



Цифровые технологии в СПб Гипрошахт

 Коряковцев Андрей Владимирович

 21.09.2021

Общая информация

Виды цифровых двойников



ПРОДУКТ (MES+ERP+ТОиР)

Продукт: содержит свойства готовой продукции, историю его производства.

Содержит **транзакционные данные**, такие как управление ресурсами (ERP), управление производством (MES), управление ремонтами (ТОиР).



VALUE



ПРОЦЕСС (Simulation Modeling)

Технологический процесс: содержит информацию о плановом и реальном времени выполнения операции, плановых и реальных технологических параметрах.

Данные реального времени: технологическая информация, данные датчиков, расходы ресурсов и т.п.



VALUE



ОБЪЕКТ (BIM)

Объект, сооружение, оборудование: содержит актуальную инженерную информацию взаимосвязанную с генпланом промышленной площадки.

Инженерные данные: техническая информация, характеризующая состояние производственных объектов, их компонентов, инженерных коммуникаций, оборудования КИПиА на различных стадиях жизненного цикла объекта (проектная, исполнительная, эксплуатационная)



VALUE

BIM стандарт Компании

BIM стандарт Компании построен на концепции OpenBIM. Стратегия OpenBIM универсальна и ориентирована на использование лучших в своей области специализированных программных продуктов выстраивающих концепцию BIM.

Цель:

- Регламент по BIM процессам
- Согласованный и утвержденный BIM процесс на уровне руководства
- Принятый BIM процесс к обязательному исполнению
- Внедрение BIM процесса в стандарты компании

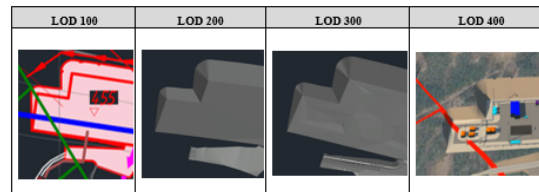
Используемые продукты:

- Autodesk Revit;
- Autodesk Plant 3D;
- Tekla
- Magicad for Revit
- Autodesk Civil 3D;
- Autodesk InRoads;
- Autodesk Recap
- Autodesk Navisworks;
- Solibri



Требования к информационным моделям

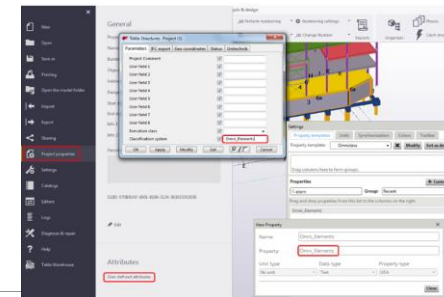
СОДЕРЖАНИЕ	
1 ВВЕДЕНИЕ	4
1.1 Назначение документа	4
1.2 Термины и определения	4
1.3 Участники процесса взаимодействия	6
1.3.1 Главный инженер проекта (далее) ГИП	6
1.3.2 Начальник отдела/Руководитель группы	6
1.3.3 Разработчик модели (по своему разделу)	6
1.3.4 Специалист ОИМ	6
1.4 Нормативные ссылки	7
2 СТАНДАРТЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ	7
2.1 Стандарты программного обеспечения	7
2.2 Общие требования к информационной модели	8
2.2.1 Требования к масштабу	8
2.2.2 Атрибутивность	8
2.2.3 Структура модели	9
2.2.4 Языковые требования	9
2.2.5 Единицы измерения	9
2.2.6 Пространственное расположение и координация	10
2.3 Требования по оформлению наименований проектной документации	10
2.3.1 Наименование шифра проекта/объекта/файлов	10
2.3.2 Наименование ПРОЕКТА в системе Pilot-ice	11
2.3.3 Наименование ОБЪЕКТА в системе Pilot-ice	11
2.3.4 Наименование файлов информационных моделей	12
2.4 Уровень детализации LOD	13
2.4.1 Требования к LOD	13
2.4.2 Требования к геометрии	14
2.5 Требования к форматам файлов моделей. Формат IFC	14
3 ПРОЦЕДУРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	20
3.1 Общие	20
3.2 Обмен информацией между участниками	20



Исключения	Исключение
Гидроизоляция	Исключение
Плоскостная	Исключение
Крепежный элемент	Исключение

ЭЛЕМЕНТ	КЛАСС
Здание	Исключение
Стена	Исключение
Вытяжные системы	Исключение
Световые элементы витража	Исключение
Непрозрачные элементы витража	Исключение
Элементы каркаса витража	Исключение
Пластины	Исключение
Перекрытия	Исключение
Пол	Исключение
Потолок	Исключение
Отделка	Исключение

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
Описание: Существующий рельеф показывается как 2D-поверхность (плоскость) с примерными, средними отметками территории. В случае больших перепадов высот допускается наличие нескольких поверхностей (плоскостей) на разных уровнях.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Сформирована поверхность по точкам, горизонталам, третьюгольным, без сложных элементов рельефа и дополнительного релактирования. Допускается использование данных ДЗЗ, находящихся в открытом доступе.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Отображены все сложные Поверх: допуст	Описание: Существующий рельеф отображается как набор 3D-поверхностей.
Тип объекта: 2D/3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность (старая фигура)	Тип объекта: 3D-поверхность
Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и отметки поверхности	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка
Применение: ТЭО, Примерные объекты	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО



Панель	Исключение
Проект панелей	Исключение
Отражение	Исключение
Балки	Исключение
Колонны	Исключение
Крыша	Исключение
Мебель	Исключение
Виртуальный транспорт	Исключение

ЭЛЕМЕНТ	КЛАСС
Трубы	Исключение
Воздуховоды	Исключение
Провода, отопительно и т.д.	Исключение
Короба, лотки, кабель-каналы	Исключение
Соединительные элементы трубопроводов	Исключение
Соединительные элементы воздуховодов	Исключение
Соединительные элементы систем электроснабжения	Исключение
Соединительные элементы лотков и коробов	Исключение
Кабельные распределительные коробки	Исключение

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
Описание: Существующий рельеф показывается как 2D-поверхность (плоскость) с примерными, средними отметками территории. В случае больших перепадов высот допускается наличие нескольких поверхностей (плоскостей) на разных уровнях.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Сформирована поверхность по точкам, горизонталам, третьюгольным, без сложных элементов рельефа и дополнительного релактирования. Допускается использование данных ДЗЗ, находящихся в открытом доступе.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Отображены все сложные Поверх: допуст	Описание: Существующий рельеф отображается как набор 3D-поверхностей.
Тип объекта: 2D/3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность (старая фигура)	Тип объекта: 3D-поверхность
Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и отметки поверхности	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка
Применение: ТЭО, Примерные объекты	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
Описание: Существующий рельеф показывается как 2D-поверхность (плоскость) с примерными, средними отметками территории. В случае больших перепадов высот допускается наличие нескольких поверхностей (плоскостей) на разных уровнях.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Сформирована поверхность по точкам, горизонталам, третьюгольным, без сложных элементов рельефа и дополнительного релактирования. Допускается использование данных ДЗЗ, находящихся в открытом доступе.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Отображены все сложные Поверх: допуст	Описание: Существующий рельеф отображается как набор 3D-поверхностей.
Тип объекта: 2D/3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность (старая фигура)	Тип объекта: 3D-поверхность
Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и отметки поверхности	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка
Применение: ТЭО, Примерные объекты	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО

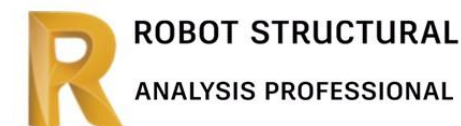
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
Описание: Существующий рельеф показывается как 2D-поверхность (плоскость) с примерными, средними отметками территории. В случае больших перепадов высот допускается наличие нескольких поверхностей (плоскостей) на разных уровнях.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Сформирована поверхность по точкам, горизонталам, третьюгольным, без сложных элементов рельефа и дополнительного релактирования. Допускается использование данных ДЗЗ, находящихся в открытом доступе.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Отображены все сложные Поверх: допуст	Описание: Существующий рельеф отображается как набор 3D-поверхностей.
Тип объекта: 2D/3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность (старая фигура)	Тип объекта: 3D-поверхность
Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и отметки поверхности	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка
Применение: ТЭО, Примерные объекты	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
Описание: Существующий рельеф показывается как 2D-поверхность (плоскость) с примерными, средними отметками территории. В случае больших перепадов высот допускается наличие нескольких поверхностей (плоскостей) на разных уровнях.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Сформирована поверхность по точкам, горизонталам, третьюгольным, без сложных элементов рельефа и дополнительного релактирования. Допускается использование данных ДЗЗ, находящихся в открытом доступе.	Описание: Существующий рельеф отображается как 3D-поверхность. Отображены все сложные Поверх: допуст	Описание: Существующий рельеф отображается как набор 3D-поверхностей.
Тип объекта: 2D/3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность	Тип объекта: 3D-поверхность (старая фигура)	Тип объекта: 3D-поверхность
Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и отметки поверхности	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка	Свойства: Слой, имя поверхности и средняя отметка
Применение: ТЭО, Примерные объекты	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО	Применение: ТЭО

1.2 BIM инструменты

Основное специализированное BIM ПО

Специализированные программные инструменты, поддерживающие технологию BIM (Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD Plant 3D, Autodesk Civil 3D, Tekla, Autodesk Robot, SAP 2000, IdeaStatica, ЛИРА/SCAD Office, RCAP, Autodesk Navisworks, Solibri, Lumion (визуализация) и пр.).



ВІМ. Использование программного обеспечения по специальностям

Наименование специальности	ПО		Описание	Сотрудники с квалификацией по ВІМ	Всего сотрудников
АР		Revit	Используется для всех стадий ПД, РД	7	8
КМ		Tekla Structures Steel	Используется для всех стадий ПД, РД	4-5	9
КЖ		Tekla Structures Concrete	Используется для всех стадий ПД, РД	2-3	10
КМД		Tekla Structures Steel	Используется для КД	27	29
ОВ		 MagiCAD for Revit,	Используется для ПД, РД для новых проектов	4	8
		 MagiCAD for AutoCAD	Используется для ПД, РД для корректировки старых проектов	8	
ТХ		Plant 3D (мокрое производство)	Используется для ПД, РД, детальный инжиниринг	8-10	18
		Revit (сухое производство)	Используется для ПД, РД		

ВІМ. Использование программного обеспечения для специальностям

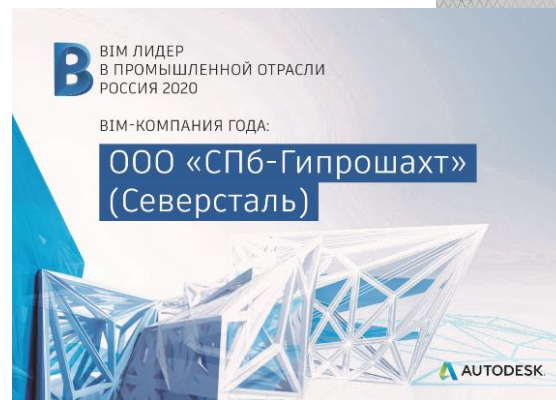
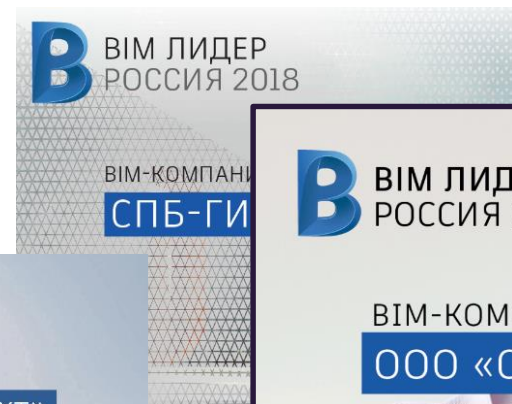
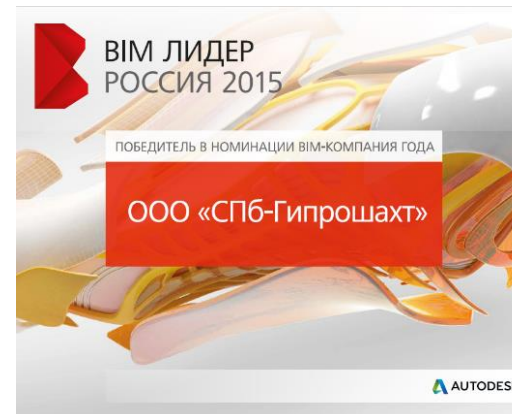
Наименование специальности	ПО	Описание	Сотрудники с квалификацией по BIM	Всего сотрудников
ВК	 Revit	Используется для всех стадий ПД, РД при проектировании объектов ВК	4	6
	 AUTOCAD PLANT 3D Plant 3D (в части ТХ)	Используется для всех стадий ПД, РД, детальный инжиниринг	1	
	 AUTODESK CIVIL3D Civil 3D	Для проектирования внешних сетей (безнапорная канализация)	2	
РСХ	 Revit	Используется для всех стадий ПД, РД	2	6
	 AUTOCAD PLANT 3D Plant 3D	Используется для всех стадий ПД, РД		
ГПиТ	 AUTODESK INFRAWORKS  AUTODESK CIVIL3D Civil 3D + Infraworks	Генплан, дороги	2	10
ЭО/ЭМ/СС	 NanoCAD Электро, NanoCAD СКС	На стадии внедрения. Необходимо обучить персонал	5	23

BIM Лидер

Занимая одну из лидирующих позиций в развитии информационных технологий на рынке, обладая компетенциями в разных сферах и направлениях – СПб Гипрошахт защитил статус BIM-лидера компании (по версии Autodesk) 2021 года.

Устойчивый курс в развитии технологии в компании обеспечивает отдел информационного моделирования.

- ❑ Статус "BIM-лидер" получают отечественные компании и эксперты в области проектирования и строительства, которые не только добились выдающихся результатов в работе с помощью технологии BIM, но и, самое главное, готовы активно делиться своими знаниями с другими участниками строительного сообщества.
- ❑ BIM-лидеры - клуб, созданный по инициативе компании Autodesk, деятельность которого направлена на развитие практики применения технологии BIM в России. Взаимодействие с государством и вузами, разработка шаблонов и отраслевых стандартов, распространение знаний о практике и использовании технологии информационного моделирования - вот краткий перечень активностей, которые присуще BIM лидеру России.



Услуги по BIM

BIM в СПб Гипрошахт

BIM (building information modeling) – технология информационного моделирования в строительстве. Технологи BIM основана на организации данных в виде информационных моделей. Каждая модель это электронная копия строительного объекта.

Поддержку внедрения технологии выполняет отдел информационного моделирования. Координирует процесс разработки модели BIM-менеджер

Услуги для Клиента:



BIM проектирование

- Создание информационной 3D модели объекта с помощью специализированного программного обеспечения в процессе проектирования. Моделеориентированное проектирование. Модель является источником 2D документации



BIM моделирование

- Подъем (моделирование) 3D информационной модели объекта по 2D чертежам выполненного проекта. Моделирование компонентов модели. 2D документация является источником для получения информационной 3D модели.



BIM сопровождение

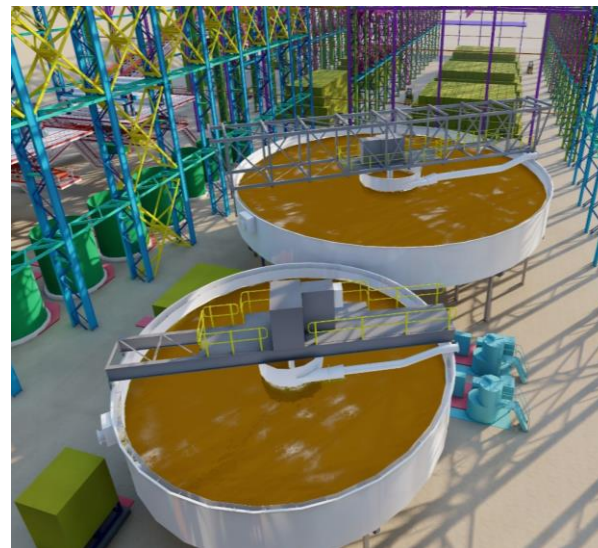
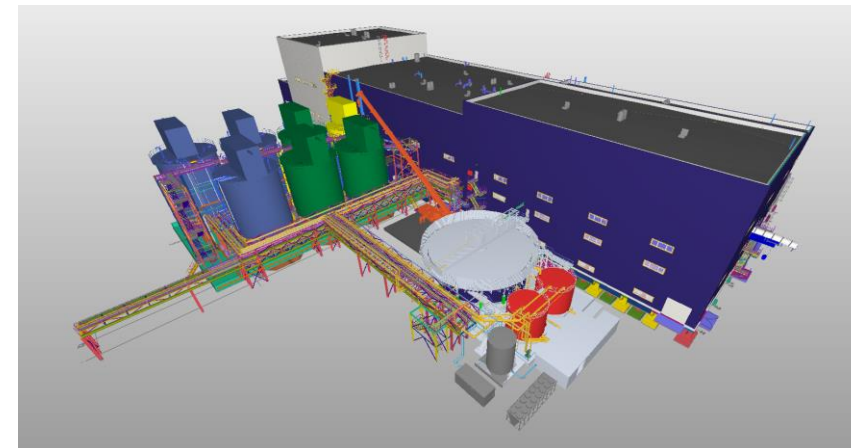
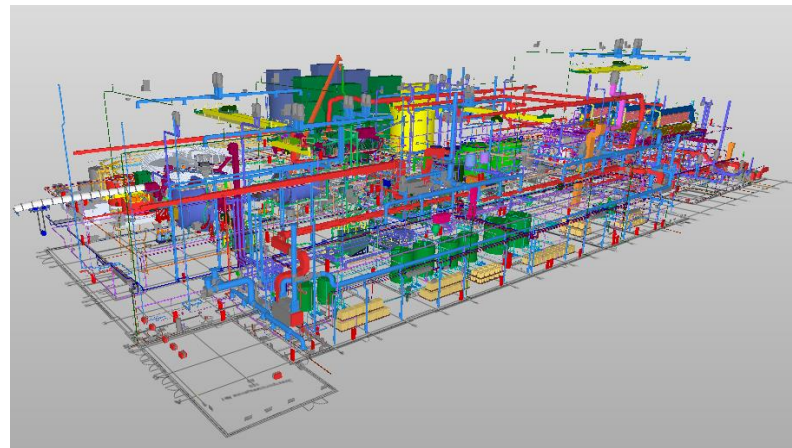
- Стандартизация, аналитика, координация, управление BIM проектом. Сопровождение проекта удаленной BIM командой.

BIM проектирование —

**это разработка BIM модели непосредственно в
процессе проектирования**



ВІМ модель

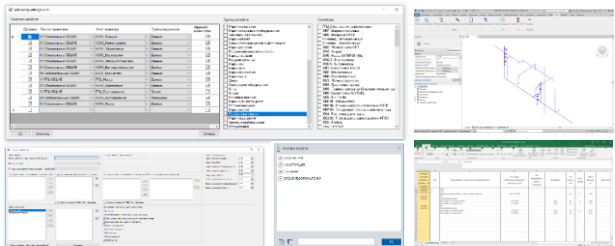


Автоматизация рутинных операций, с целью повышения качества производственных процессов.

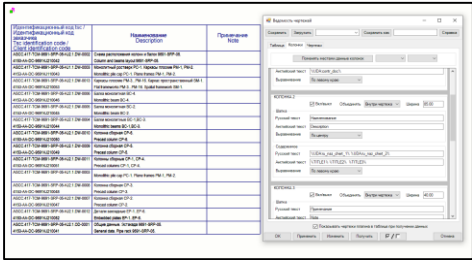
Костомизация
специализированного
ПО

Автоматизация работы
программных продуктов

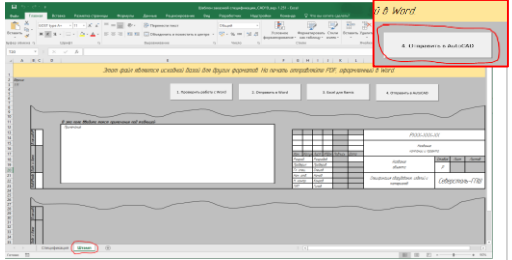
Лента ГПШ



Модуль «Ведомость чертежей» к ПО Tekla Structures



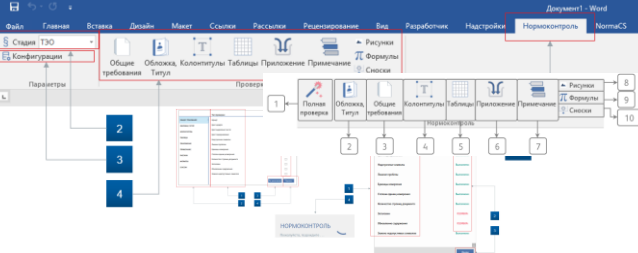
Экспорт спецификаций



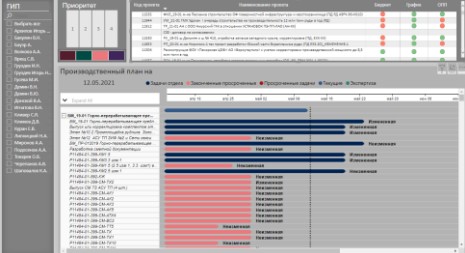
Автоматизация
рутинных бизнес
операций

Оптимизация и внедрение
инструментов управления

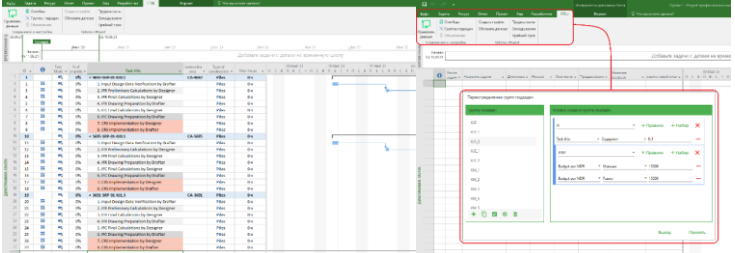
Текстовый нормоконтроль ПЗ



Дашборд ВПП (Power BI)



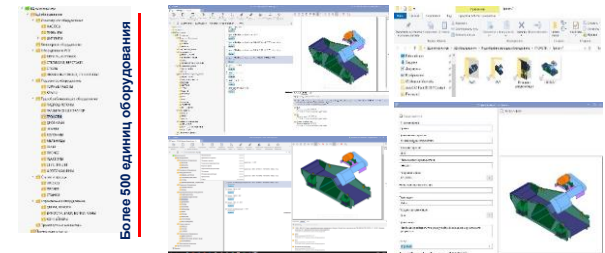
Оптимизация работы по планированию



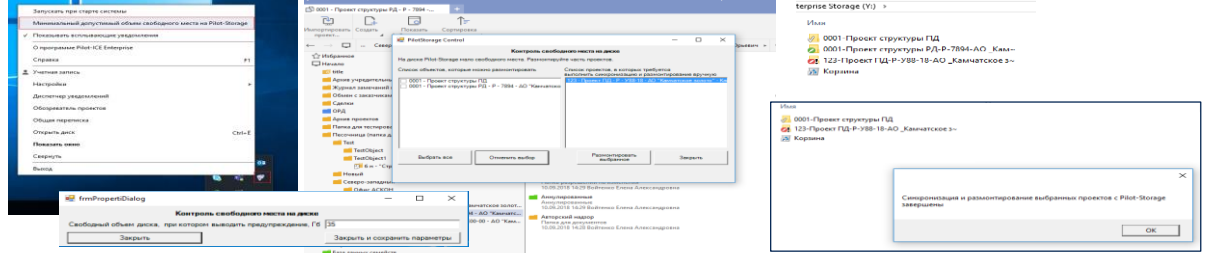
Оптимизация работы
СЭД

Доработка и развитие системы
электронного документооборота

База данных оборудования



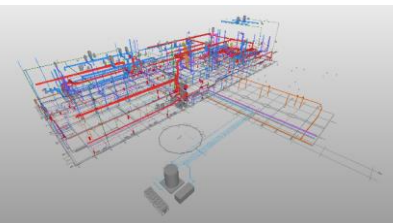
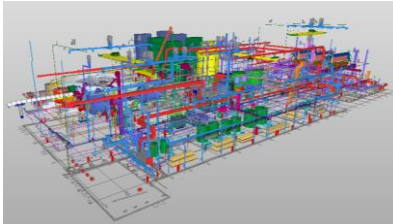
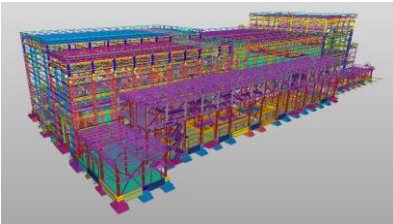
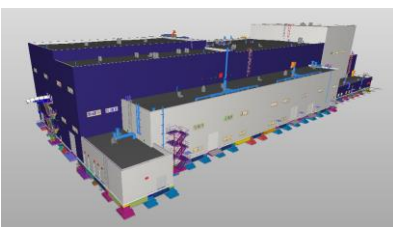
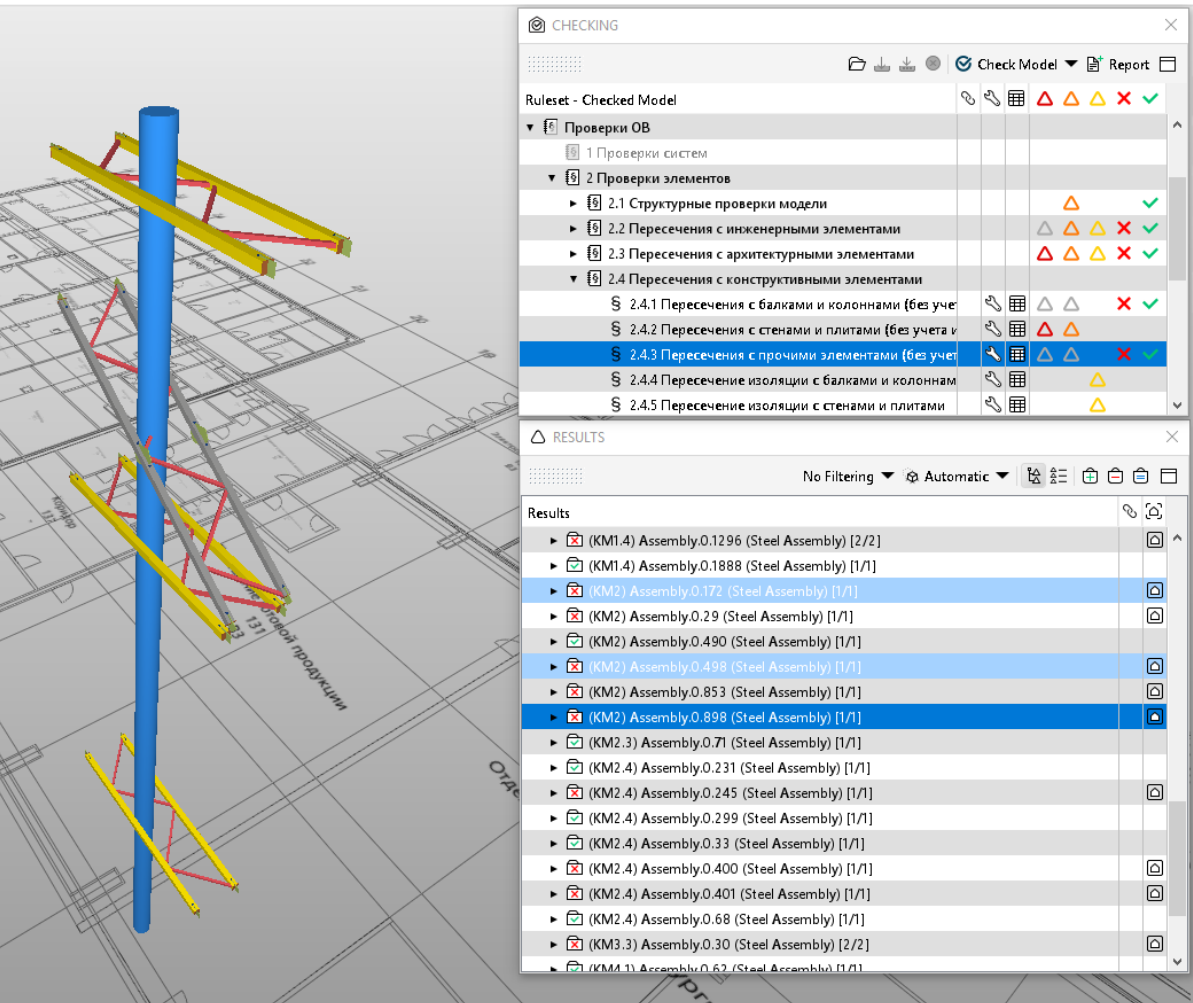
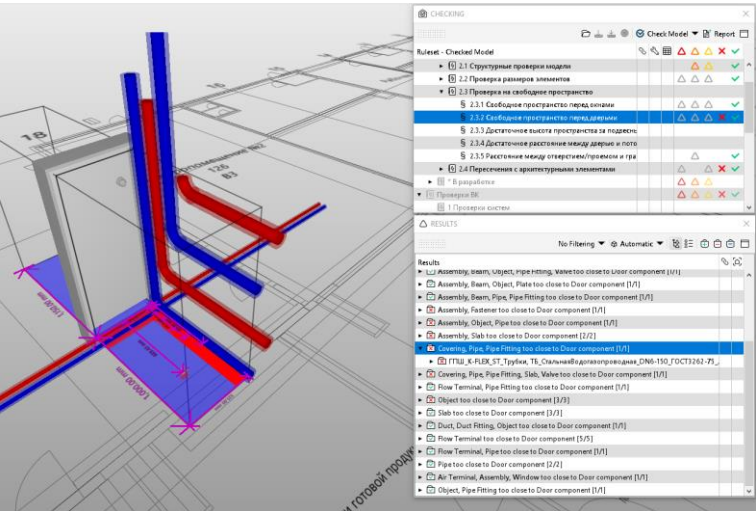
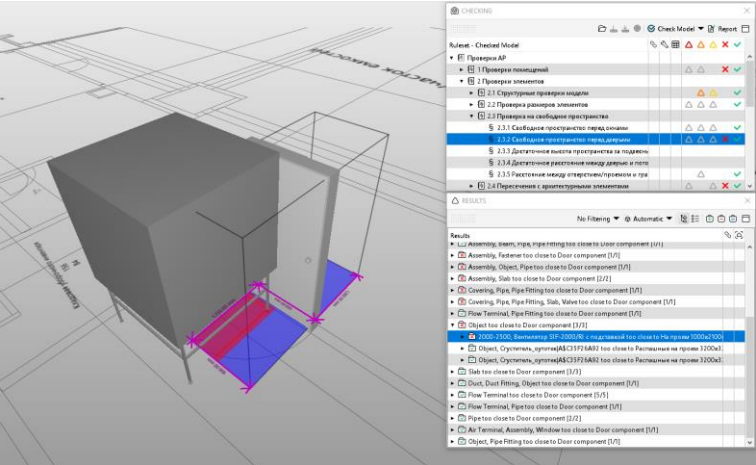
Упрощение алгоритмов работы СЭД



BIM Координация

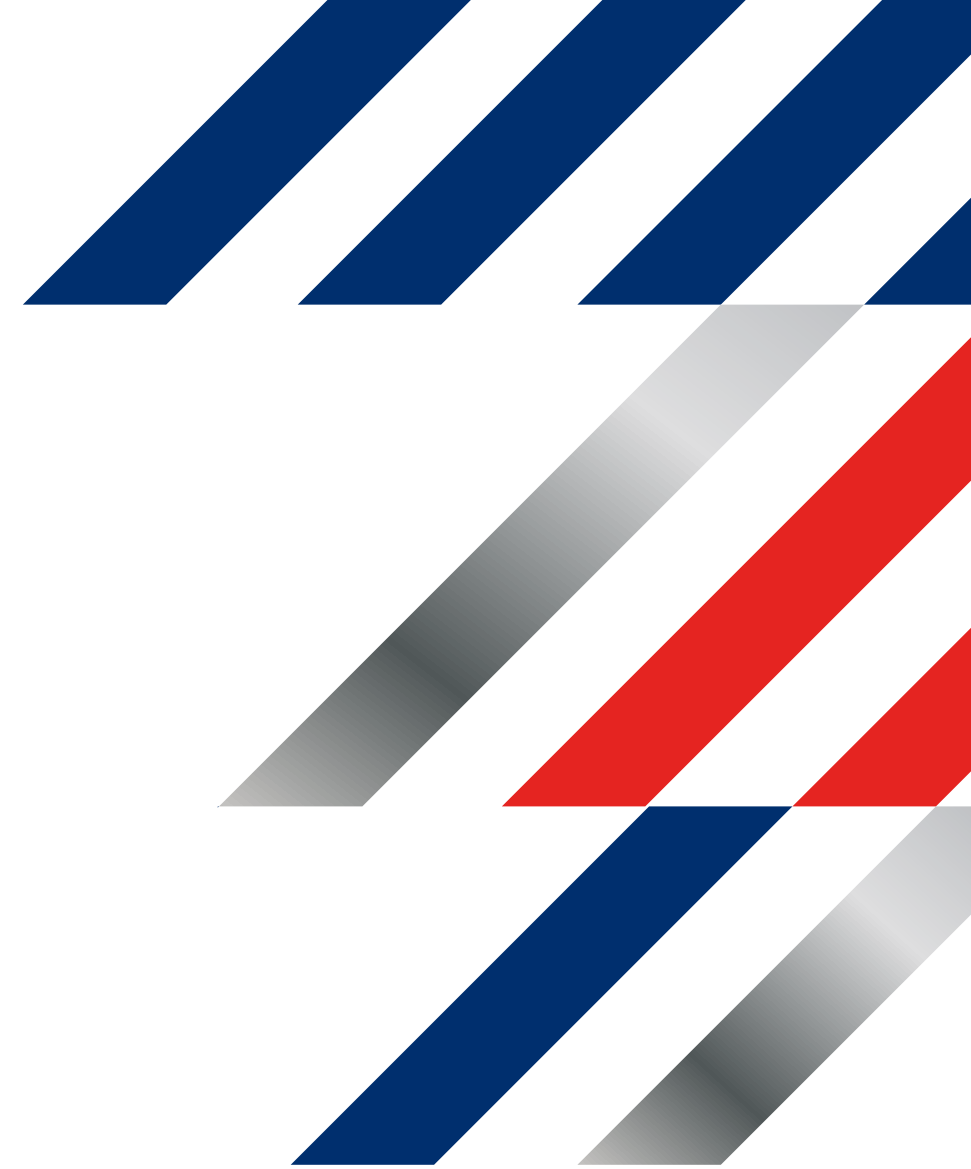


Благодаря слаженной координации по проекту, своевременному учету междисциплинарных коллизий, мы получили качественный продукт (информационная модель) в условиях удаленной работы. На примере рассмотрен комплекс работ по устранению коллизий в ПО Solibri. Поддержанием САПР и модернизацией технологии проектирования (CAD/BIM) в компании занимается отдел информационного моделирования.



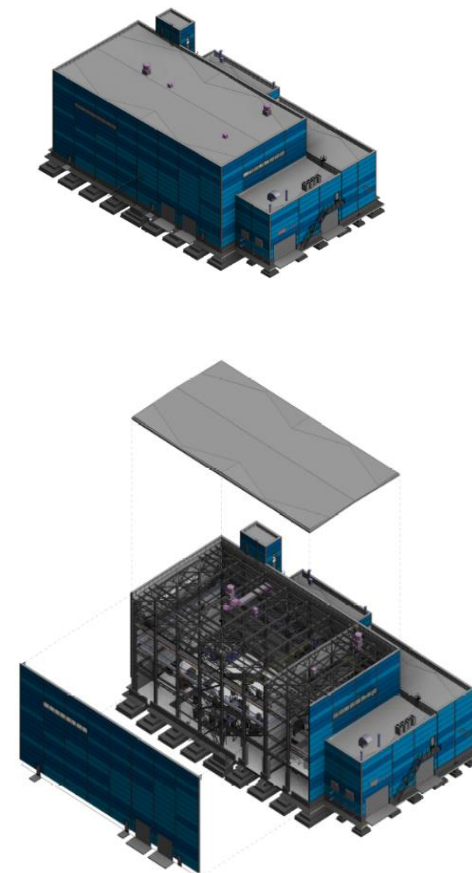
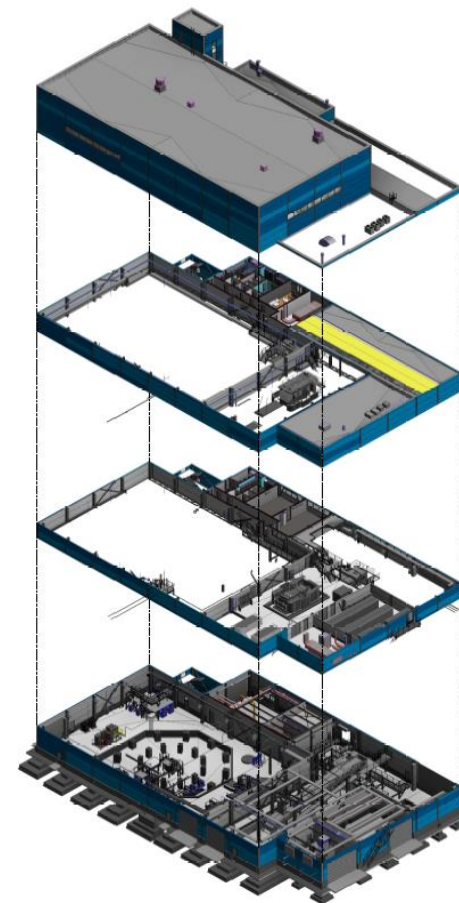
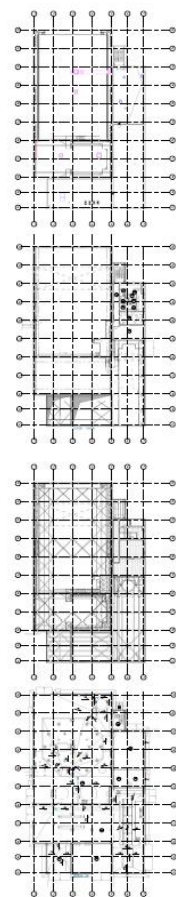
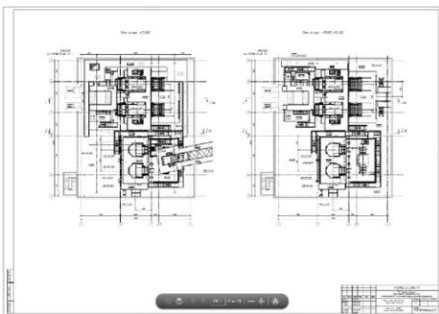
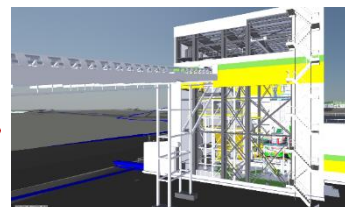
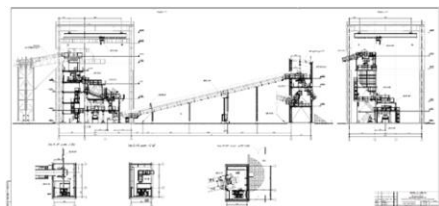
BIM моделирование –

это выполнение построения BIM-модели по чертежам или результатам лазерного сканирования



Подъём BIM модели по документации

2D → 3D

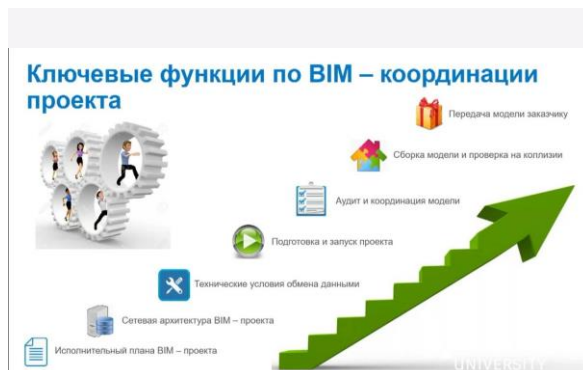




BIM сопровождение –
это сопровождение проекта Клиента удаленной
BIM командой



BIM сопровождение – это сопровождение проекта Клиента удаленной BIM командой в части: стандартизации, аналитики, координация, управления BIM проектом.



Координация по проекту Клиента

Внутренняя и внешняя координация проектирования на объекте Клиента. Сборка сводной модели, координация смежных специалистов\подрядчиков, проверка на коллизии. Формирование отчетов

Преимущества для Клиента:

- ❑ Квалифицированная, слаженная работа опытной BIM команды
- ❑ Использование наработанных инструментов автоматизации (скрипты, макросы, плагины)
- ❑ Использование профессионального ПО для координации без необходимости приобретения



Аудит и аналитика процессов компании

Рассмотрение текущих процессов и технических возможностей. Подготовка рекомендаций по реинжинирингу

Преимущества для Клиента:

- ❑ Квалифицированная, слаженная работа опытной BIM команды
- ❑ Аналитика на основе многолетнего опыта внедрения технологии в Компании
- ❑ Митигирование рисков после внедрения, за счет плавного изменения текущих процессов

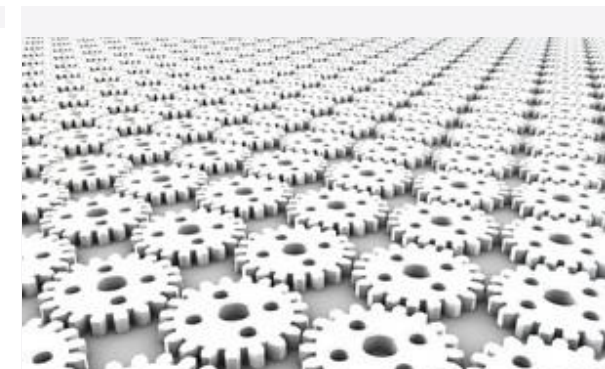


Обучение по желанию клиента

Проведение экспресс курсов для клиента по специализированным инструментам. подготовка методологических пособий

Преимущества для Клиента:

- ❑ Отсутствие необходимости увеличения штата сотрудников, как следствие увеличения ФОТ
- ❑ Получение экспресс обучения для базового понимания технологии BIM и связанных процессов
- ❑ Подготовка инструкций по использованию BIM моделям



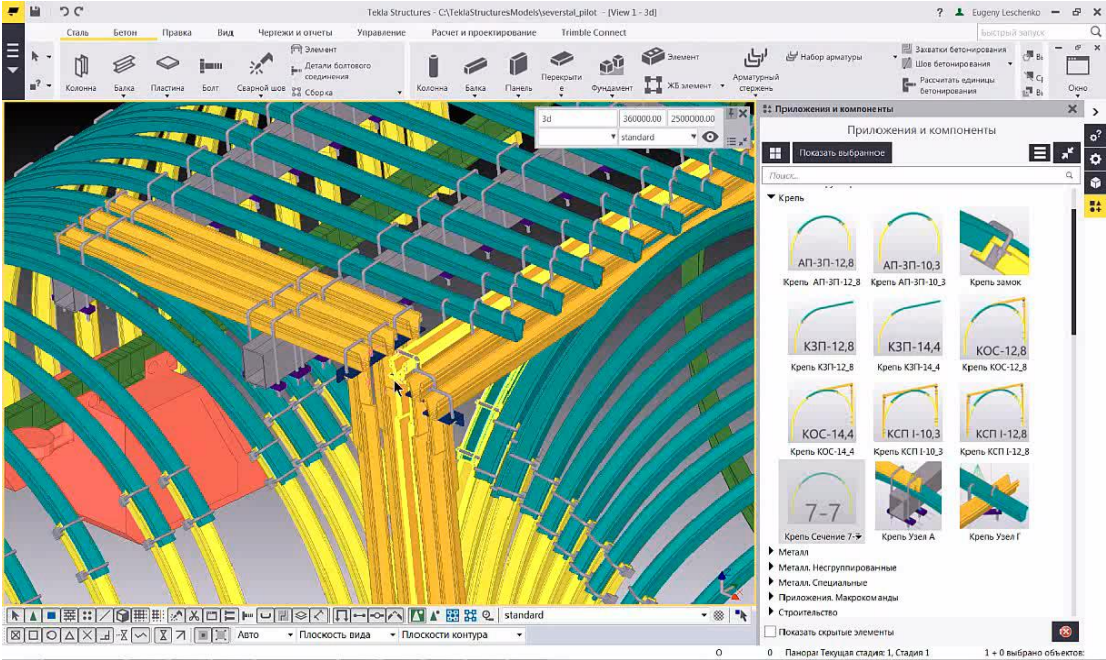
Разработка BIM документов по требованию Клиента (ТЗ, ВЕР, BIM регламент)

Подготовка документов для проведения тендерных процедур, формирование вспомогательных документов по BIM для контракта, помощь в стандартизации BIM в компании

Преимущества для Клиента:

- ❑ Квалифицированная, слаженная работа опытной BIM команды
- ❑ Использование согласованного шаблона ВЕР мирового уровня
- ❑ Формирование необходимых профильных документов. Внесение изменений в текущие.

Пример внедрения технологии. BIM – новый подход проектирования в подземном строительстве.

Задача	Используемое ПО	Стадия проектирования	Результат
Моделирование подземных выработок с составлением плана		ТЭО	
Моделирование конструкций		ПД/РД	
Выпуск чертежей и спецификаций		ПД/РД	

ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ



Обогащительная фабрика

1. Услуги предоставленные Клиенту:

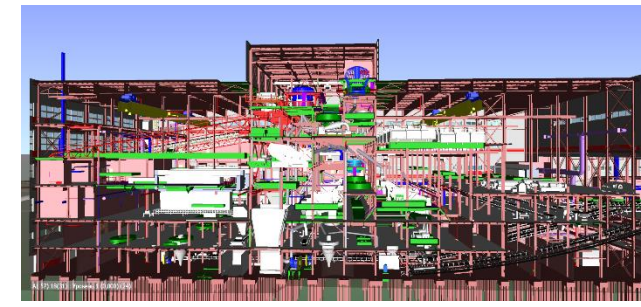
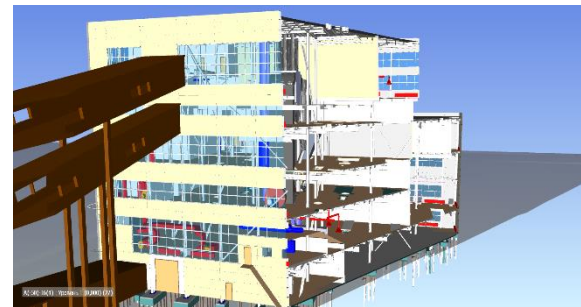
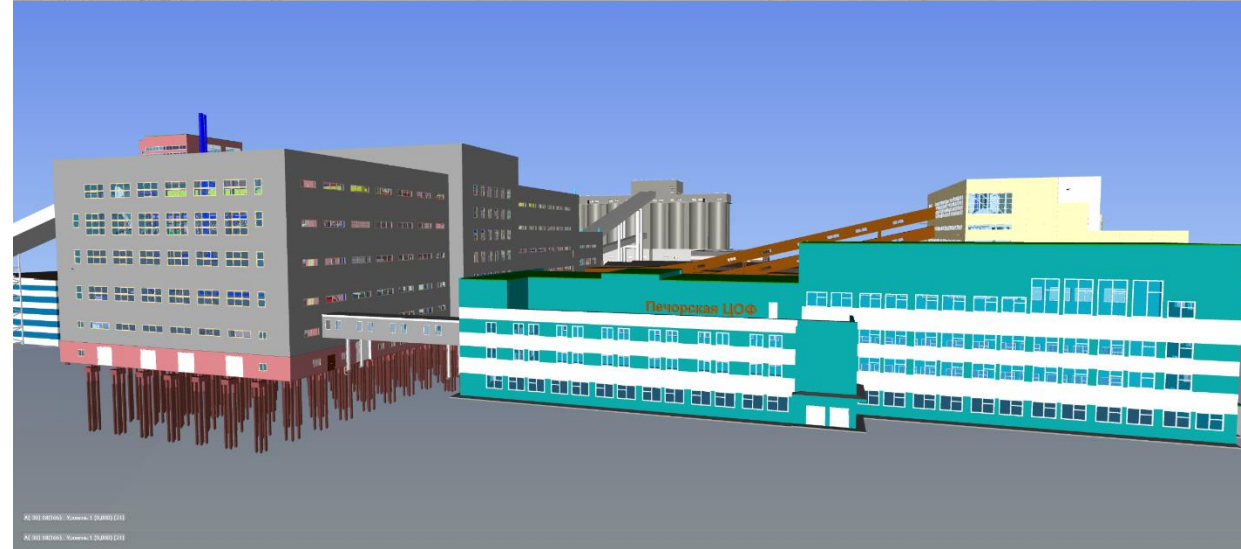
- ☐ BIM проектирование;

- ☐ BIM моделирование;

2. Особенности проекта:

- ☐ Первый BIM проект в Компании

- ☐ Практически все разделы были разработаны в BIM



Месторождение золота

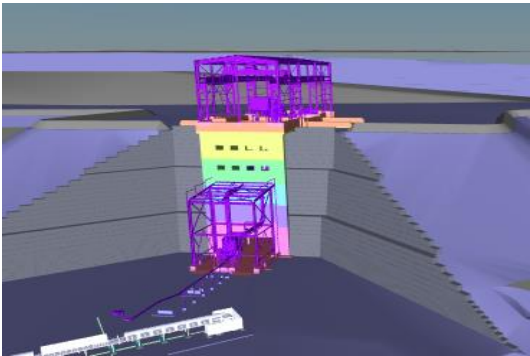
1. Услуги предоставленные Клиенту:

- ❑ BIM проектирование;
- ❑ BIM моделирование;

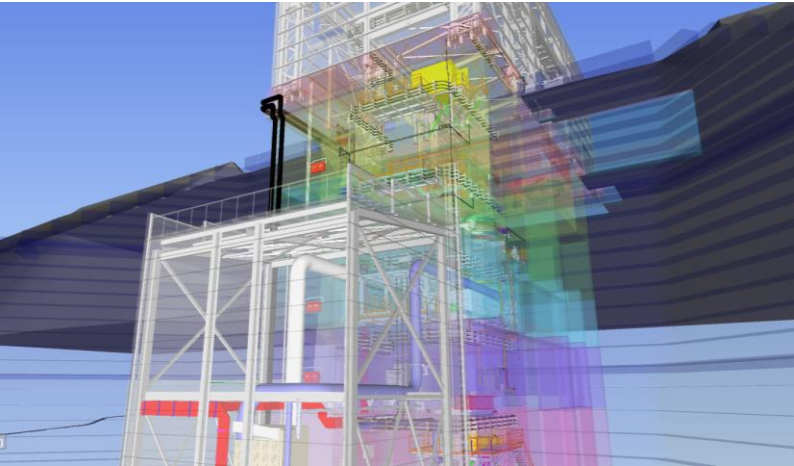
2. Особенности проекта:

- ❑ Первый инфраструктурный объект выполненный в BIM
- ❑ Стадии ТЭО, ПД, РД
- ❑ 4D планирование в Navisworks Manage

TimeLiner						
Задачи Источники данных Настройка Моделирование						
Добавить задачу Присоединить						
Актив ная	Имя	Стату с	Планируемое начало	Планируемое завершение	Фактическое начало	Фактическо е окончание
☒	Pouring concrete section 4		10.06.2017	11.06.2017	10.06.2017	11.06.2017
☒	Curing		12.06.2017	18.06.2017	12.06.2017	18.06.2017
☒	Base plate on level +0,000		02.06.2017	10.06.2017	02.06.2017	10.06.2017
☒	Formwork Installation		02.06.2017	02.06.2017	02.06.2017	02.06.2017
☒	Reinforcement placement		02.06.2017	04.06.2017	02.06.2017	04.06.2017
☒	Pouring concrete and curing		05.06.2017	05.06.2017	05.06.2017	05.06.2017
☒	Formwork disassembly		08.06.2017	10.06.2017	08.06.2017	10.06.2017
☒	1st Level Walls (level 0 to +7,...		27.07.2017	20.08.2017	27.07.2017	09.08.2017
☒	Reinforcement placement		27.07.2017	09.08.2017	27.07.2017	09.08.2017



Имя	Вид в начале	Вид в конце	Вид при опережении	Вид при отставании	Вид в начале моделирования
Создание	Вид модели	Вид модели	Желтый	Фиолетовый	Нет
Разрушение	Красный (90% Прозрачности)	Скрыть	Нет	Нет	Вид модели
Временное	Вид модели	Скрыть	Нет	Нет	Нет
Постоянная	Серый	Нет	Нет	Нет	Нет



Вентиляторная

1. Услуги предоставленные Клиенту:

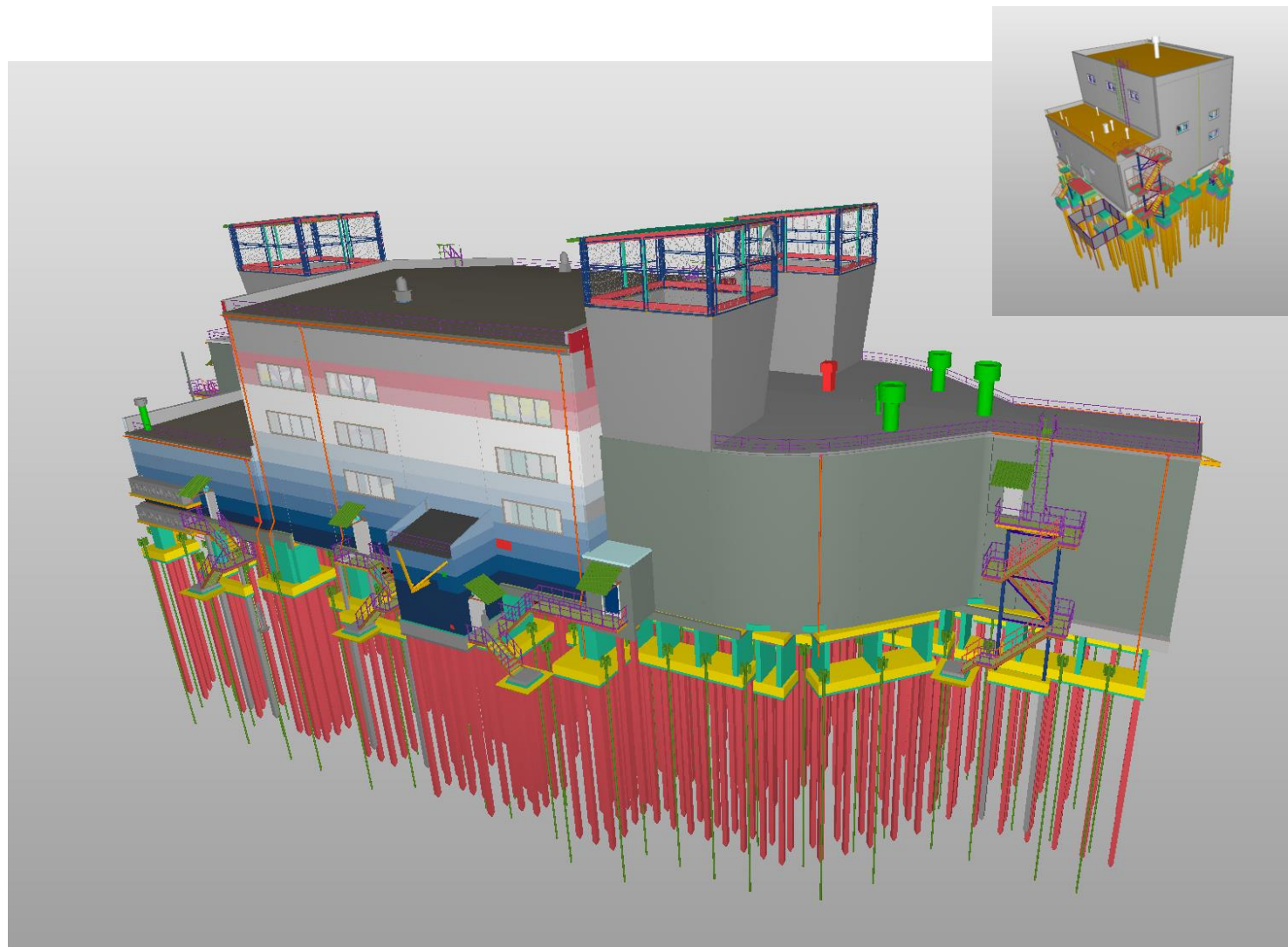
☐ BIM проектирование;

☐ BIM моделирование;

2. Особенности проекта:

☐ Использование VR

☐ Все разделы были выполнены в BIM по объектам



Проект горного комбината

1. Услуги предоставленные Клиенту:

☐ BIM проектирование;

☐ BIM моделирование;

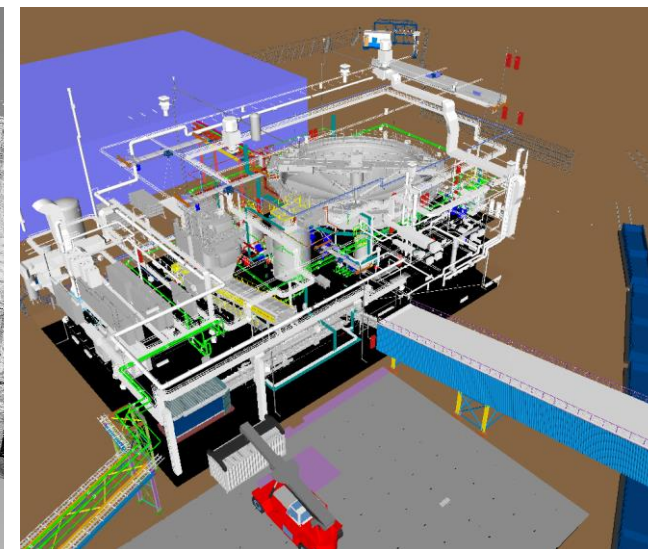
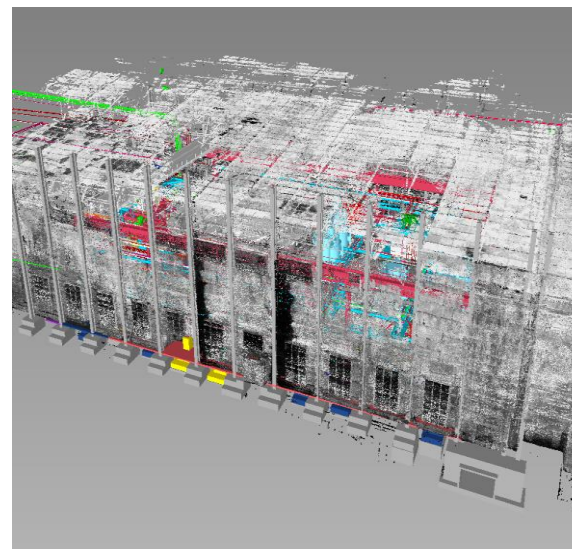
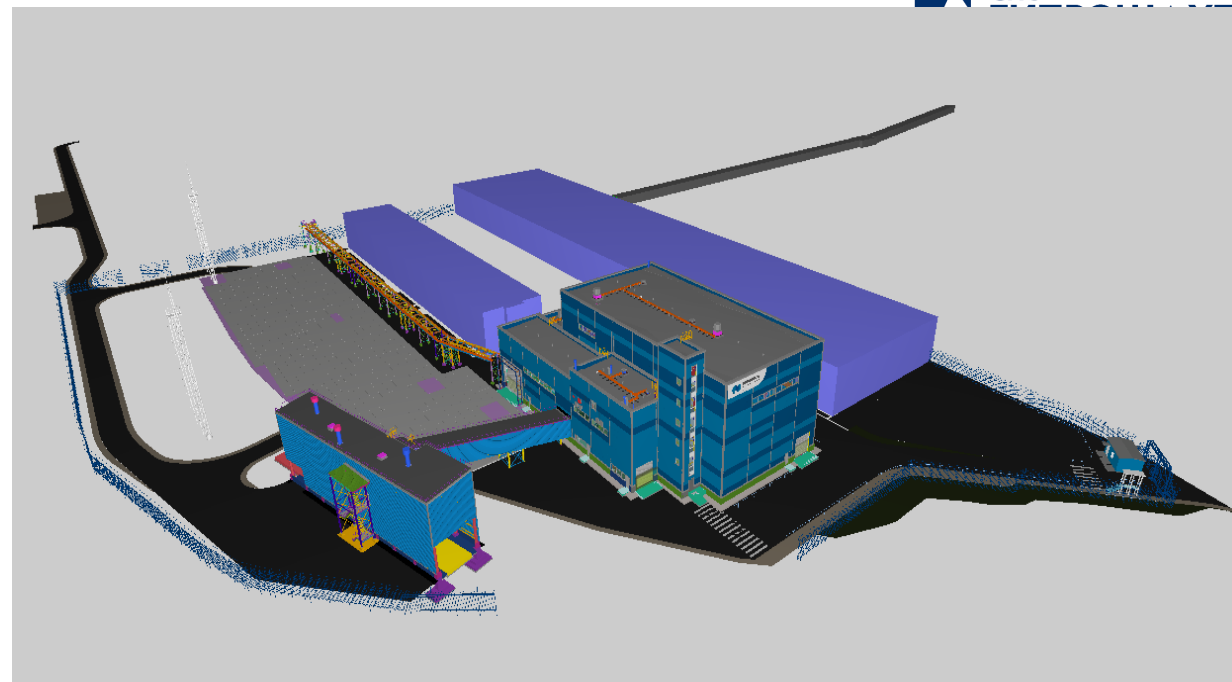
2. Особенности проекта:

☐ Работа с иностранным Клиентом. BIM взаимодействие

☐ Построение BIM модели с учетом данных из модели Point Cloud

☐ Детальный инжиниринг, LOD 450

☐ Внедрение специализированного ПО для проектирования технологических трубопроводов, с выводом изометрических схем, Autodesk Plant 3D



Проект фабрики

1. Услуги предоставленные Клиенту:

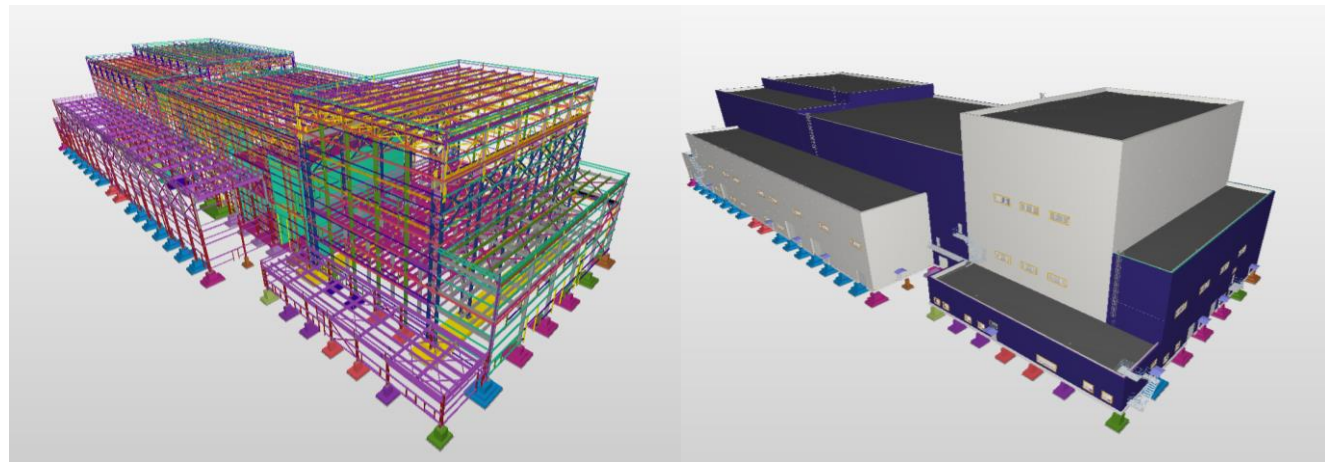
- ☐ BIM проектирование;

- ☐ BIM моделирование;

2. Особенности проекта:

- ☐ Внедрение инструмента управления и координации Solibri

- ☐ Модель территории (карьеры, отвалы, хвостохранилища, объекты фабрики) в Autodesk Infraworks



Проект фабрики, дробильного комплекса

1. Услуги предоставленные Клиенту:

- ❑ BIM проектирование;

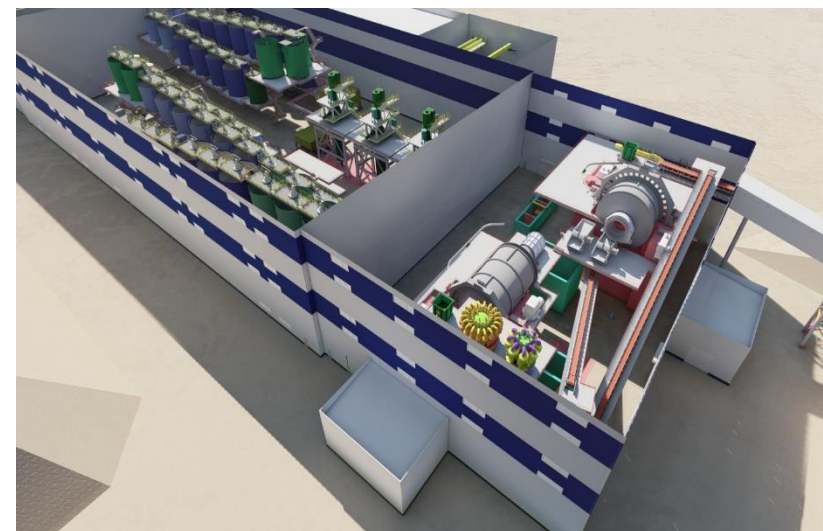
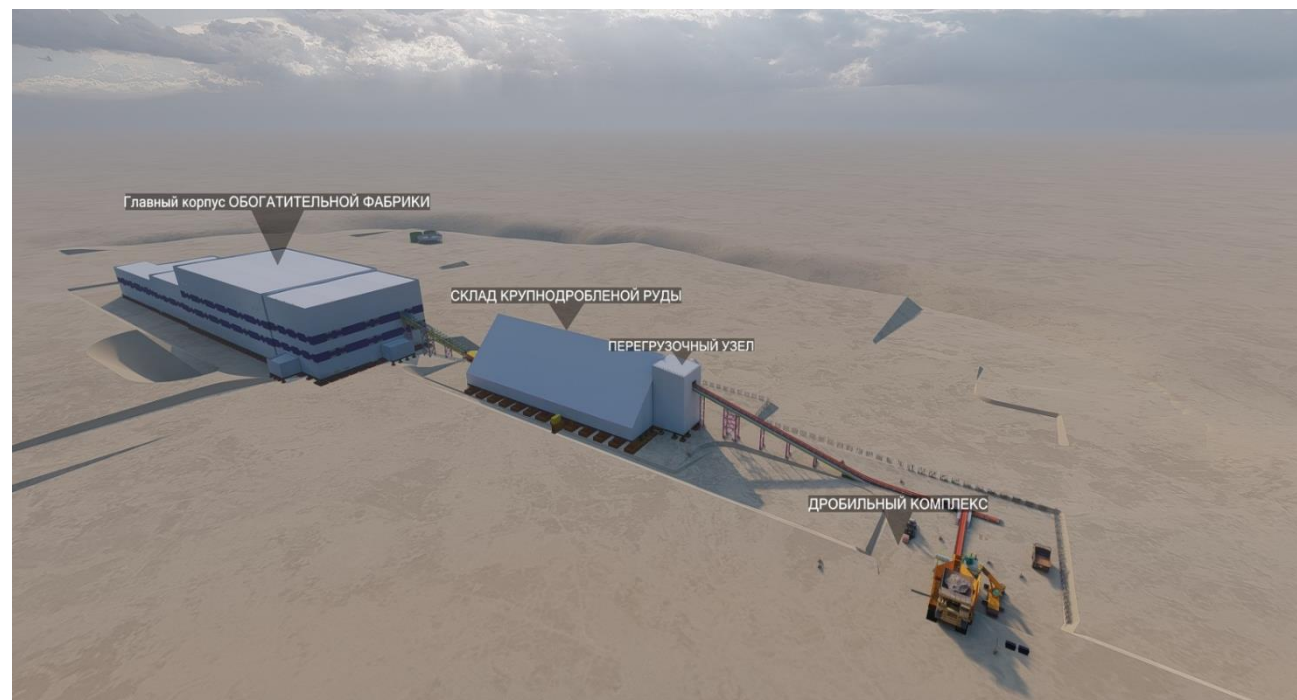
- ❑ BIM моделирование;

2. Особенности проекта:

- ❑ Модель территории (карьеры, отвалы, хвостохранилища, объекты фабрики) в Autodesk Infraworks

- ❑ Внедрение инструмента Lumion для визуализации

- ❑ BIM модель на стадии ОТР



Проект Башенного копра

1. Услуги предоставленные Клиенту:

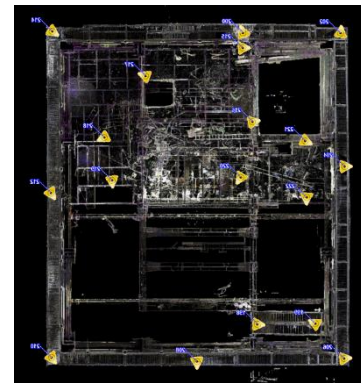
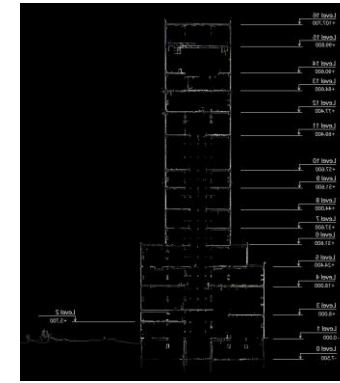
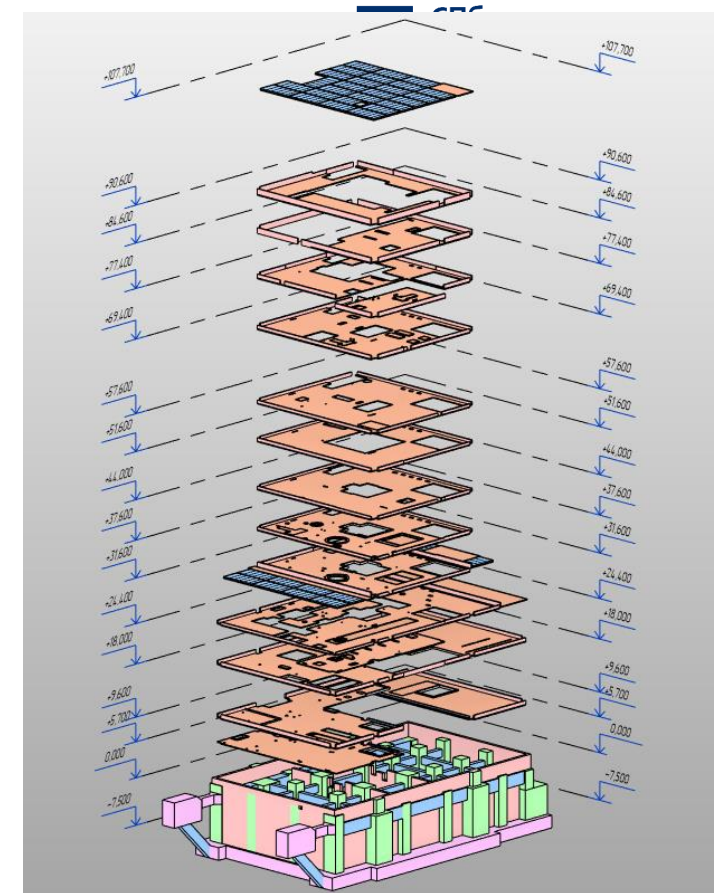
- ❑ BIM проектирование;

- ❑ BIM моделирование;

2. Особенности проекта:

- ❑ Построение BIM модели существующих конструкций по Point Cloud

- ❑ Создание Базы технологического оборудования, работа с подрядчиком



Имитационное моделирование в СПб Гипрошахт

SM (Simulation Modeling) – имитационное моделирование, один из видов компьютерного моделирования, использующий методы системного анализа. Инструмент для принятия обоснованных решений с помощью цифрового двойника. Прогнозирование и анализ технологического процесса.

Направления SM в ГПШ:



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ. Отсутствие риска на производстве

Моделирование позволяет безопасно применить и проанализировать возможные сценарии «что если». Виртуальные эксперименты с имитационными моделями обойдутся гораздо дешевле и займут меньше времени, чем эксперименты с реальными активами.

Любые идеи и концепции более наглядные.



ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Неопределенность во времени и результатах операций легко отражается с помощью имитационной модели, что позволяет оценить степень риска и найти наиболее оптимальные решения. Появляется возможность наблюдать поведение реальной системы во времени с необходимым уровнем детализации.

ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ

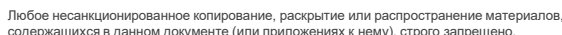


01

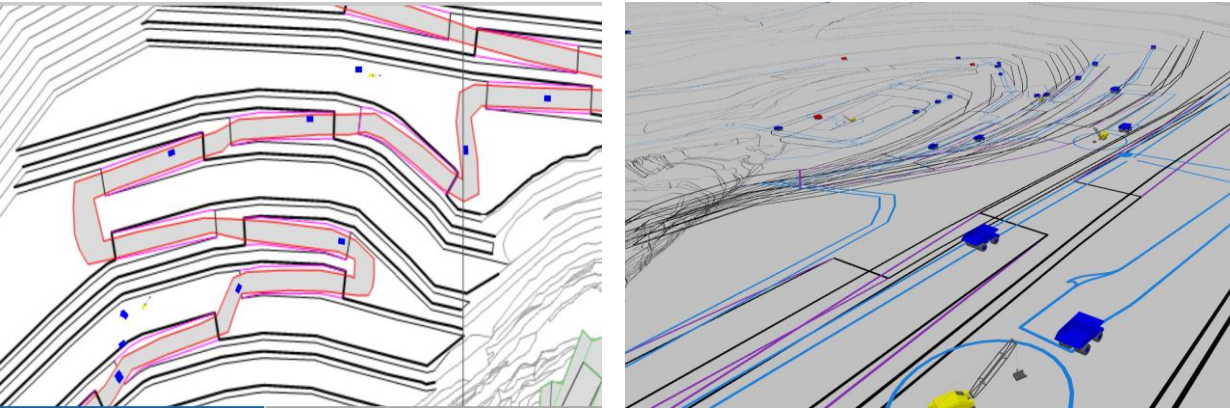
Модель отработки карьера

Используемое ПО: AnyLogic 8 Professional 8.4.0

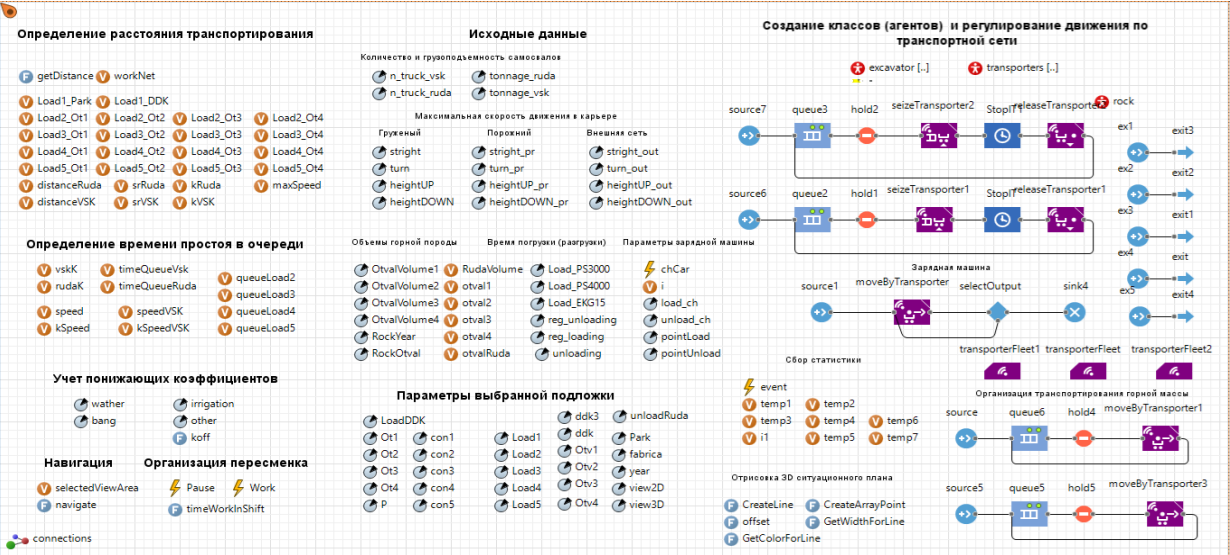
Задачи, решаемые с помощью модели	
• проверка пропускной способности транспортной сети; • проверка рассчитанного количества техники, используемого для транспортирования горной массы; • подтверждение возможности достижения заданной производственной мощности предприятия для данного парка оборудования.	
Технологические ограничения, учитываемые в модели	Исходные данные для моделирования
• характеристики, используемой техники, время погрузки и разгрузки самосвалов, в зависимости от их типа, скорости груженого и порожнего самосвалов; • вероятности случайных событий (поломок оборудования), техническое обслуживание; • режим работы карьера.	• ситуационные планы различных положений отработки карьера; • данные отработки на три положения: 7-й, 8-й, 9-й годы с наибольшей транспортной нагрузкой; • вместимость отвалов.



Для приближения результатов моделирования к функционированию реальной системы использованы понижающие коэффициенты, влияющие на чистое время работы в смену.



транспортная сеть логистической модели ОГР в 3D



логика работы модели

Используется:

- 2 типа самосвалов (для руды и вскрыши);
- 4 экскаватора для выемки вскрыши;
- 1 экскаватор для добычи руды.

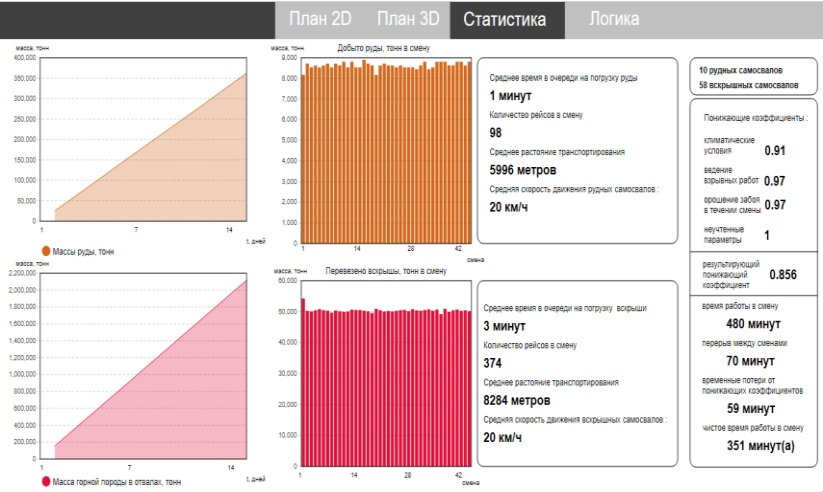
Руда перевозится в дробилку или ДДК (дробильно-доставочный комплекс), вскрыша вывозится на отвалы, пропорционально годовому объему.

Разгрузка рудных самосвалов происходит только последовательно друг за другом, образуя очередь при одновременном прибытии самосвалов.

Разгрузка вскрышных самосвалов на отвалах происходит независимо друг от друга.

Во время наступления пересмены порожние самосвалы отправляются в автопарк, груженные – сначала следуют на место разгрузки.

Результаты работы модели



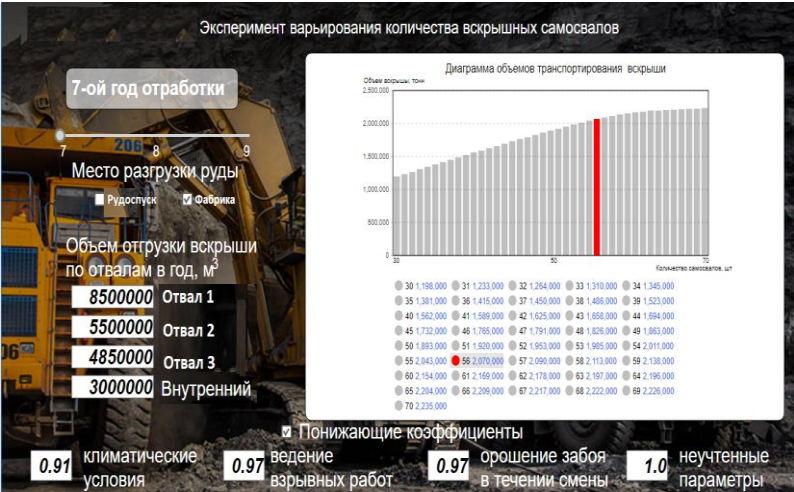
1-ый результат

Статистика работы модели



2-ой результат

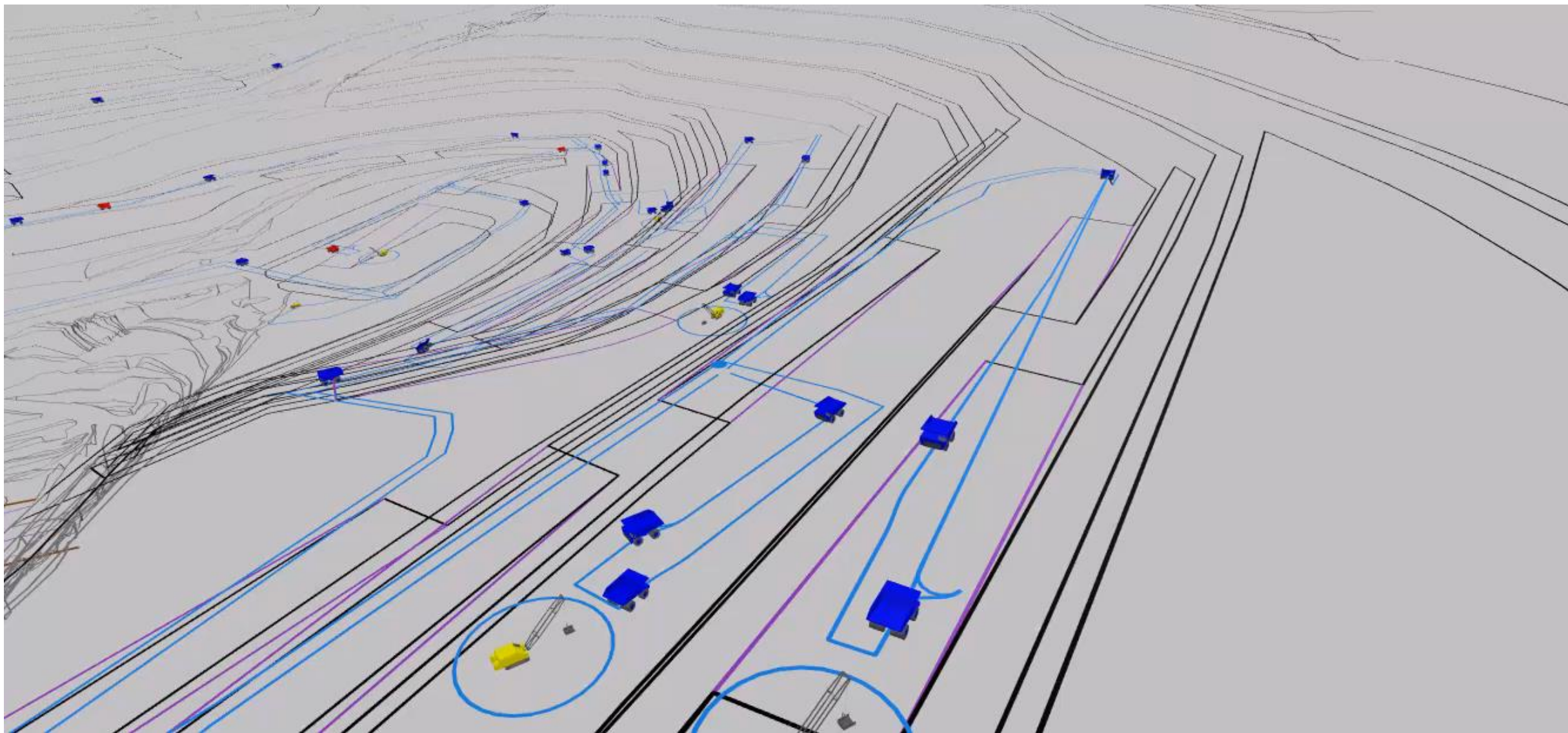
Эксперимент варьирования параметров.
Подбор количества рудных самосвалов.

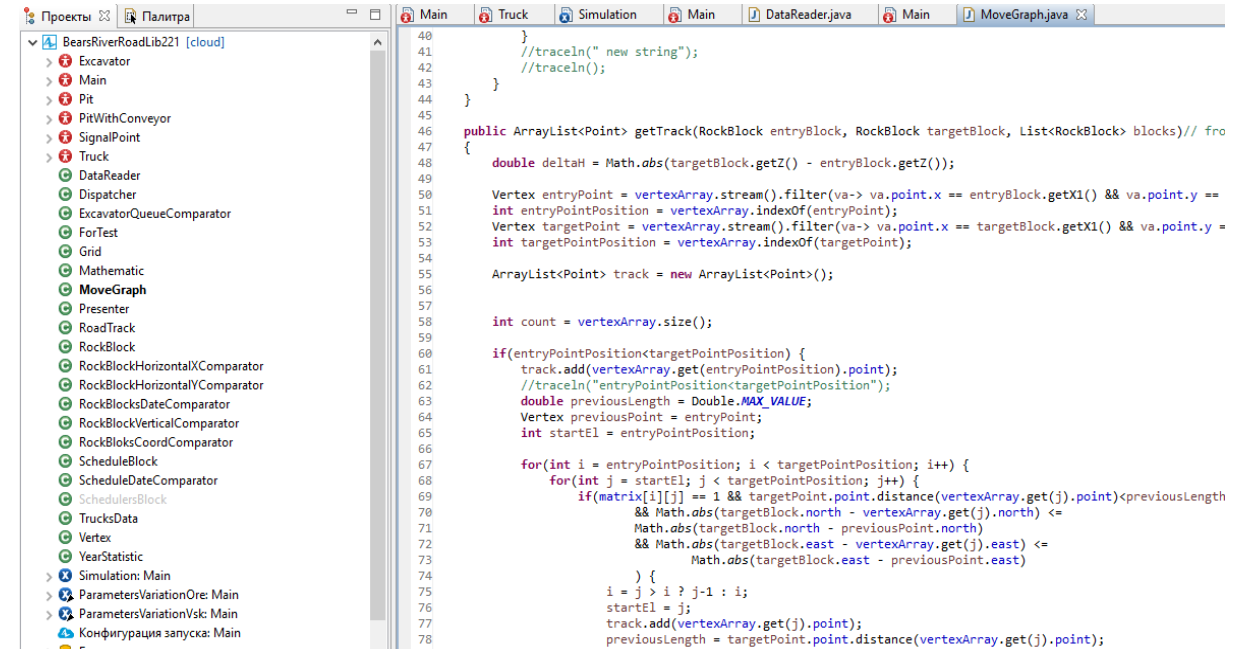
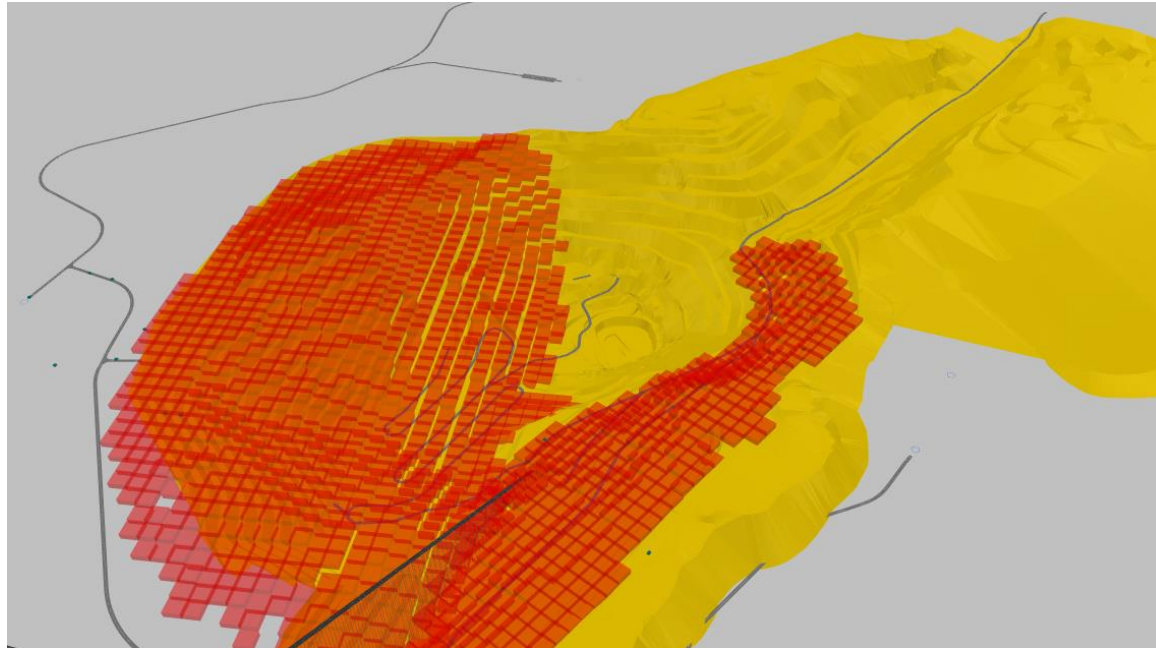


3-ий результат

Эксперимент варьирования параметров.
Подбор количества вскрышных самосвалов.

Демонстрация работы имитационной модели отработки карьера (видео)





Логистическая модель разработана с использованием стандартных библиотек **AnyLogic** и диаграмм состояний, дополненных сценариями на языке программирования Java.

Для решения поставленной задачи были применены агентный и дискретно-событийный методы моделирования. Данные подходы позволяют рассчитать грузопотоки и максимальную пропускную способность дорожной сети, исключив образование заторов и подтвердить возможность транспортирования всей добытой горной массы на фабрику и отвалы вскрышных пород.

Транспортная сеть была создана на основе ситуационных планов различных положений обработки карьера. Стандартными средствами **AnyLogic** была создана стационарная дорожная сеть с учетом рельефа местности. Пути следования автосамосвалов по карьере рассчитывалось исходя из расположения добычных и вскрышных забоев, данные о которых заложены в базу данных обработки карьера, полученной в **ПО Deswik**.

03

Модель шихтовального склада

		2022	2023	2024	2025
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
2022-01	к1	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-02	к2	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-03	к3	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-04	к4	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-05	к5	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-06	к6	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-07	к7	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-08	к8	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-09	к9	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-10	к10	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-11	к11	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ
2022-12	к12	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ	ЮЖНОКАЛИЙНЫЕ

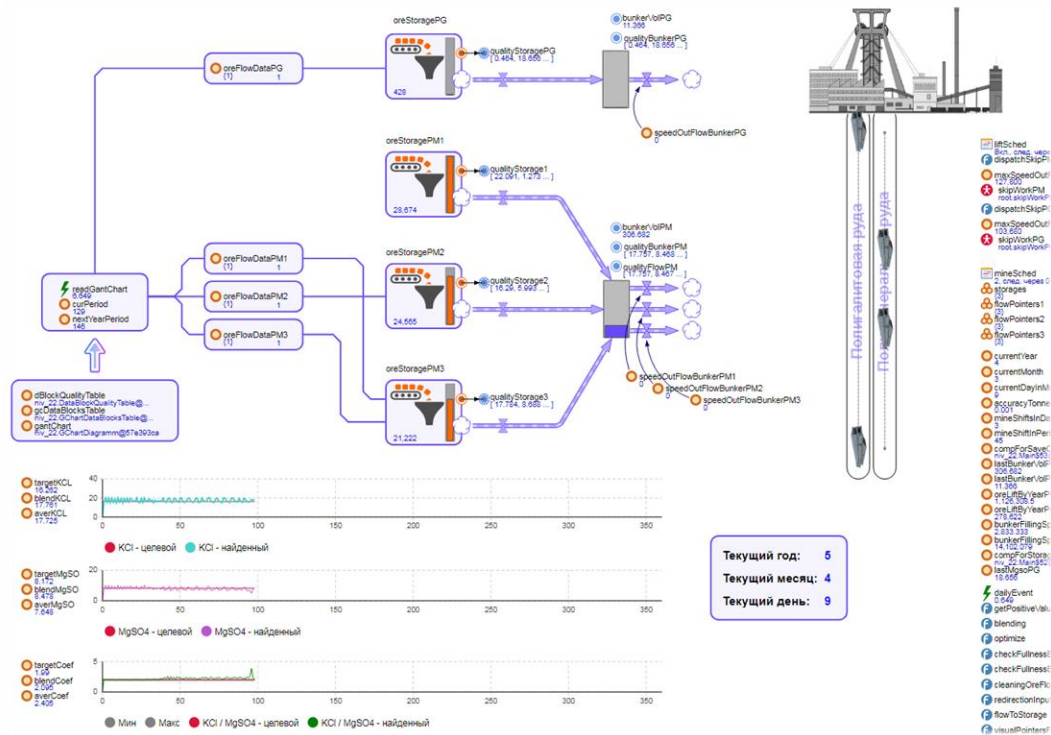
Данная модель разработана, как **инструмент**, для инженеров, занимающихся планированием отработки месторождения калийной соли и имитирует цепочку: потоки руды >> склады >> шихтовка >> бункер накопитель >> подъем руды на поверхность.

Используя календарный план добычи, разработанный в Excel, модель воспроизводит движение руды разных типов из трех различных частей месторождения. Каждый из потоков руды имеет свои характеристики, изменяющиеся во времени (скорость, содержания полезных компонентов) и попадает в отдельный накопительный склад, расположенный в околоствольном дворе рудника. Один раз в сутки (модельного времени) запускается алгоритм анализа содержимого складов, подбирая скорость опустошения для каждого из складов таким образом, чтобы в бункер-накопитель поступала горная масса, имеющая определенные содержания компонентов после смешивания, при этом быстрее всех должен опустошаться самый заполненный из складов.

В модели учитываются:

- скорости потоков руды (скорости наполнения складов);
- качество руды для каждого отдельного выемочного блока;
- скорость опустошения складов;
- смешивание руды различного качества при поступлении в склад;
- смешивание руды при поступлении в бункер накопитель;
- время загрузки скипов, время подъема, время разгрузки скипов;
- независимые друг от друга расписания работы добычного комплекса и комплекса подъемов;
- возможность перенаправления потоков в различные склады.

С использованием данной модели определяются места в календарном плане добычи, реализация которых может привести к отклонению содержания полезных компонентов в руде, поступающей на обогатительную фабрику.



04

Модель отработки месторождения подземным способом

Задачи, решаемые с помощью модели

- моделирование процесса горных работ с 3D и 2D визуализацией общего процесса отработки и перемещения транспорта в пределах заданных слоя и панели;
- построение графиков производительности месторождения, объема руды, массы железа, суммарной длины проходки, объема закладочной смеси от времени за моделируемый период;
- получение календаря горных работ за моделируемый период отработки;
- получение статистики по работе техники на участках. Анализ влияния параметров техники и циклограммы на число обрабатываемых за смену заходов.

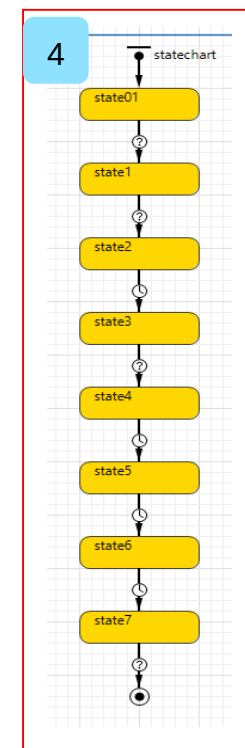
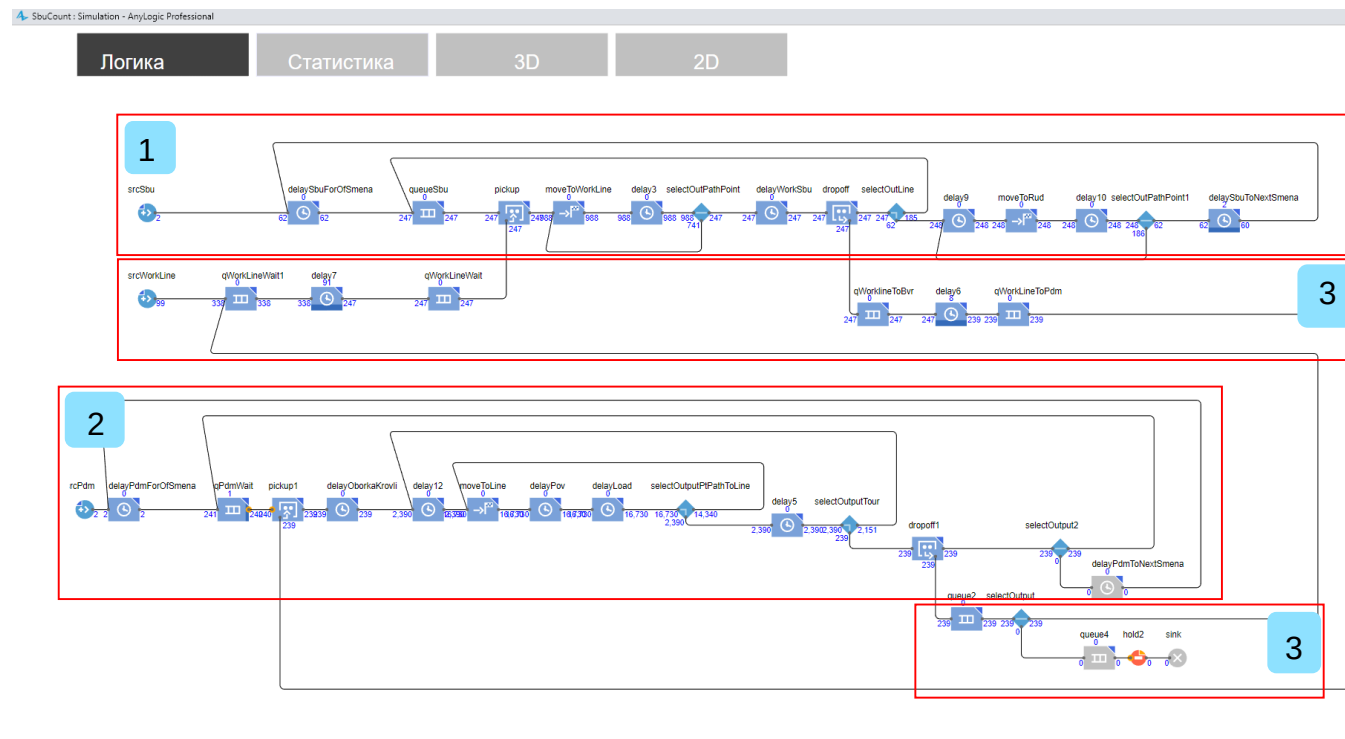
Технологические ограничения, учитываемые в модели

- последовательность отработки панелей (групп панелей);
- темпы проходки (м/месяц) для каждого типа участка каждой панели;
- ограничения по количеству техники: максимальное количество СБУ на 1 слой 1-й панели, число участков, одновременно обрабатываемых СБУ, максимальное число комбайнов, одновременно работающих на одном слое 1-й панели;
- слоевая система разработки с твердеющей закладкой и нисходящим порядком выемки слоев (традиционная система разработки).

Исходные данные для моделирования

- блочная модель запасов, выполненная в 5D – Planner;
- показатели технологических процессов (ограничения по количеству техники, порядок отработки панелей, темпы проходки для различных участков;
- требования технологии ведения горных работ (последовательность отработки участков в пределах слоя, порядок перехода к следующему слою, порядок перехода к следующей панели).

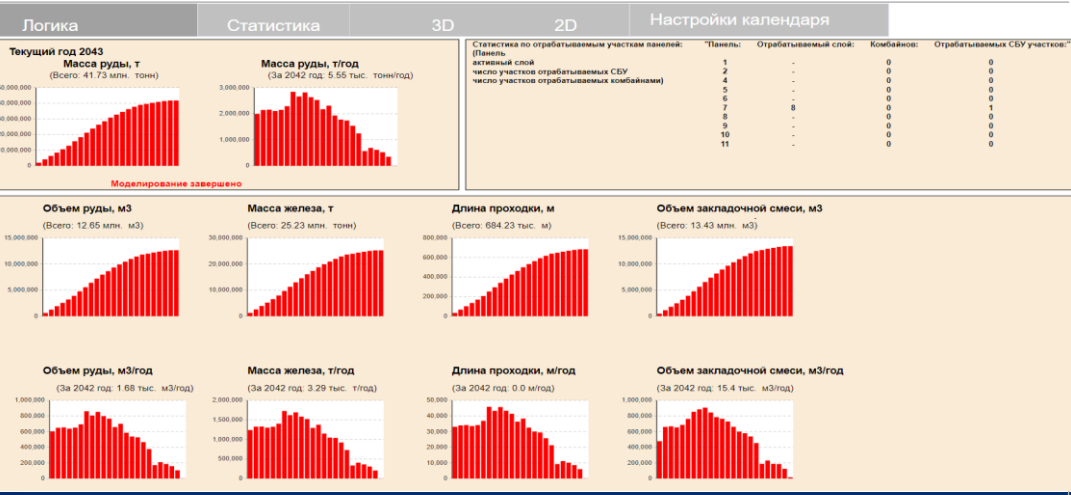
Для решения поставленной задачи и обеспечения необходимого уровня детализации были применены агентный и дискретно-событийный методы моделирования.



На логической схеме модели представлены:

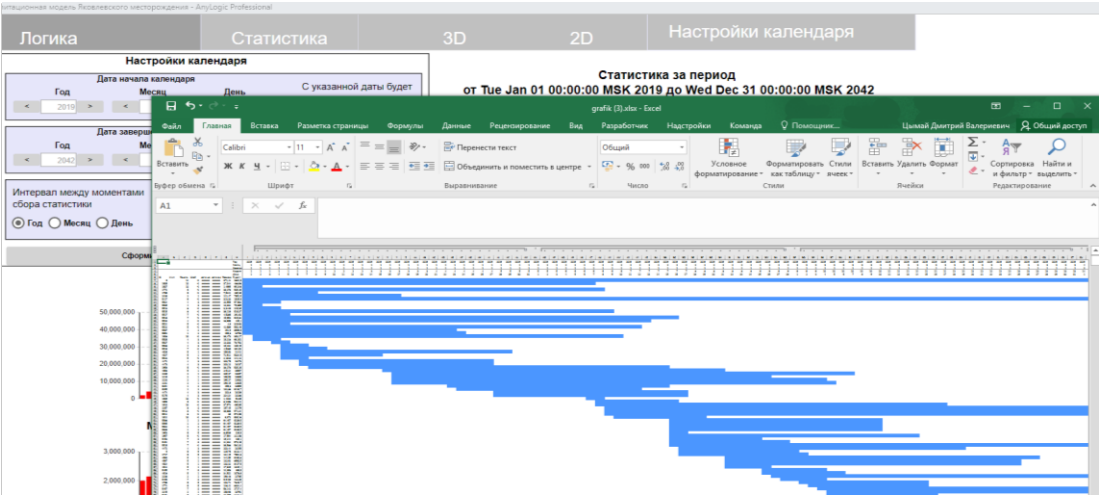
1. Логика работы СБУ.
2. Логика работы ПДМ.
3. Логика изменения стадий отработки рабочих заходов.
4. Логика изменения стадий отработки заходки реализована с использованием диаграммы состояний.

Результаты работы модели. Статистика. Календарь



1-ый результат

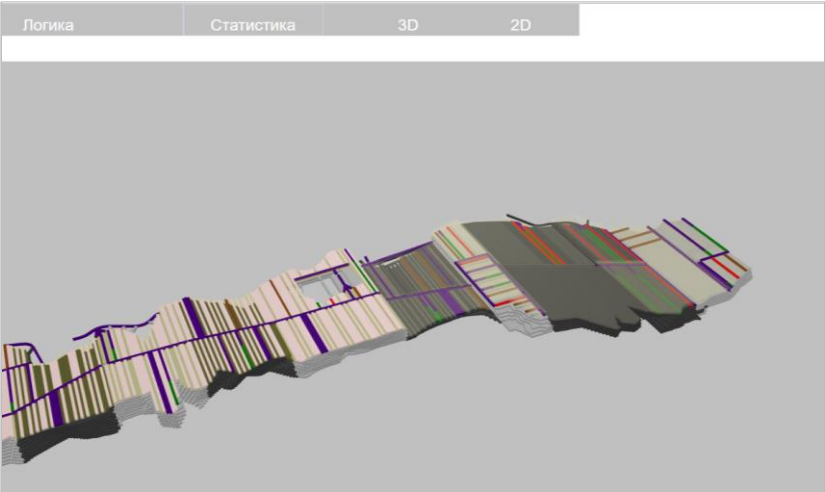
Статистика по производительности рудника, закладочной смеси и количеству оборудования



2-ой результат

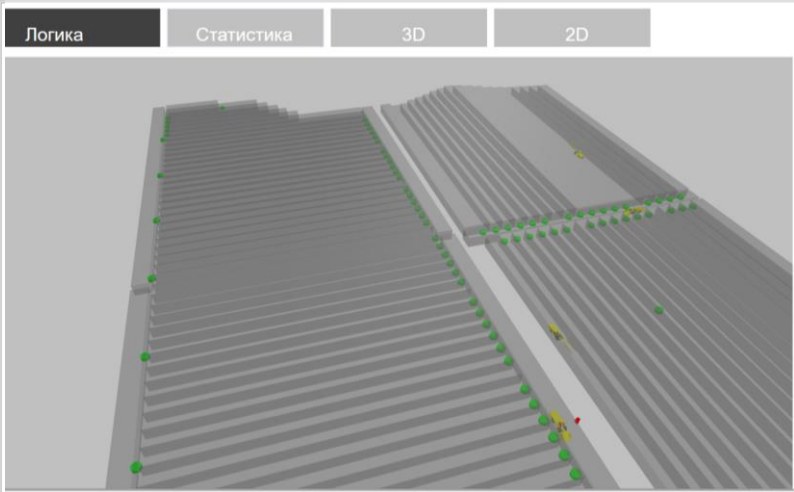
Календарный план по дням на весь период отработки рудника

Результаты работы модели. Перемещение транспорта. Подбор количества ПДМ на одну единицу СБУ



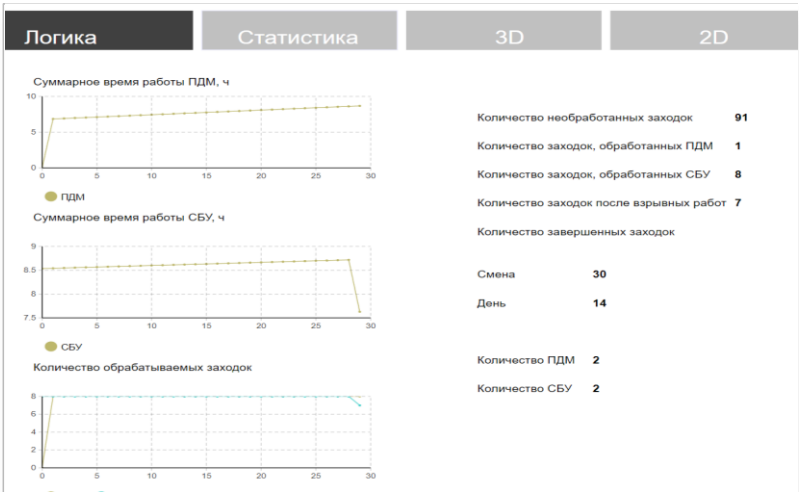
1-ый результат

3D - визуализация отработки месторождения. Цвета линий показывают стадию отработки соответствующего участка. Для смежных панелей заданы чередующиеся цвета (серый / черный) для отображения границы между панелями.



2-ой результат

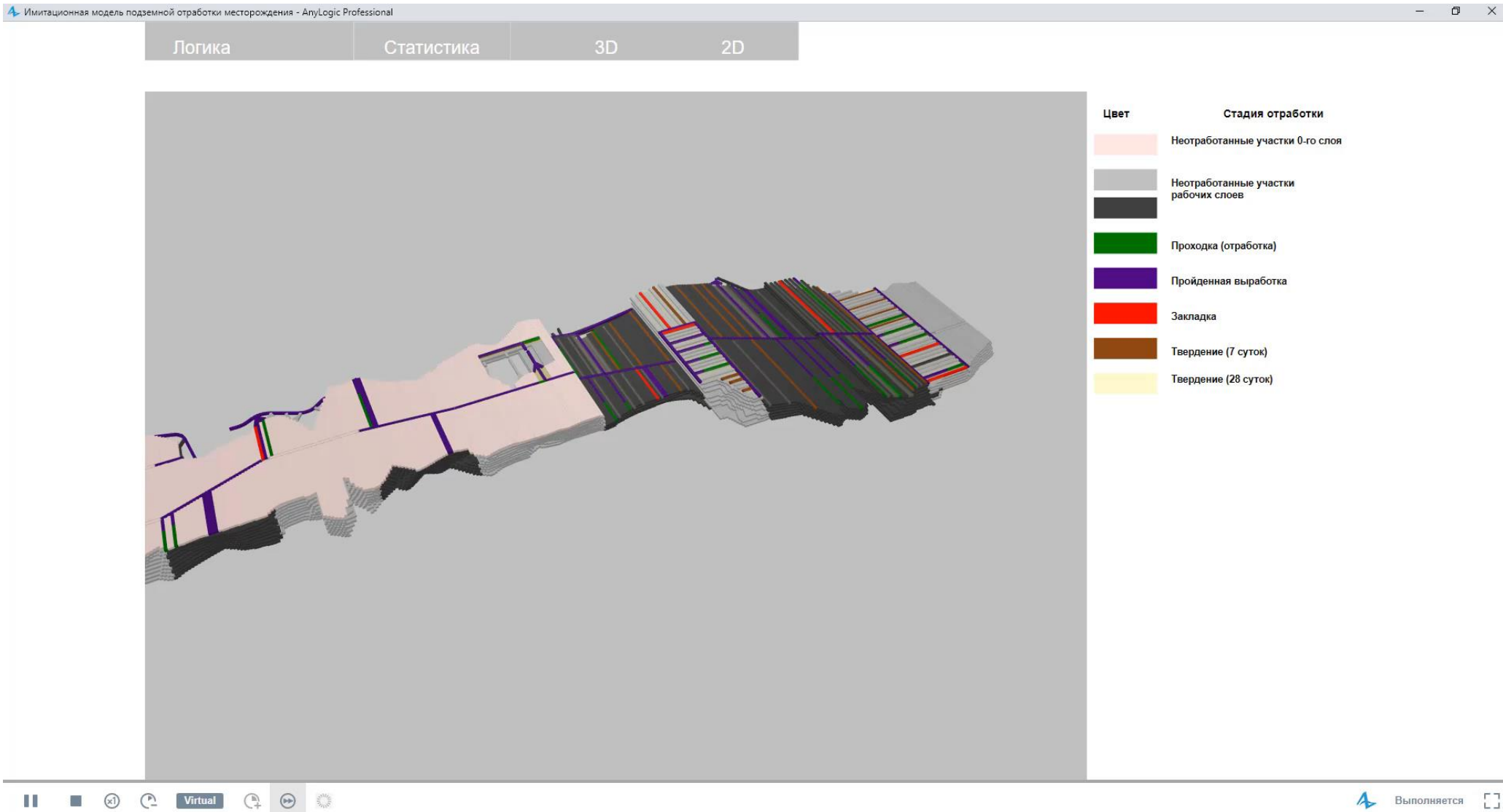
3D - визуализация перемещения транспорта в пределах заданных слоя и панели.



3-ий результат

Статистика по результатам работы модели.

Демонстрация работы модели отработки месторождения подземным способом (видео)



Демонстрация работы модели перемещения техники на заданных панели и слое (видео)

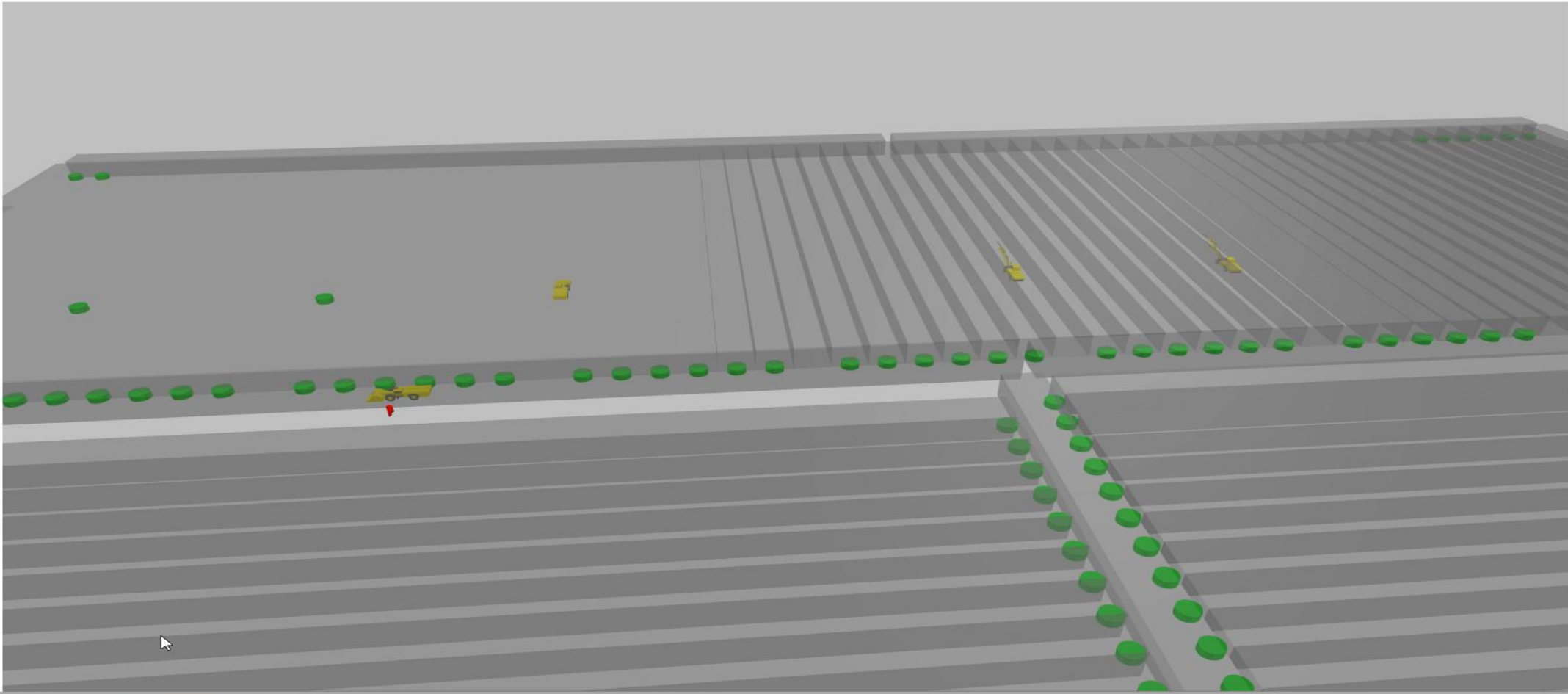
SbuCount : Simulation - AnyLogic Professional

Логика

Статистика

3D

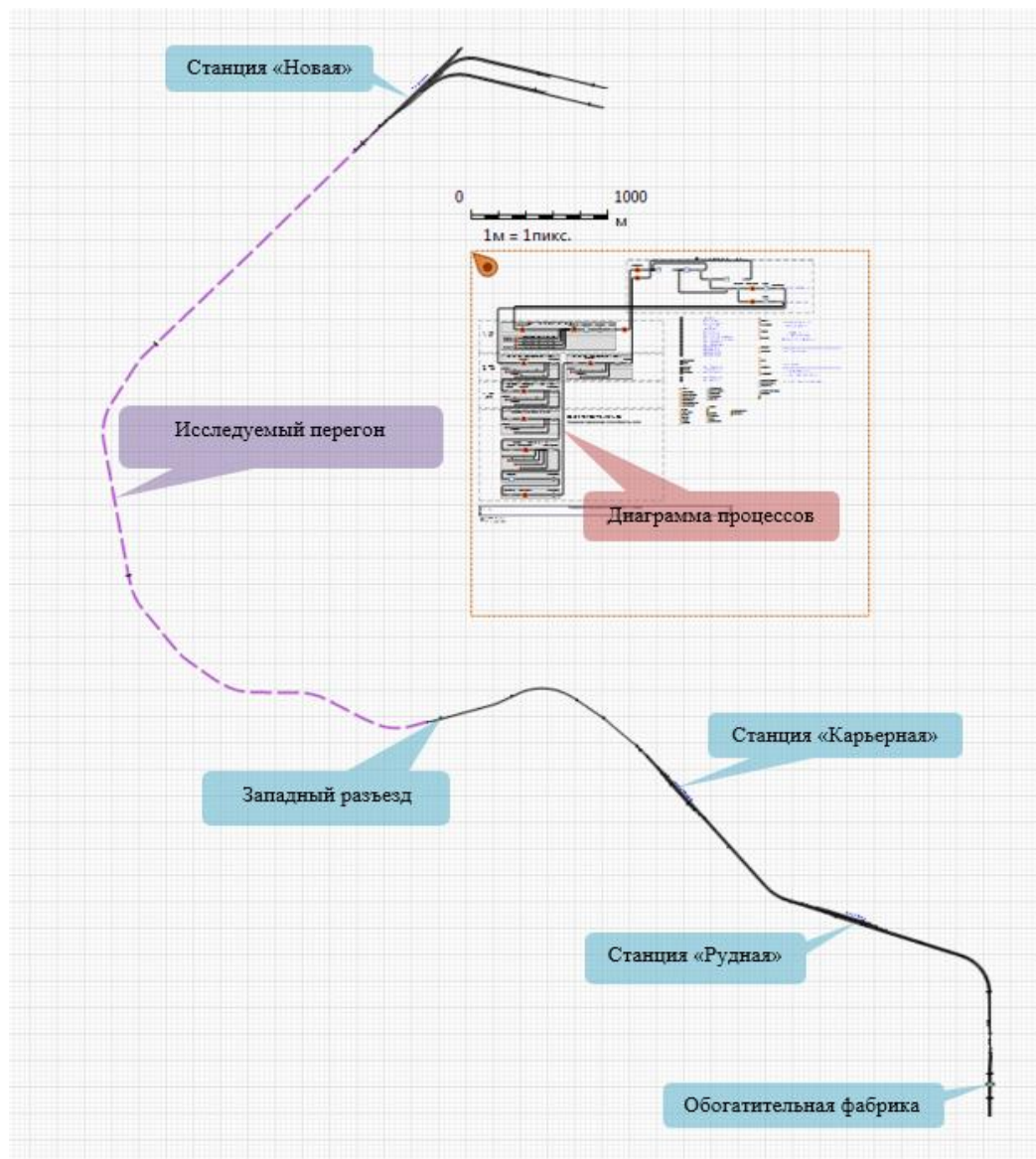
2D



05

**Модель создания
железнодорожных
съездов.**

Определение максимальной длины ремонтируемого участка перегона



На действующем предприятии, ведущим добычу полезного ископаемого открытым способом, планируется ввод в эксплуатацию циклично-поточной технологии. Благодаря нововведению, значительная часть потока добытой горной массы будет перенаправлена на одну железнодорожную станцию для погрузки в думпкары, и транспортировке к обогатительной фабрике. Это приведет к увеличению нагрузки на перегон протяженностью более 7 км. Исследуемый перегон состоит из двух путей, для порожних и груженых составов и не имеет съездов на всем своем протяжении, в следствие чего, во время проведения ремонтных работ один путь исключается из эксплуатации полностью.

Используя имитационное моделирование, была определена невозможность достижения требуемой пропускной способности перегона во время проведения ремонтных работ.

Во избежание строительства третьего железнодорожного пути, принято решение создании железнодорожных съездов. Максимально возможное расстояние между съездами вычислено с использованием имитационной, модели учитывающей следующие факторы:

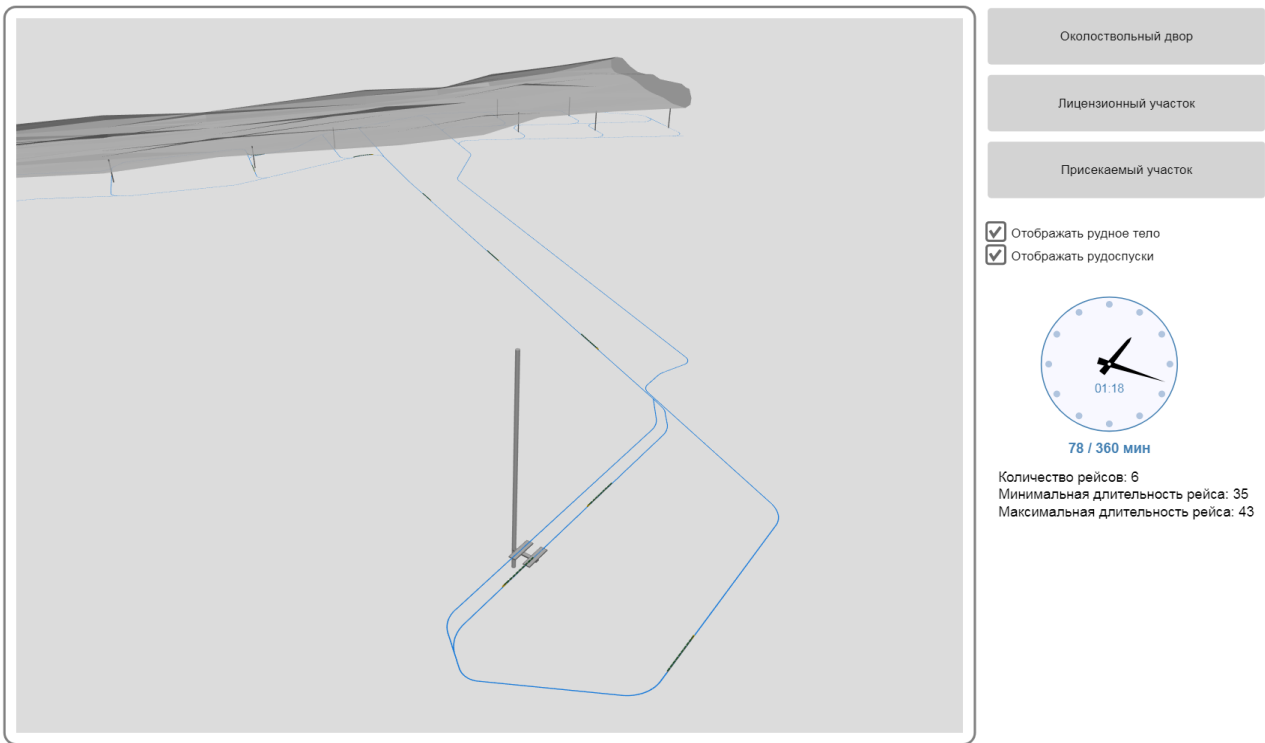
- длительность рабочей смены (включая перерывы);
- грузовая масса поездов;
- количество поездов в сети осуществляющих грузоперевозки;
- максимальные скорости порожнего и груженого состава;
- время, затрачиваемое на проведение вспомогательных операций до начала и после окончания погрузки составов;
- длительность погрузки и разгрузки составов;
- продолжительности полного и частичного опробования тормозов в течение смены.

Эффект от решения составил около **500 млн. рублей**

06

**Модель
Железнодорожного
откаточного горизонта
подземного рудника**

Железнодорожный откаточный горизонт подземного рудника



В процессе ведения проектных работ по увеличению производственной мощности на действующем подземном руднике, возникла потребность в тестировании железнодорожного откаточного горизонта на пропускную способность.

Откатку горной массы планируется осуществлять по выработкам действующего откаточного горизонта и проектным выработкам того же горизонта от рудоспусков до камер донной разгрузки в околоствольном дворе.

В модели имитируется движение электровозов под управлением системы автоматического регулирования интервалов между составами и учитываются следующие параметры:

Длительность работ по откатке горной массы в течение смены;

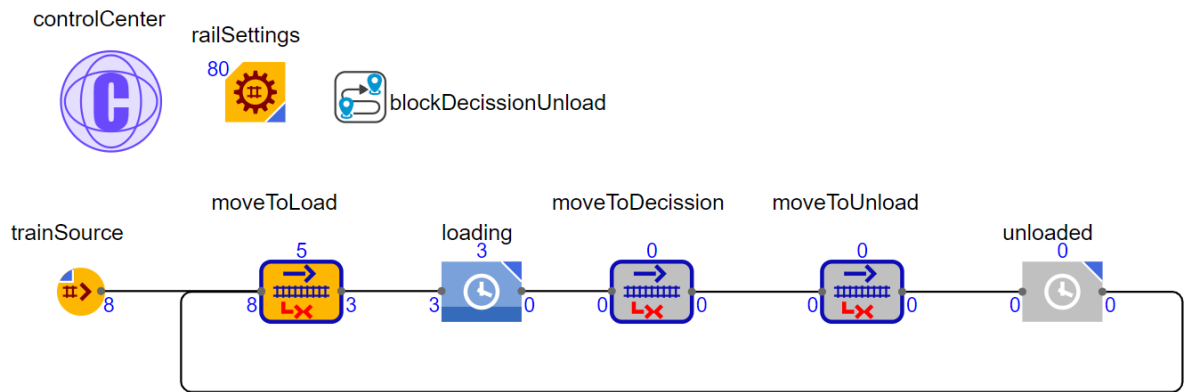
Количество составов в сети;

Длительность погрузки и разгрузки составов;

Скорость движения составов;

Различное распределение нагрузки на рудоспуски.

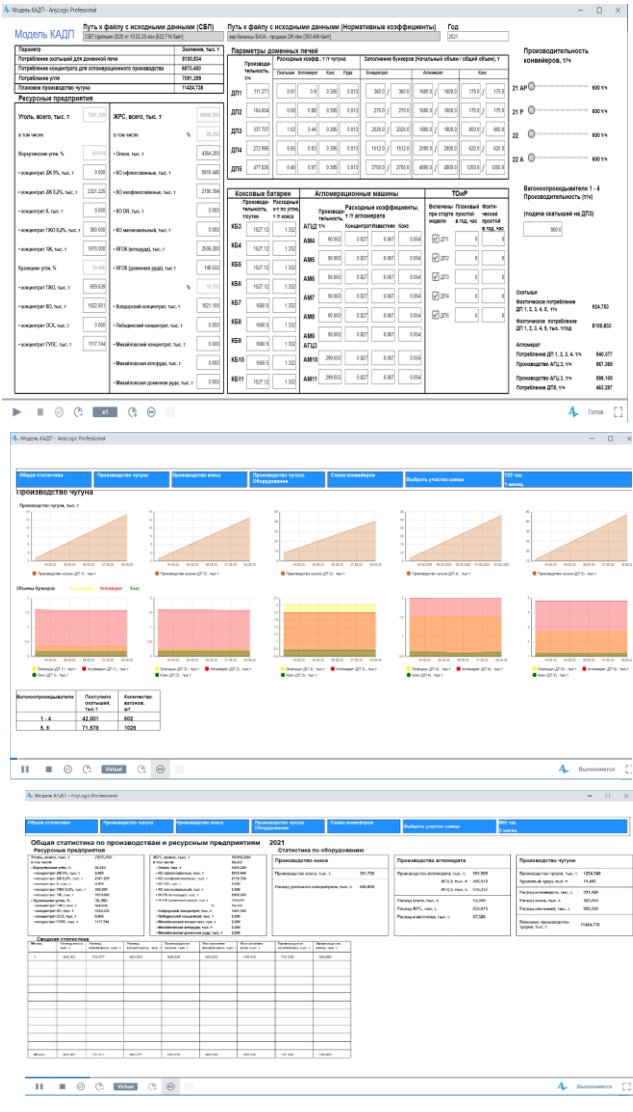
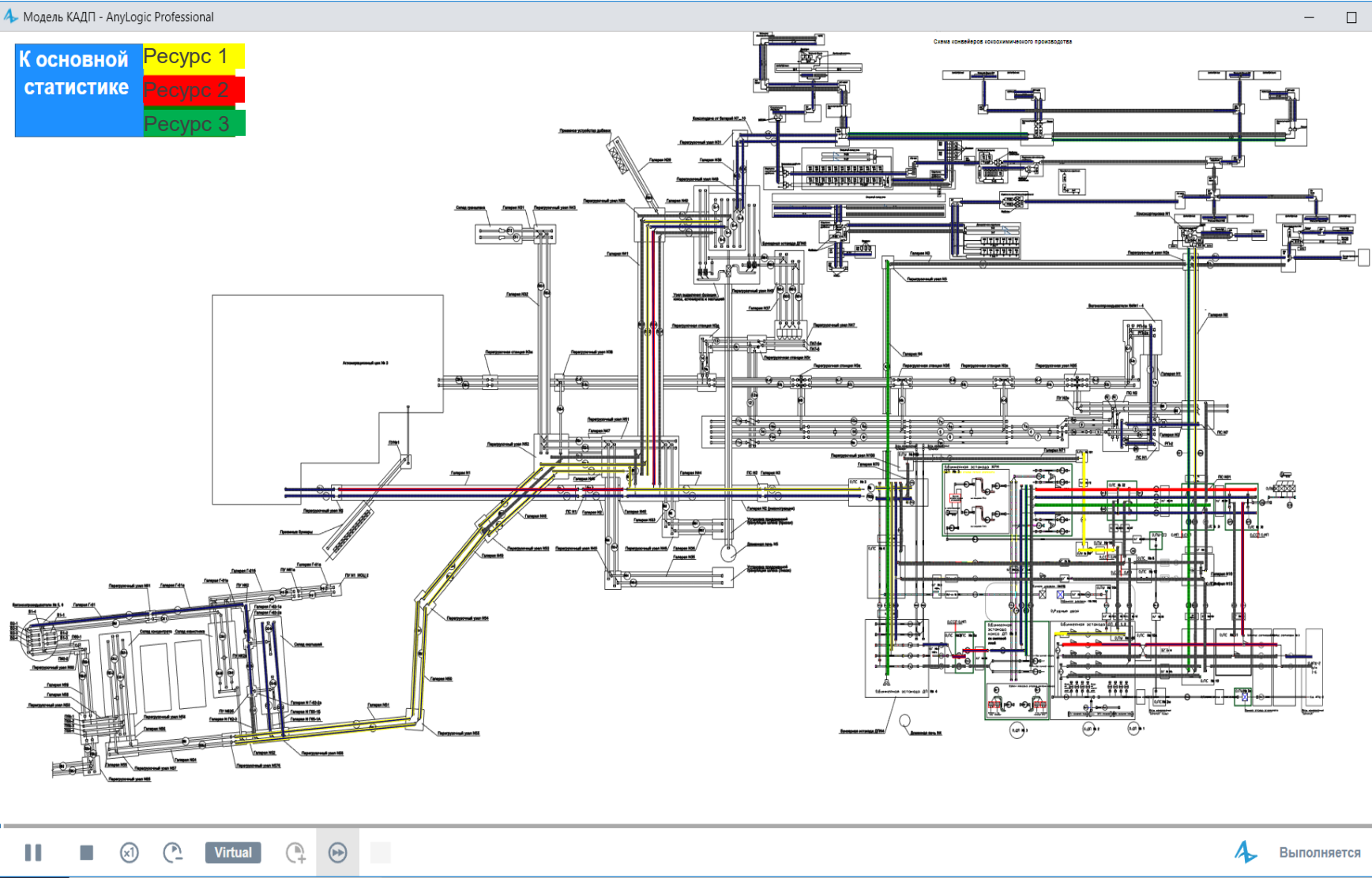
Итоги моделирования указали на возможность достижения требуемой пропускной способности железнодорожной сети при условии организации четырех блок-участков на грузовом и порожняковом квершлагах.



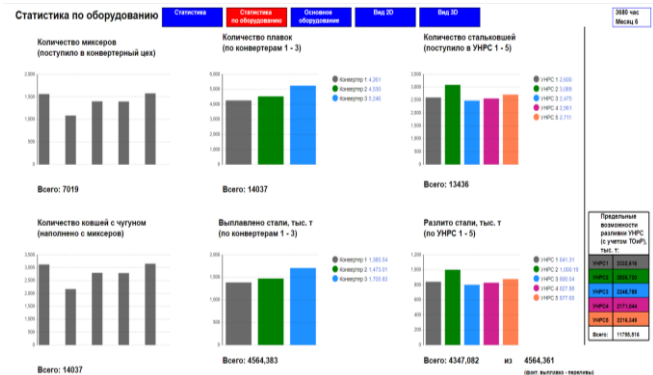
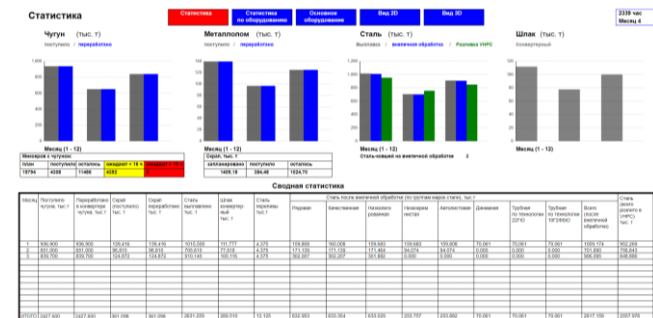
07

**Металлургические
имитационные модели
по производству
чугуна, слябов и
заготовок**

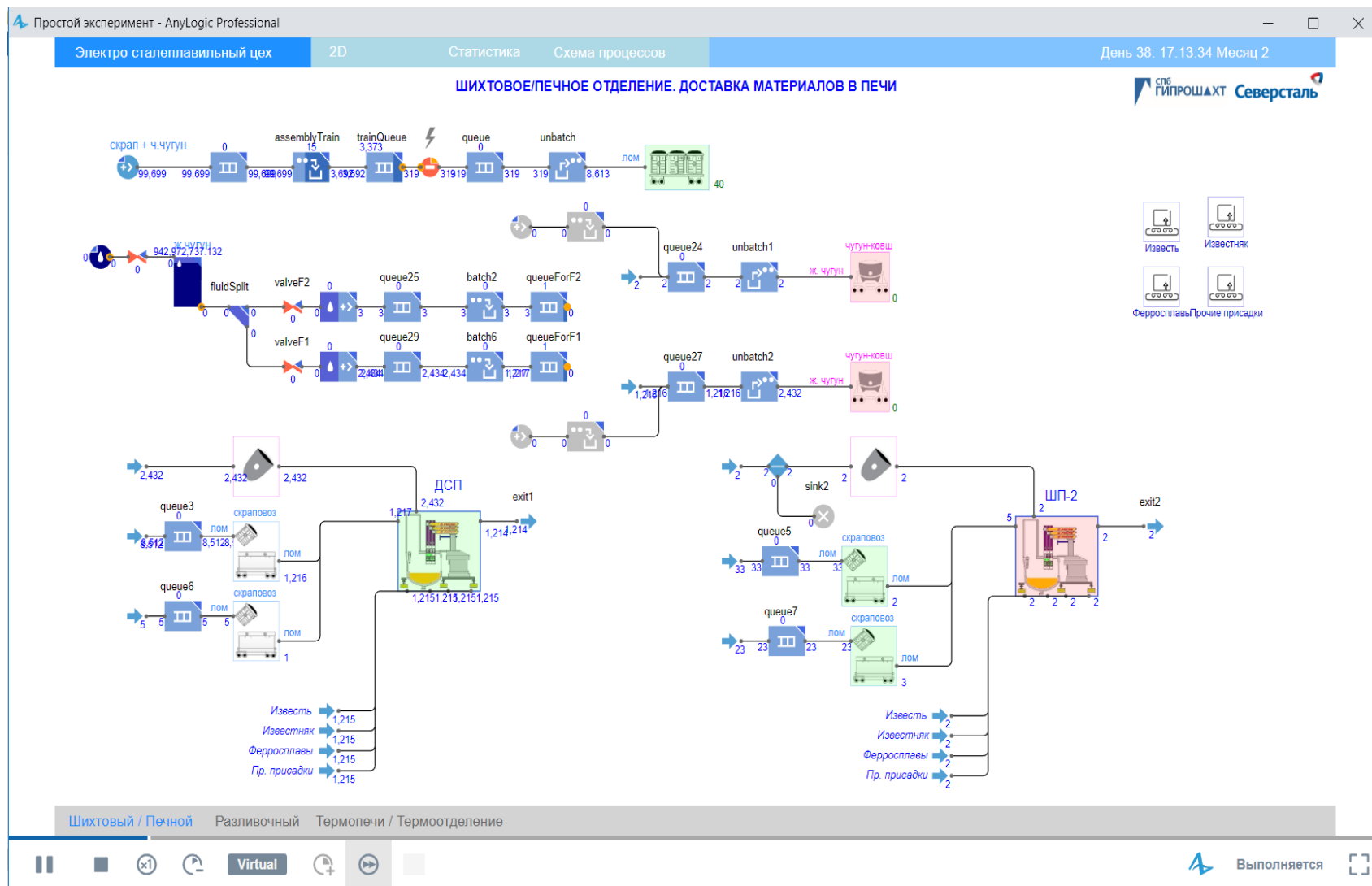
Модель производства жидкого чугуна



СП6
ГИПРОШАХТ



Модель производства заготовок



Выводы по модели производства чугуна



Варьирование мощности конвейеров участков 1 и 2

Цель:

Определить минимальный поток окатышей (т/час) с поставкой через Вагонопрокидыватель при одновременной работе всех доменных печей.

Вывод на основе данных:

Минимальный поток окатышей составляет **60,48 т/ч** или же **20 вагонов в сутки** при модернизации конвейеров 1 и 2 до **740 т/ч**



Варьирование производительности доменных печей и расходных коэффициентов (ресурс 1 и ресурс 2)

Цель:

Определить максимально возможную пропускную способность конвейерной сети без её модернизации при условии одновременной работы всех доменных печей.

Вывод на основе данных:

Конвейерная сеть пропустит существующий поток без модернизации. При этом запас прочности такой системы **составляет не более 5%.**



Варьирование времени отключения конвейеров 1-10

Цель:

Определить возможность пропуска существующей системы конвейеров дополнительные типы ресурсов в виде доменной руды и скрапа при одновременной работе всех доменных печей.

Вывод на основе данных:

Существующая конвейерная сеть позволит пропустить заданный объем дополнительных ресурсов при этом запас пропускной способности **составляет 54 %.**



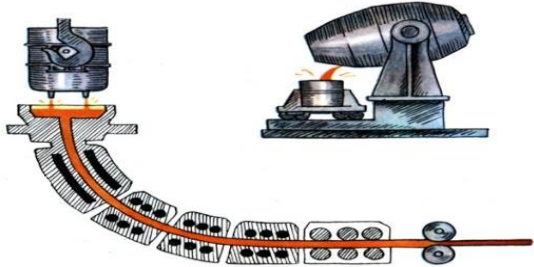
Варьирование производительности потока ресурса 2 пропускаемого от КБ через конвейер участка 3

Цель:

Определить максимальный объем пропуска кокса через конвейер участок 2 на доменные печи с учетом стабильной работы доменной печи.

Вывод на основе данных:

Максимальный объем кокса на ДП при стабильной работе всех доменных печей **составил 155 т/ч.** Текущая производительность КБ позволяет повысить потребление кокса ДП на **28 %.**



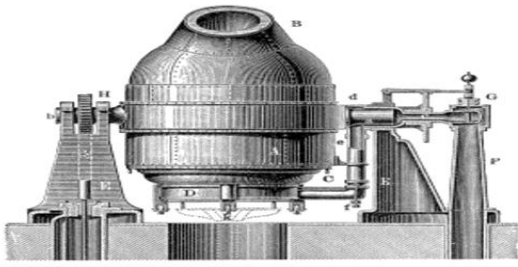
Варьирование параметров УНРС конвертерного цеха СП

Цель:

Оценить влияние параметров УНРС - времени разливки на суммарный объем разливаемой в конвертерном цехе стали.

Вывод на основе данных:

При возрастании скорости разливки УНРС, сечения сляба производительность конвертерного цеха возрастает. При текущих скоростях разливки передела УНРС возможна разливка дополнительных объемов стали.



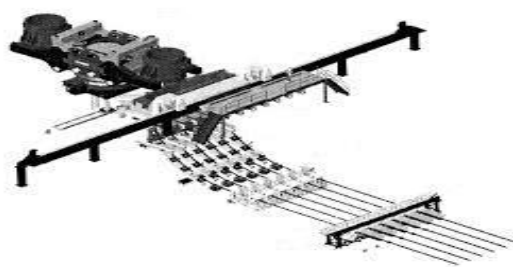
Варьирование времени плавки в конвертере

Цель:

Оценить влияние изменения времени плавки в конвертере на производительность конвертерного цеха.

Вывод на основе данных:

Снижение времени плавки до указанной величины (36 минут) без модернизации УНРС повысит общую производительность конвертерного цеха на 2,5 %.



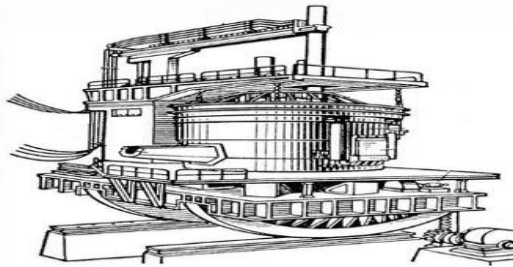
Варьирование коэффициентов подачи сырья и распределением разливки жидкой стали

Цель:

Определить необходимое соотношение выплавки и разливки стали для исключения пребывания сталь-ковшей на участке внепечной обработки более 2-х часов.

Вывод на основе данных:

При совместной работе ДСП и ШП-2 все сочетания варьируемых параметров приводят к возникновению очередей из-за недостаточной мощности разливочного передела.



Варьирование коэффициентов подачи сырья, времени внепечной обработки и разливки стали

Цель:

Определить необходимое соотношение параметров выплавки, времени обработки в УПК и времени разливки стали для исключения пребывания сталь-ковшей на участке внепечной обработки более 2-х часов.

Вывод на основе данных:

При работе только ДСП или ШП-2 найдены моделью сочетания параметров, при которых не возникают очереди сталь-ковшей.

08

Модель подземного вида транспорта типа Rail-Vayor

Наши достижения в области имитационного моделирования

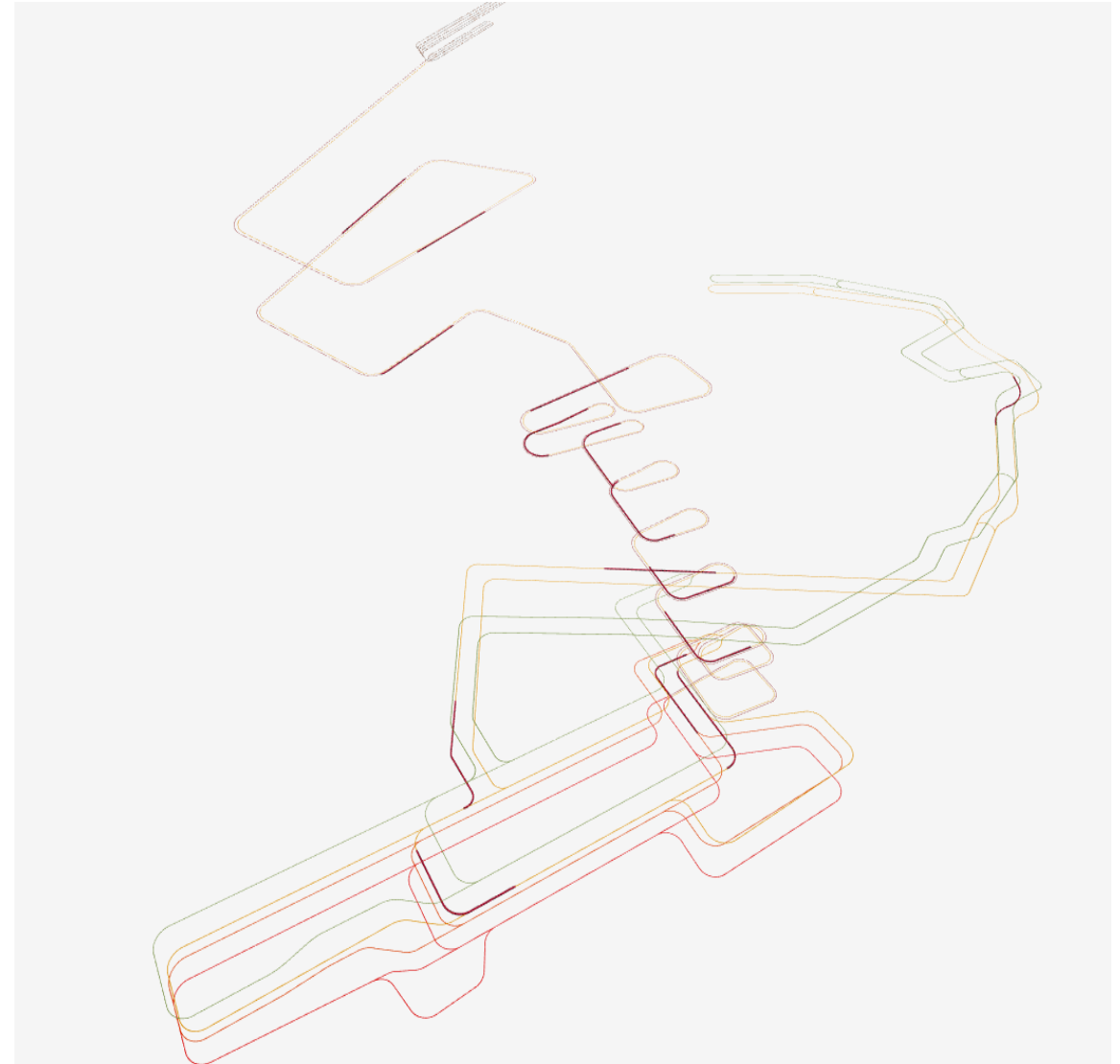
При поиске стратегии эксплуатации подземного горнодобывающего предприятия, в качестве альтернативной транспортной системы осуществляющей доставку горной массы на поверхность, рассматривался Рейл-Вейер (Rail-Veyor) – тип беспилотного железнодорожного транспорта .

Особенностями этого вида транспорта являются неограниченная длина состава и способность преодолевать уклоны, что в подземных условиях является важным параметром.

Для получения возможной картины происходящего на будущем предприятии и проведения экспериментов по оптимизации этой транспортной системы, разработана имитационная модель, воспроизводящая сценарий откатки горной массы с нескольких транспортных горизонтов при различных длинах и количествах составов.

В модели учитываются параметры:

- ☐ Габаритные размеры вагонов;
- ☐ Количество вагонов в составе;
- ☐ Количество одновременно действующих составов;
- ☐ Скорости движения составов;
- ☐ Различные нагрузки на откаточные горизонты, в зависимости от моделируемого периода



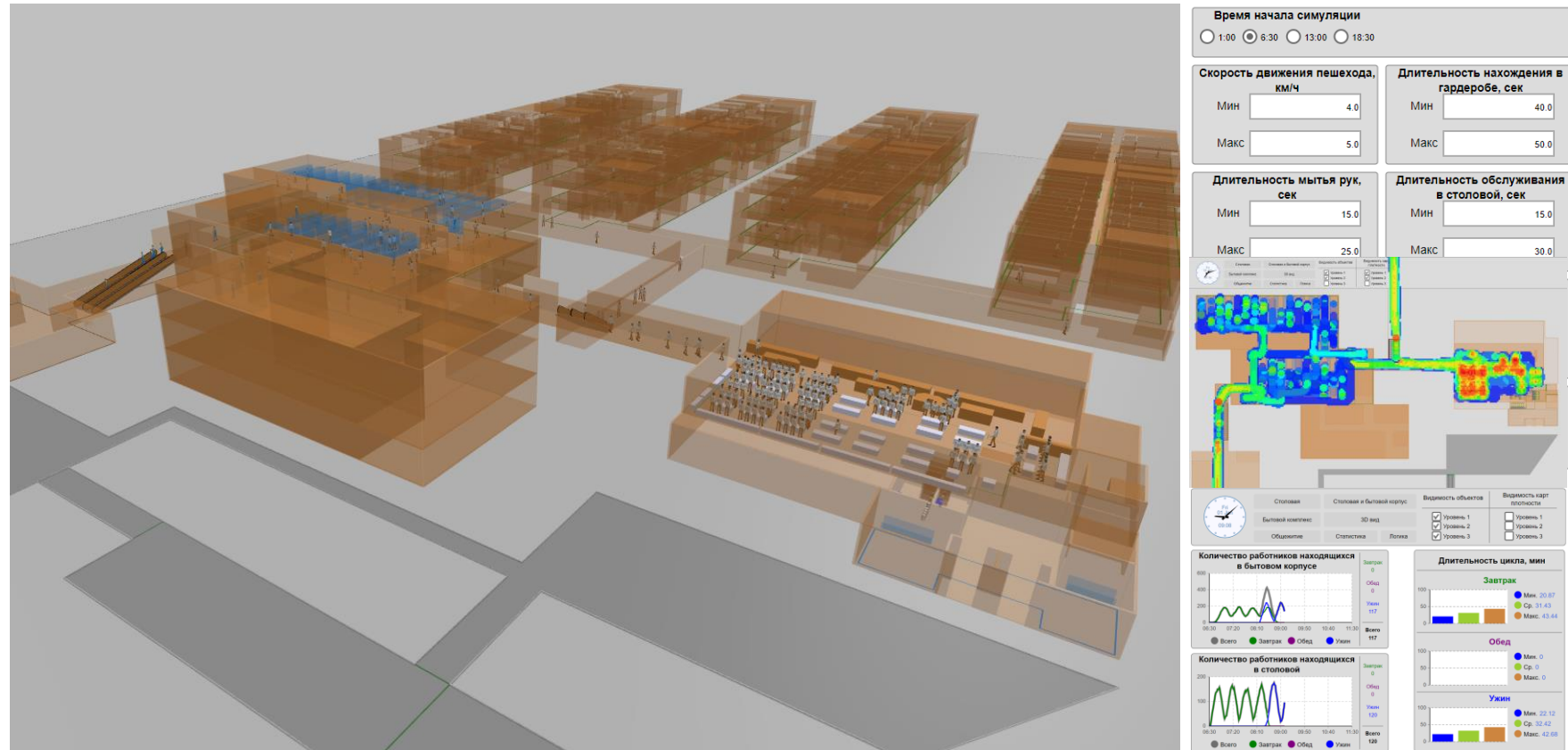
09

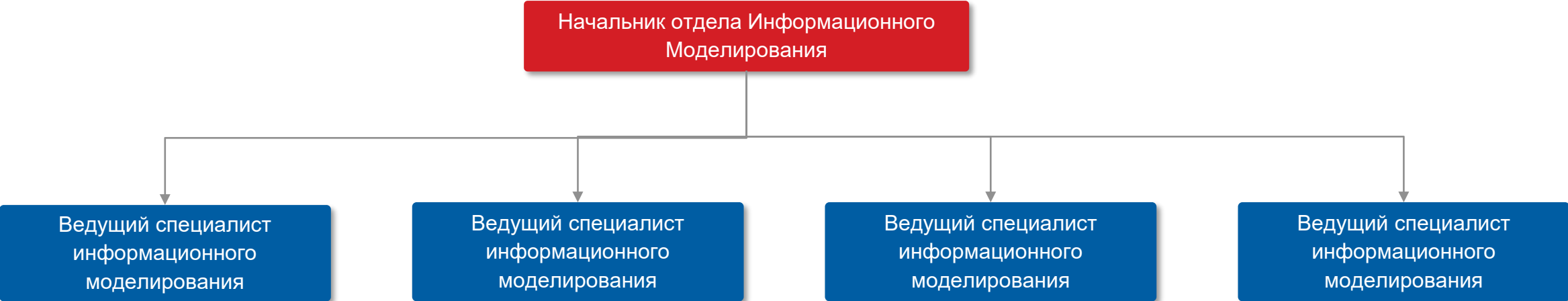
**Модель проверки
архитектурных
решений на примере
вахтового поселка**

Имитационная модель вахтового поселка

Каждый моделируемый человек в потоке, обладает собственными значениями определенных параметров. Предельные значения этих параметров задаются перед стартом модели и генерируются случайным образом для каждого отдельного человека. Это позволяет создать более неравномерную и реалистичную картину и увидеть, как может работать система при различных комбинациях этих самых параметров.

В процессе работы, модель выполняет сбор статистики по потокам людей, отображая полученные данные в виде графиков и диаграмм, позволяющих анализировать загруженность сервисов вахтового поселка. Для визуальной оценки, распределения людей на территории, в модели предусмотрены «карты плотности» движения людей. Карта плотности, используя цветовую легенду и значение критической плотности, окрашивает холст в различные цвета, позволяя визуально определить наиболее загруженные участки моделируемого пространства.





Ключевые компетенции

Владение языками программирования: **JAVA, Python, C#, C++**
Аналитическое мышление
Умение работать в Agile-командах



Программное обеспечение

Anylogic – как основная платформа создания имитационных моделей с использованием JAVA. Имеем **4 лицензии** с активной технической поддержкой
Visual Studio для разработчика – как программа для языка C# - **3 лицензии**