39%	4	91.35%	42.39%	18.20%
Exclude Caterpillar 994 NR1	1	100% завершено	+1.47%	-37.50%	12	93.87%	58.05%	52.91%	3	91.32%	41.31%	15.17%
Exclude Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+1.14%	+0.63%	11	96.51%	80.95%	80.95%	4	91.35%	44.80%	17.57%
Exclude Caterpillar 994 NR1	1	100% завершено	+0.89%	-37.50%	11	93.83%	62.30%	56.99%	3	91.32%	43.04%	14.83%
Exclude Komatsu P844100 NR7	1	100% завершено	+2.94%	-2.01%	13	95.87%	80.56%	72.88%	3	91.37%	53.50%	25.39%
Exclude Caterpillar 994 NR1	1	100% завершено	+0.21%	-37.50%	13	93.54%	52.74%	47.40%	3	91.32%	36.03%	14.70%
Exclude Komatsu HD1500-7 NR1	1	100% завершено	+1.12%	-4.56%	12	95.74%	78.36%	71.38%	4	91.35%	39.63%	16.69%

Также любой шаг может быть сохранён как отдельный сценарий для дальнейшего использования.

Шаг	Репликации	Статус	Отклонение о...	Отклонение о...	Кол-во самос...	Доступность с...	КИО самосва...	Эффективный...	Кол-во экскав...	Доступность э...	КИО экскават...	Эффект
OpenPit simple fleet sizing scenario	1	100% завершено	-83,54%	-73,69%	2	96,37%	97,46%	91,26%	2	91,30%	99,64%	6,79%
Fleet sizing study	1	100% завершено	-83,54%	-73,69%	2	96,37%	97,46%	91,26%	2	91,30%	99,64%	6,79%
No modifications	1	100% завершено	-83,54%	-73,69%	2	96,37%	97,46%	91,26%	2	91,30%	99,64%	6,79%
Duplicate truck Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	-83,54%	-48,19%	3	96,18%	97,51%	91,56%	2	91,30%	99,71%	9,32%
Duplicate truck Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	-66,46%	-37,50%	4	96,13%	96,62%	90,19%	2	91,31%	99,61%	12,16%
Duplicate truck Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	-35,37%	-37,50%	5	96,18%	96,53%	89,35%	2	91,31%	99,52%	15,26%
Duplicate truck Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	-21,04%	-37,50%	6	95,79%	88,36%	81,39%	2	91,32%	94,00%	16,69%
Duplicate truck Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	-21,04%	-37,50%	7	95,21%	76,54%	70,15%	2	91,33%	86,75%	16,69%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	-5,53%	-37,50%	8	95,16%	79,16%	72,49%	2	91,33%	86,80%	20,61%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+1,52%	-37,50%	9	95,00%	76,49%	69,93%	2	91,33%	80,03%	22,84%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+2,52%	-37,50%	10	94,79%	72,79%	66,44%	2	91,33%	75,16%	24,58%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+2,18%	-37,50%	11	94,57%	68,95%	62,80%	2	91,33%	70,26%	25,93%
Duplicate truck Caterpillar 994 NP1	1	100% завершено	+2,52%	-29,04%	10	95,25%	79,02%	72,28%	3	91,32%	55,51%	18,30%
Duplicate excavator Caterpillar 994 NP1	1	100% завершено	+2,52%	-29,04%	10	95,25%	79,02%	72,28%	4	91,32%	41,64%	13,73%
Duplicate excavator Komatsu PB44100 NP7	1	100% завершено	-3,41%	-16,41%	10	95,62%	80,88%	74,23%	4	91,32%	42,05%	14,13%
Duplicate excavator Komatsu PB44100 NP7	1	100% завершено	-3,41%	-16,41%	10	95,62%	80,88%	74,23%	5	91,31%	33,64%	11,30%
Duplicate truck Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	-4,46%	-19,16%	11	94,99%	71,75%	65,56%	4	91,32%	38,36%	13,53%
Duplicate excavator Caterpillar 994 NP1	1	100% завершено	-3,41%	-16,41%	10	95,62%	80,88%	74,23%	5	91,31%	33,64%	11,30%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+0,21%	-10,82%	11	95,53%	79,99%	73,25%	4	91,35%	40,87%	15,52%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+1,17%	-4,39%	12	95,78%	78,47%	71,54%	4	91,35%	39,93%	16,73%
Duplicate truck Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+0,49%	+0,52%	13	95,54%	75,74%	68,68%	4	91,35%	37,91%	17,47%
Exclude Caterpillar 793F NP 1	1	100% завершено	+1,97%	+1,39%	12	96,25%	84,03%	76,39%	4	91,35%	42,39%	18,20%
Exclude Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+1,14%	+0,63%	11	96,51%	88,93%	80,95%	4	91,35%	44,80%	17,57%
Exclude Caterpillar 994 NP1	1	100% завершено	+0,99%	-37,50%	11	93,87%	62,30%	56,89%	3	91,32%	43,04%	14,83%
Exclude Komatsu PB44100 NP7	1	100% завершено	+2,94%	-2,01%	13	95,97%	80,56%	72,89%	3	91,37%	53,50%	25,39%
Exclude Caterpillar 994 NP1	1	100% завершено	+0,21%	-37,50%	13	93,54%	52,74%	47,90%	3	91,32%	36,03%	14,70%
Exclude Komatsu HD1500-7 NP1	1	100% завершено	+1,12%	-4,56%	12	95,74%	78,36%	71,38%	4	91,35%	39,63%	16,69%

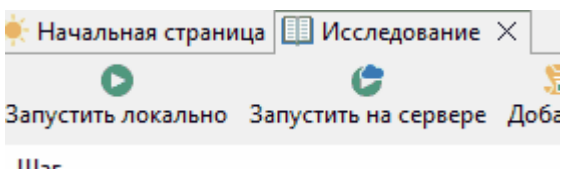
3.4. Настройка количества репликаций

1. Укажите количество репликаций (запусков) для выбранного шага.
2. Каждая репликация использует собственную случайную последовательность чисел.
3. Включите опцию **Показать репликации**, чтобы видеть значения всех отдельных репликаций.

Шаг	Репликации	Статус	Всего руды до...	Всего ГПР доб...	Всего добыто, т	Кол-во самос...	КИО самосва...	Эффективный...	Доля времени...	Кол-во ПД
Demo scenario Underground	5	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13

3.5. Запуск расчётов

Выберите способ выполнения расчётов:



- **Запустить локально** — запуск на локальной машине
- **Запустить на сервере** — расчёты на сервере MineTwin

Серверный режим существенно снижает нагрузку на компьютер пользователя при большом объеме задач.

1. Нажмите **Запустить локально** или **Запустить на сервере**.
2. Отслеживайте статус выполнения в соответствующей колонке таблицы.
3. Можно переключиться в другой режим (например, редактирование сценария), не дожидаясь завершения расчётов. Они продолжатся в фоновом режиме, а результаты будут доступны при возвращении.

Шаг	Репликации	Статус
▼ Demo scenario Underground	1	Не запущен
▼ Duplicate tons in stopes	1	Не запущен

Любое исследование можно сохранить и открыть позднее. Если расчёты производятся на сервере, исследование можно сохранить даже до завершения всех расчётов по шагам. После открытия уже рассчитанные результаты будут автоматически загружены с сервера.

Шаг	Репликации	Статус	Всего руды до...	Всего ГПР доб...	Всего добыто, т	Отклонение о...	Отклонение о...	Кол-во самос...	Доступност
▼ OpenPit simple fleet sizing scenario	10	100% завершено	131 416	210 191	341 608	-83,57%	-73,73%	2	96,21%
Seed 0, id BLV-863-XFQ	1	100% завершено	131 651	210 463	342 114	-83,54%	-73,69%	2	96,37%
Seed 1, id GQT-451-AWC	1	100% завершено	131 651	210 463	342 114	-83,54%	-73,69%	2	96,37%
Seed 2, id CQA-921-NQP	1	100% завершено	131 280	210 463	341 743	-83,59%	-73,69%	2	96,23%
Seed 3, id GBV-249-UHN	1	100% завершено	131 280	209 836	341 116	-83,59%	-73,77%	2	96,09%
Seed 4, id QGS-437-STM	1	100% завершено	131 404	210 463	341 867	-83,57%	-73,69%	2	96,26%
Seed 5, id LWM-562-QAD	1	100% завершено	131 157	209 836	340 993	-83,61%	-73,77%	2	96,05%
Seed 6, id 488-EDH-942	1	100% завершено	131 527	209 627	341 154	-83,56%	-73,80%	2	96,13%
Seed 7, id AJO-806-PFG	1	100% завершено	131 280	210 463	341 743	-83,59%	-73,69%	2	96,23%
Seed 8, id MSV-454-QIX	1	100% завершено	131 527	209 836	341 363	-83,56%	-73,77%	2	96,17%
Seed 9, id QZF-520-VMJ	1	100% завершено	131 404	210 463	341 867	-83,57%	-73,69%	2	96,26%

3.6. Просмотр и анализ результатов

Результаты отображаются в таблице шагов. Для настройки отображаемых колонок нажмите кнопку **Показатели**:

Шаг	Репликации	Статус	Всего руды доб...	Всего ГТР доб...	Всего добыто, т	Кол-во самос...	КИО самосв...	Эффективный...	Доля времени...	Кол-во ГЦДМ ...	КИО ГЦДМ	Эффективный...	Доля времени...	Кол-во СБУ	КИО СБУ, %	Эффективный...
Demo scenario Underground	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,38%	14	36,50%	36,50%
Duplicate tons in stopes	1	100% завершено	391 805	0	391 805	9	31,52%	18,88%	40,11%	13	71,67%	65,11%	9,15%	14	26,70%	26,70%

Колонки показателей, включая добавленные через кнопку **Показатели**, можно перетаскивать мышью за заголовок, меняя их последовательность.

Щёлкните правой кнопкой мыши по шагу и выберите **Показать результаты детально**:

Начальная страница Сравнение результатов Исследование

MO MO ± σ MO ± 95%ДИ Диапазон 95% дов. инт.

Показатели	Demo scenario...
Simulated time	720
Duration in milliseconds	21,3K
Errors count	0
Completed fraction	1,00
Scenario name	Demo scenario ...
Scenario description	
Random seed	0,00
Total time	720
Days	30
Months	1
Production tons	290 152
Development tons	0
Development volume	0
Production volume	0
Total tons	290 152
Total planned tons	450 000
Production plan	450 000
Development plan	0
Production volume plan	155 536
Development volume plan	0
Production plan fulfillment	-35,52%
Development plan fulfillment	+0,00%
Planned vs actual total development mass c	+0,00%
Planned vs actual total development volum	+0,00%
Planned vs actual total mass deviation	-35,52%
Planned vs actual total volume deviation	-100,00%
Processing plant working time fraction	+64,48%
Actual substance development mass cumu	0
Actual substance mass cumulative	14 508
Planned vs actual substance development r	0
Planned vs actual substance mass deviation	-35,52%
Planned substance mass cumulative	22 500
Average WIP	60 542
Average production WIP	60 542
Average production lead time	5,64
Average tonnes hauled per day	9 671,75
Average Lead Time	5,64
Average Development WIP	0
Average Development Lead Time	0,00
> Total costs	1,02K
> Zones	
> Routes	
> Stoppages	
> Overall	
> Trucks	

Если у шага есть несколько репликаций, то на панели инструментов можно выбрать режим отображения результатов:

Начальная страница Сравнение результатов Исследование

MO MO ± σ MO ± 95%ДИ Диапазон 95% дов. инт.

Показатели	Demo scenario Underground
Simulated time	720
Duration in milliseconds	23,8K
Errors count	0
Completed fraction	1,00
Scenario name	Demo scenario Underground, ...
Scenario description
Random seed	2,00
Total time	720
Days	30
Months	1
Production tons	290 152
Development tons	0
Development volume	0
Production volume	0
Total tons	290 152
Total planned tons	450 000
Production plan	450 000
Development plan	0
Production volume plan	155 536
Development volume plan	0
Production plan fulfillment	-35,52%
Development plan fulfillment	+0,00%
Planned vs actual total development mass c	+0,00%
Planned vs actual total development volum	+0,00%
Planned vs actual total mass deviation	-35,52%
Planned vs actual total volume deviation	-100,00%
Processing plant working time fraction	+64,48%
Actual substance development mass cumu	0
Actual substance mass cumulative	14 508
Planned vs actual substance development r	0
Planned vs actual substance mass deviation	-35,52%
Planned substance mass cumulative	22 500
Average WIP	60 542
Average production WIP	60 542
Average production lead time	5,64
Average tonnes hauled per day	9 671,75
Average Lead Time	5,64
Average Development WIP	0
Average Development Lead Time	0,00
> Total costs	1,02K
> Zones	
> Routes	
> Stoppages	
> Overall	
> Trucks	

Доступные режимы отображения:

- Только среднее значение
- Среднее ± стандартное отклонение

- Среднее \pm 95%-ый доверительный интервал
- Диапазон значений
- Только границы доверительного интервала

Как рассчитывается доверительный интервал:

Доверительный интервал позволяет определить диапазон, в котором с вероятностью 95% (уровень доверия) находится истинное среднее значение показателя, основанное на выборке. Для вычислений используется специальное статистическое распределение (t-распределение Стьюдента), которое учитывает объём выборки. Это особенно важно при небольшом числе наблюдений. Формула доверительного интервала выглядит так:

$$\text{Доверительный интервал} = \left[\bar{x} - t^* \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + t^* \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right]$$

где:

- \bar{x} — среднее значение по выборке,
- s — стандартное отклонение,
- n — количество наблюдений,
- t^* — коэффициент, зависящий от уровня доверия и объема выборки.

3.7. Отчёты

Каждый шаг также поддерживает генерацию отчета **Итоговый отчет по сценарию** через контекстное меню.

Шаг	Репликации	Статус	Всего руды до...	Всего ГТР доб...	Всего добыто, т	Кол-во самос...	КЮ самосса...	Эффективный...	Доля времени...	Кол-во ПДМ...	КЮ ПДМ	Эффективный...	Доля времени...	Кол-во СЕВ	КЮ СЕВ, %	Эффективный...	Доля
Demo scenario Underground	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,58%	14	36,50%	36,50%	0,00%
Constrains analysis study	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,58%	14	36,50%	36,50%	0,00%
No modifications	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,58%	14	36,50%	36,50%	0,00%
Remove equipment maintenance	1	100% завершено	291 561	0	291 561	9	26,00%	17,07%	34,55%	13	56,89%	50,82%	10,66%	14	36,44%	36,44%	0,00%
Remove assignments of all equipm	1	100% завершено	407 135	0	407 135	9	41,11%	27,73%	32,58%	13	76,14%	64,53%	15,23%	14	52,20%	52,20%	0,00%
Duplicate tons in stopes	1	100% завершено	391 805	0	391 805	9	31,52%	18,88%	40,11%	13	71,67%	65,11%	9,15%	14	26,70%	26,70%	0,00%
Duplicate number of trucks	1	100% завершено	301 280	0	301 280	18	16,26%	9,20%	43,40%	13	58,68%	52,01%	11,37%	14	37,31%	37,31%	0,00%
Duplicate number of loaders	1	100% завершено	293 005	0	293 005	9	27,13%	17,80%	34,39%	26	28,58%	25,40%	11,11%	14	36,33%	36,33%	0,00%
Duplicate horizontal drilling machi	1	100% завершено	296 039	0	296 039	9	27,10%	17,59%	36,19%	13	58,34%	51,74%	11,51%	22	22,82%	22,82%	0,00%
Duplicate vertical drilling machini	1	100% завершено	315 659	0	315 659	9	26,28%	16,54%	37,05%	13	59,84%	53,41%	10,74%	20	25,71%	25,71%	0,00%
Duplicate number of chargers	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,58%	14	36,50%	36,50%	0,00%
Allow passage of unmined stopes	1	100% завершено	359 783	0	359 783	9	36,61%	25,77%	29,61%	13	68,26%	60,32%	11,62%	14	43,48%	43,48%	0,00%
Duplicate capacity of cross-docks	1	100% завершено	306 189	0	306 189	9	27,08%	19,66%	26,66%	13	58,06%	51,17%	11,88%	14	38,32%	38,32%	0,00%
Duplicate capacity of ore passes	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,58%	14	36,50%	36,50%	0,00%
Duplicate target plan	1	100% завершено	290 152	0	290 152	9	25,94%	16,96%	34,61%	13	57,75%	51,64%	10,58%	14	36,50%	36,50%	0,00%

Отчет создается как HTML-страница и может быть просмотрен в MineTwin. Также можно открыть отчёт в любом браузере (кнопка **Открыть в браузере** на панели инструментов).

- Удвоить количество самосвалов;
- Удвоить количество ПДМ;
- Удвоить количество горизонтальных СБУ;
- Удвоить количество вертикальных СБУ;
- Удвоить количество зарядных машин;
- Разрешить проезд по неотработанным выработкам;
- Удвоить вместимость точек перегруза;
- Удвоить вместимость рудоспусков;
- Удвоить целевой план добычи.

Точный состав доступных модификаций может меняться в зависимости от версии ПО.

По правому клику доступна команда **Отчет об анализе ограничений**, которая открывает HTML-отчёт в отдельной вкладке.

Отчёт содержит:

- раздел **Методика** с описанием методологии исследования;
- раздел **Результаты**;
- таблицу с колонками:
 - **Модификация**;
 - **Общий объём добычи и вскрыши**;
 - **Отклонение относительно базового сценария**;
 - **Описание модификации**.

Во вкладке отчёта доступны кнопки:

- **Открыть в браузере**;
- **Перевести**.

Подобные теоретические эксперименты позволяют проверить ключевые допущения модели. Исследование **Анализ ограничений** обычно является первым шагом к формированию реальных стратегий по повышению производительности. Оно обеспечивает целостное представление об ограничениях системы и выявляет сложные взаимосвязи в горных работах.

3.8.2. Исследование: Определение оптимального размера парка техники

Режим предназначен для подбора конфигурации мобильного оборудования, минимально необходимой для достижения целевого производственного плана.

После запуска:

1. рассчитывается сценарий **Без изменений**;
2. определяются **кластеры оборудования** — комбинации вида и типа оборудования, а также участков, на которые оно назначено;
3. выполняется первый **Кластерный анализ оборудования**;
4. в рамках кластерного анализа создаются сценарии:
 - **Дублирование единиц оборудования во всех кластерах**;
 - вариации этого сценария, где оборудование дублируется во всех кластерах, кроме одного;
5. система определяет, увеличение какого кластера даёт наибольший эффект;
6. вычисляет, сколько единиц оборудования нужно добавить;
7. генерирует новый сценарий с добавлением оборудования;
8. затем повторяет кластерный анализ.

Цикл продолжается до тех пор, пока не будет найдена конфигурация, позволяющая выполнить план как по руде, так и по вскрыше.

После достижения плана начинается этап исключения наименее загруженных единиц оборудования:

- после каждого исключения генерируется новый сценарий;
- если план перестаёт выполняться, такая ветка отбрасывается;
- если план сохраняется, исследование продолжается вглубь ветки с дальнейшим исключением оборудования;
- процесс продолжается до достижения тупика.

Весь процесс отображается в виде иерархической таблицы с ветвлением шагов исследования.

Каждый **Кластерный анализ оборудования** формирует отдельный HTML-отчёт. Отчёт содержит:

- базовое значение ограничивающего выполнения плана;
- теоретический максимум, достигаемый при дублировании оборудования во всех кластерах;
- список кластеров;
- количество единиц в кластере;
- оценку абсолютного потенциала улучшения;
- оценку потенциала улучшения на одну единицу;
- итоговую рекомендацию по изменению парка.

Всё исследование определения оптимального размера парка техники также формирует отдельный итоговый HTML-отчёт.

- шаг изменения.

В диалоге также показывается, сколько сценариев будет сгенерировано.

После нажатия **ОК** автоматически создаются необходимые сценарии. Такой запуск формирует **одноосевое исследование**.

Доступны оси варьирования для разных видов оборудования, в том числе:

- самосвалов;
- ПДМ;
- буровых машин;
- зарядных машин;
- погрузчиков и др.

Добавление второй оси варьирования

Чтобы добавить вторую и последующие оси по другому виду оборудования, необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по исследованию и выбрать из контекстного меню **Добавить ось варьирования**. Появится диалоговое окно, аналогичное окну для одноосевого исследования.

Чтобы добавить вторую ось по другому параметру или создать ось по параметру, не связанному с количеством оборудования, необходимо:

1. перейти в режим редактора;
2. открыть вкладку, где расположен нужный параметр;
3. нажать кнопку со значком книги справа от параметра;
4. в открывшемся окне указать охват и шаг варьирования;
5. выбрать, применять изменения ко всем единицам оборудования или только к конкретной единице;
6. при необходимости включить флаг использования параметра как второй оси;
7. выбрать из выпадающего списка существующее одноосевое исследование, к которому будет добавлена новая ось.

Таким образом:

- первая ось может создаваться через режим **Исследование** как исследование по количеству оборудования, либо через редактор для варьирования значений параметров, не связанных с количеством оборудования;
- вторая ось может добавляться из режима **Исследование** для варьирования количеством оборудования, либо из редактора через параметры объекта для варьирования его значением.

Имя	Репликации	Статус	Всего руды доб...	Всего ГТМ доб...	Всего добыто, т	Отклонение о...	Отклонение о...	Кол-во самос...	КЮ самосва...	Эффективный...	Доля времени...	Кол-во ПЦМ...	КЮ ПЦМ	Эффективный...	Доля вре...
Демо-испытание Underground	1	100% завершено	2 321	0	2 321	88,92%	200%	9	21,49%	13,92%	33,24%	13	22,90%	18,18%	20,62%

Отчёты исследований варьирования

Для одноосевого и двухосевого исследования формируются разные HTML-отчёты.

Одноосевой отчёт содержит:

- описание исследуемого параметра;
- общее количество экспериментов и репликаций;
- таблицу корреляций с колонками:
 - **Независимый параметр;**
 - **Зависимый показатель;**
 - **Достаточно ли данных;**
 - **Характер корреляции;**
 - **Коэффициент корреляции Спирмена;**
- текстовые выводы по найденным зависимостям;
- графики зависимостей для показателей, по которым найдена корреляция или подтверждено её отсутствие.

Двухосевой отчёт содержит:

- описание двух варьируемых параметров;
- общее количество экспериментов и репликаций;
- таблицы и визуализации в виде тепловой карты влияния параметров на ключевые показатели.

В двухосевых отчётах анализируются:

- **общий объём добычи;**
- **объём добычи руды;**

- **объём вскрыши;**
- **выполнение плана по добыче;**
- **выполнение плана по вскрыше;**
- **ограничивающее выполнение плана.**

3.9. Заключение

Режим "**Исследование**" предоставляет мощный инструмент для оценки стратегий, выявления ограничений и принятия обоснованных решений.

Благодаря структурированным экспериментам и визуальному сравнению сценариев, режим служит полноценной системой поддержки принятия решений. Он помогает инженерам и аналитикам проверять гипотезы, измерять результаты и определять действия, оказывающие наибольшее влияние на эффективность.

Это ускоряет аналитический цикл и повышает уверенность в управленческих решениях.

3.9.1. Ключевые рабочие процессы

- **Создание исследований** на основе сценариев
- **Добавление ручных или автоматических модификаций** для анализа вариантов
- **Запуск расчётов локально или на сервере** с фоновым выполнением
- **Просмотр индивидуальных и агрегированных результатов**, включая статистические метрики
- **Сравнение сценариев**, в т.ч. с использованием базового режима
- **Создание отчётов** для шагов и всего исследования
- **Сохранение любого шага как отдельного сценария** и продолжение анализа с любого шага

Эти процессы направлены на максимальную аналитическую гибкость при минимизации ручных усилий.