

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ  
КОМПЛЕКС ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА  
ГОРОДА МОСКВЫ

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель Мэра Москвы  
в Правительстве Москвы по вопросам  
градостроительной политики и  
строительства

\_\_\_\_\_ **А.Ю. Бочкарев**  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**СПРАВОЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ИНФОРМАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
ИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА  
В ГОРОДЕ МОСКВЕ**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель Департамента  
градостроительной политики  
города Москвы

\_\_\_\_\_ **С.И. Лёвкин**  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**СПРАВОЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ИНФОРМАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
ИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА  
В ГОРОДЕ МОСКВЕ**

Москва 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	6
СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	13
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	16
<b>1. СПРАВОЧНАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>17</b>
1.1. Возможность применения нормативно-правовых актов и нормативно-технической документации в области технологий информационного моделирования при проектировании подземных сооружений транспортного назначения .....	17
1.2. Типы подземных сооружений транспортного назначения и работы на этапах их жизненного цикла.....	20
1.3. Мировой опыт создания информационных моделей подземных сооружений транспортного назначения.....	23
1.4. Документы информационного менеджмента .....	24
1.5. Информационное наполнение ЦИМ ПСТН .....	32
1.6. Классы и типы классов IFC .....	35
1.7. Среда общих данных.....	36
1.8. Качество информационной модели.....	46
1.9. ТИМ-роли .....	49
1.10. Информационное взаимодействие при прохождении государственной экспертизы информационных моделей в составе проектно-сметной документации.....	54
1.11. Требования к обеспечению юридической значимости информационных моделей.....	56
1.12. Сценарии использования информационной модели на этапе проектирования ..	58
<b>2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВЕДЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....</b>	<b>61</b>
2.1. Общие положения .....	61
Требования к информационной модели на этапе проектирования .....	61
Требования к цифровой информационной модели ПСТН на этапе проектирования .....	62
2.2. Подготовка плана реализации проекта с использованием информационного моделирования.....	63
2.3. Координация цифровой модели.....	66

2.4.	Координатные системы .....	66
2.5.	Вариантное и концептуальное моделирование .....	67
2.6.	Инженерная цифровая модель местности .....	67
2.7.	Цифровая информационная модель трассы .....	71
2.8.	Цифровая информационная модель тоннеля.....	71
2.9.	Цифровая модель верхнего строения пути.....	75
2.10.	Цифровая модель инженерных коммуникаций.....	75
2.11.	Ведение цифровой модели подземного сооружения транспортного назначения на этапе проектирования.....	76
<b>3.</b>	<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВЕДЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>80</b>
3.1.	Общие положения .....	81
3.2.	Цели и задачи применения информационной модели на этапе строительномонтажных работ.....	82
3.3.	Использование информационной модели при производстве строительномонтажных работ.....	82
3.4.	Использование информационной модели при планировании строительномонтажных работ (4D) .....	86
3.5.	Визуальное планирование .....	87
3.6.	Координация взаимодействия подрядных организаций .....	88
3.7.	Предупреждение возникновения нарушений охраны труда и производственной безопасности .....	88
3.8.	Визуализация различных статусов монтажных элементов.....	88
3.9.	Реализация сценариев работы.....	89
3.10.	Использование информационной модели при определении стоимости строительства.....	91
	<b>Библиография.....</b>	<b>100</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>105</b>
	Приложение А Примеры создания информационных моделей подземных сооружений транспортного назначения в России и за рубежом .....	106
	Elizabeth Line, Великобритания .....	106
	Nagpur Metro Rail, Индия.....	107
	New York City Subway, США .....	108

Paris Grand Express, Франция .....	109
Stockholm Metro, Стокгольм.....	111
U-Bahnhof Sendlinger Tor, Германия.....	112
Московский метрополитен. Троицкая линия метрополитена, Россия.....	113
Guangzhou Metro, КНР .....	115
São Paulo Metro, Бразилия. ....	117
Stuttgart 21, Германия.....	118
Приложение Б Российский рынок программно-управляемых СОД для реализации инвестиционно-строительных проектов по созданию подземных сооружений транспортного назначения с применением технологий информационного моделирования.....	120
Приложение В Технологическая схема процессов высокого уровня по взаимодействию с ГАУ «Мосгосэкспертиза» для этапа экспертизы проектных решений.....	130
Приложение Г Шаблон типового плана реализации проекта с использованием информационного моделирования.....	131
Приложение Д Метрики производительности.....	132
Приложение Е Требования к составу инженерной цифровой модели местности .....	133
Требования к атрибутивному составу элементов инженерной цифровой модели местности	
Приложение Ж Возможные сценарии использования модели на строительной площадке.....	134
Приложение И Типовые ошибки/недочеты при разработке графика СМР.....	141
Приложение К Пример выпуска монтажных схем из модели для формирования авторской записи.....	143
Приложение Л Пример проведения визуального план-фактного анализа .....	144
Приложение М Пример оценки сроков создания 4D-модели.....	146
Приложение Н Пример оценки сроков создания 4D-модели. Визуализация.....	148
Приложение О Примеры использования классификаторов и IFC4.....	149
Приложение П Таблица сопоставления атрибутов, классов IFC и значений классификаторов КСИ и МССК .....	151
Приложение Р Анализ отечественного программного обеспечения для реализации цифровой информационной модели.....	164

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее справочно-методическое пособие (далее – справочно-методическое пособие, пособие) разработано в помощь профильным специалистам при работе с информационными моделями подземных сооружений транспортного назначения (ПСТН) на этапах проектирования и строительства.

Справочно-методическое пособие разработано по заказу Департамента градостроительной политики города Москвы в рамках государственного контракта от 28.05.2021 № ДГП-21-23-Р.

В пособии кратко рассматриваются основы информационного моделирования, принципы и методики организации работы, помещены сведения по форматам информационного взаимодействия и работе в среде общих данных, даются практические рекомендации по работе с информационной моделью в процессе проектирования и выполнения строительно-монтажных работ.

Для выявления наиболее эффективных способов применения технологии информационного моделирования при создании прежде всего следует определить отличия указанных объектов от объектов других типов. Проектирование, строительство и эксплуатация ПСТН имеет ряд специфических особенностей в сравнении с объектами капитального строительства производственного и непроизводственного назначения и линейными объектами других типов:

- относительно большее число задействованных смежных дисциплин;
- большие команды исполнителей, в том числе распределенные в пространстве и в часовых поясах;
- большие массивы данных;
- более высокие требования к надежности при проектировании и строительстве;
- местоположение в существующей инфраструктуре мегаполиса;
- нахождение на стыке архитектурного, линейного и машиностроительного проектирования;
- большая длительность реализации проектов во времени;
- повышенные требования по ограничению доступа к информации;
- сложные инженерно-геологические условия.

В качестве примера ПСТН при работе над справочно-методическим пособием был выбран метрополитен – наиболее сложный и технологически объемный представитель таких сооружений, объединяющий в себе площадные и связывающие их линейные объекты, элементы железных дорог и подземных инженерных коммуникаций, использующий различные способы подземного строительства, а также имеющий перепады по глубине заложения участков и комбинацию различных участков в рамках очереди строительства.

Справочно-методического пособие разработано под руководством Д.А. Цюпы авторским коллективом в составе: д.т.н., проф. В.Е. Меркин и к.т.н., доц. В.Е. Русанов (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»); К.М. Попов и Д.А. Цюпа (АО «Моспромпроект»); С.В. Кирьякиди и А.Д. Меркулова (АО «Моспроект-3»); к.т.н. А.Е. Давыдов (ИП Давыдов Алексей Евгеньевич) при участии: С.А. Волков, к.т.н. И.А. Матюнина и В.М. Пугачев (Частное учреждение Госкорпорации «Росатом» «ОЦКС»); Е.С. Бабушкин, Е.А. Бодрова, П.А. Бражников, Д.А. Лысенко и д.т.н., доц. П.Д. Челышков (АО «НИЦ «Строительство»); д.т.н., проф. А.Н. Панкратенко, к.т.н. А.Г. Полянкин, Д.Н. Михайлова, Д.В. Котик и А.К. Москалев (НИТУ «МИСиС»).

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

Справочно-методическое пособие согласовано Департаментом градостроительной политики города Москвы (далее – Департамент) и Департаментом строительства города Москвы, одобрено и рекомендовано для практического применения профильными организациями Экспертной комиссией по инновационным технологиям и техническим решениям Департамента (протокол заседания от 25.03.2022 № 2022/1).

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В справочно-методическом пособии приняты следующие термины и определения:

**Актив** – идентифицируемый предмет, вещь или объект, который имеет потенциальную или действительную ценность для организации.

*Примечание: актив также относится к понятиям «здание» и «сооружение», участвующим в определении термина «жизненный цикл здания или сооружения».*

**Аспект** – точка зрения, с которой рассматриваются предметы, понятия, явления.

**Атрибутивные данные** – существенные свойства элемента цифровой информационной модели, определяющие его характеристики, представленные в виде алфавитно-цифровых символов.

**Валидация цифровой информационной модели** – процесс установления соответствия содержания включенных в цифровую информационную модель атрибутивных и геометрических данных определенному набору требований.

**Верификация цифровой информационной модели** – процесс установления соответствия состава включенных в цифровую информационную модель атрибутивных и геометрических данных определенному набору требований.

**Геометрические данные** – показатели, определяющие размеры, форму и пространственное расположение элемента цифровой информационной модели.

**Жизненный цикл здания или сооружения** – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения.

**Задача применения информационного моделирования** (*англ.* BIM use) – способ и соответствующий процесс создания и использования ЦИМ/ЦММ на различных стадиях жизненного цикла объекта для достижения одной или нескольких целей инвестиционно-строительного проекта.

**Закрытый способ строительства подземных сооружений** – способ разработки подземных сооружений без вскрытия земной поверхности над ними.

**Инвестиционно-строительный проект** – комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленных на создание объекта (основных фондов), комплекса объектов производственного или непроизводственного назначения, линейных сооружений в условиях временных и ресурсных ограничений.

**Инженерная цифровая модель местности (ИЦММ):** совокупность взаимосвязанных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических данных, инженерно-геотехнических данных и данных о территории объекта капитального строительства, представленных в цифровом виде для автоматизированного решения задач управления процессами на жизненном цикле объектов капитального строительства.

[СП 333.1325800.2020, пункт 3.1.5]

**Информационная модель актива** (*англ.* Asset information model, AIM) – информационная модель, относящаяся к этапу эксплуатации актива.

**Информационная модель нормативно-техническая** (*англ.* Regulatory information model, RIM) – информационная модель, отражающая связи с положениями нормативных

технических документов, обязательных к применению при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов капитального строительства.

**Информационная модель объекта капитального строительства (ИМ ОКС):** Совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства.

[Градостроительный кодекс России (глава 1, ст. 1, пункт 10\_3)]

**Информационная модель организации** (*англ.* Organizational information model, OIM) – информационная модель, обеспечивающая теоретическую основу для анализа потребностей организации в информации, процессы получения и использования потребной информация, а также цели, лежащие в основе использования информации.

**Информационная модель подземного сооружения транспортного назначения:** Совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов о подземном сооружении транспортного назначения, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) вывода из эксплуатации, за исключением информации ограниченного доступа.

**Информационная модель проекта** (*англ.* Project information model, PIM) – информационная модель, относящаяся к этапу изысканий, проектирования и строительства.

**Информационная система** – совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств.

**Коллизия информационной модели** – противоречие между двумя и более элементами информационной модели

**Компонент** – цифровое представление физических и функциональных характеристик отдельного элемента объекта строительства, предназначенное для многократного использования. Компонент, примененный в модели, становится элементом модели.

**Линейный объект** – объекты автомобильно-дорожного и железнодорожного транспорта, метрополитен, линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, и другие подобные сооружения со всеми объектами, входящими в их инфраструктуру.

**Линия метрополитена** – автономная часть метрополитена со станциями, перегонами и тупиками, предназначенная для движения поездов по одному маршруту

**Метрополитен** – вид электрифицированного городского внеуличного (подземного, наземного, надземного) пассажирского транспорта

*Примечание: метрополитен является электрифицированным рельсовым транспортом, предназначенным для пассажирских перевозок в городской среде.*

**Мониторинг** – комплексная система регламентированных периодических наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния природной среды с целью выявления негативных изменений и разработки рекомендаций по их устранению или ослаблению.

**Обделка** – постоянная несущая конструкция, воспринимающая внешние нагрузки, ограждающая тоннель и образующая его внутреннюю поверхность.

**Опускные сооружения** – подземные сооружения различного назначения, конструкции которых возводятся на земной поверхности, а затем опускаются на проектную глубину.

**Открытый способ строительства подземных сооружений** – комплекс взаимосвязанных производственных процессов по сооружению подземных выработок со вскрытием над ними дневной поверхности для размещения в них различных народнохозяйственных объектов.

**Открытый формат данных** – формат данных с открытой спецификацией.

*Примечание: формат IFC (Industry Foundation Classes, отраслевые базовые классы) является форматом и схемой данных с открытой спецификацией. Служит международным стандартом (ISO 16739-1:2018) обмена данными в области ТИМ.*

**План реализации проекта с использованием информационного моделирования; ПИМ:** Технический документ, который разрабатывается, как правило, генпроектной и (или) генподрядной организацией для регламентации взаимодействия с субпроектными/субподрядными организациями и согласовывается с заказчиком.  
[СП 404.1325800.2018 (п. 3.1.16)]

**Подземное сооружение транспортного назначения, ПСТН:** протяженное подземное (подводное) инженерное сооружение, предназначенное для транспортных целей.

**Подземное строительство** – производственная деятельность по строительству и реконструкции подземных сооружений различного назначения, а также приспособление природных полостей, т. е. доведение их формы и размеров до проектных величин и последующее обустройство в соответствии с функциональным назначением объекта.

**Проектная документация** представляет собой документацию, содержащую материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющую архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта.  
[Градостроительный кодекс РФ (глава 6, ст. 48, пункт 2)]

**Проектирование подземных сооружений транспортного назначения** – деятельность по разработке, согласованию, прохождению экспертизы и утверждению (переутверждению) проектной документации на строительство и эксплуатацию ПСТН.

**Проприетарный формат** – формат, разработанный и поддерживаемый правообладателями программного обеспечения.

**Программное обеспечение ТИМ** (англ. BIM software application) – программное обеспечение, применяемое для создания, модификации, анализа, управления, публикации, совместного использования, завершения или выполнения иных действий с элементами цифровой информационной модели.

**Рабочая документация** представляет собой документацию, содержащую материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели, в соответствии с которой осуществляются строительство, реконструкция объекта капитального строительства, их частей. Рабочая документация разрабатывается на основании проектной документации. Подготовка проектной документации и рабочей документации может осуществляться одновременно.  
[Градостроительный кодекс РФ (глава 6, ст. 48, пункт 2\_1)]

**Среда общих данных** – комплекс программно-технических средств, представляющих единый источник данных, обеспечивающий совместное использование информации всеми участниками процесса строительства (СОД, *англ.* common data environment, *CDE*).

**Стадия жизненного цикла** – часть жизненного цикла, имеющая неизменный набор целей.

*Примечание: укрупнённо жизненный цикл состоит из следующих стадий: планирование, проектирование, строительство, эксплуатация. В свою очередь, каждая стадия в зависимости от сложности проекта, реализуемого на этой стадии, может рассматриваться как состоящая из более простых этапов (подэтапов); например, проектирование можно рассматривать как совокупность изысканий, предпроектных работ, проектирования стадий «П» и «Р».*

**«Стена в грунте»** – способ возведения ограждения котлованов подземных или заглубленных сооружений, с созданием несущих или противофильтрационных стен из монолитного (сборного) железобетона в траншеях, с использованием тиксотропного глинистого раствора или с помощью буронабивных свай.

**Технологии информационного моделирования (зданий и сооружений)** – деятельность по созданию, управлению и хранению электронной информации о зданиях и сооружениях на всех или отдельных стадиях их жизненного цикла, результатом которой является создание информационной модели здания или сооружения.

*Примечание: Термин «технологии информационного моделирования» равнозначен англоязычному термину «Building Information Modelling» (BIM) и может применяться в национальных стандартах, документах по стандартизации и любых других нормативных и нормативно-технических документах в качестве аббревиатуры «ТИМ».*

**ТИМ-задачи** – см. задачи применения информационного моделирования.

**Тоннель** – горизонтальное или слабонаклонное протяженное подземное искусственное сооружение, предназначенное для транспорта, пропуска воды, размещения коммуникаций и других целей.

**Тоннель глубокого заложения** – тоннель с глубиной заложения более 15 м.

**Тоннель мелкого заложения** – тоннель с глубиной заложения до 15 м включительно.

**Требования к информации нормативно-технические** (*англ.* Regulatory information requirements, RIR) – требования к информации в отношении выполнения требований нормативно-технических документов.

**Требования к информации корпоративные** (*англ.* Organizational information requirements, OIR) – требования к информации в отношении целей организации.

**Требования к информации об активах** (*англ.* Asset information requirements, AIR) – требования к информации в отношении эксплуатируемого актива.

**Требования к информации по проекту** (*англ.* Project information requirements, PIR) – требования к информации в отношении реализации проекта капитального строительства актива.

**Требования к обмену информацией (ТОИ, *англ.* Exchange information requirements, EIR)** – Набор информации, необходимый для обмена в процессе поддержания конкретного бизнес-требования на определенной фазе или стадии процесса.

[СП 331.1325800.2017, пункт 3.1.22]

*Требования заказчика (государственного заказчика, застройщика, технического заказчика или юридического лица, осуществляющего функции технического заказчика), определяющие информацию, предоставляемую заказчику в процессе реализации инвестиционно-строительного проекта с применением информационного моделирования, задачи применения информационного моделирования, а также требования к применяемым информационным стандартам и регламентам.*

**Управление жизненным циклом объектов капитального строительства** – совокупность формализованных взаимосвязанных последовательных процессов управления изменением состояния объекта капитального строительства и ассоциированными с ним данными от инициирования проекта до сноса объекта капитального строительства.

**Уровень проработки модели** – набор требований, определяющий полноту проработки элемента цифровой информационной модели. Уровень проработки задает минимальный объем геометрических, пространственных, количественных, а также любых атрибутивных данных, необходимых для решения задач информационного моделирования на конкретной стадии жизненного цикла объекта.

**Усиленная квалифицированная электронная подпись** – электронная подпись, обладающая дополнительными признаками защищенности: ключом проверки и подтвержденными средствами электронной подписи.

**Цифровая информационная модель** (трехмерная модель) ЦИМ: электронный документ в составе информационной модели объекта капитального строительства (ИМ ОКС), представленный в цифровом объектно-пространственном виде.  
[СП 333.1325800.2020, пункт 3.1.6]

*Примечание: Примерами ЦИМ являются ЦИМ ОКС, ЦИМ ПСТН, ИЦММ и другие виды цифровых информационных моделей, применяемых для различных целей*

**Цифровая информационная модель подземного сооружения транспортного назначения** (трехмерная модель) ЦИМ ПСТН: электронный документ в составе информационной модели подземного сооружения транспортного назначения ИМ ПСТН, представленный в цифровом объектно-пространственном виде.

**Цифровая модель рельефа** – Информация о рельефе местности, адекватная ее топографической реальности, представленная совокупностью точек с известными координатами и высотами, с возможностью аппроксимации рельефа в любой точке модели.  
[ГОСТ 32869-2014 , пункт 3.31]

**Цифровая модель ситуации** – Цифровое представление объектов местности (кроме рельефа), адекватное топографической реальности, включающее их геометрическое описание средствами векторной модели данных в виде набора точек и полилиний в плановых или пространственных координатах, определяющих их границы, отображение условными знаками и семантическое описание в виде определенного классификатором набора характеристик.  
[ГОСТ 32869-2014 , пункт 3.32]

**Электронная подпись** – информация в электронной форме, которая присоединена к другой информации в электронной форме (подписываемой информации) или иным образом связана с такой информацией и которая служит для определения лица, подписывающего информацию.

**Электронный документ** – документированная информация, представленная в электронной форме, т. е. в виде, пригодном для восприятия человеком с помощью электронных вычислительных машин, а также для передачи по информационно-телекоммуникационным сетям или обработки в информационных системах.

**Элемент цифровой информационной модели** – цифровое представление части объекта капитального строительства или территории, характеризуемое атрибутивными и геометрическими данными.

## СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

В справочно-методическом пособии приняты следующие сокращения и обозначения:

**AIM** (*англ.* Asset information model) – информационная модель актива.

**AIR** (*англ.* Asset information requirements) – требования к информации об активах.

**API** (*англ.* Application Programming Interface) – программный интерфейс приложения, интерфейс прикладного программирования.

**БЕР** (*англ.* **BIM Execution Plan**) – план реализации проекта с использованием информационного моделирования; ПИМ.

**BIM** (*англ.* Building Information Modeling) – информационное моделирование в строительстве (информационное моделирование объектов капитального строительства). В русском языке соответствует аббревиатуре «ТИМ», см. далее.

**BIM 3D** – объектно-ориентированная модель, имеющая трехмерное геометрическое представление и информационное наполнение в части свойств – описаний элементов, их материалов, технических характеристик.

**BIM 4D** – модель BIM 3D, в компоненты которой добавлены сведения об их плановых сроках монтажа и возведения. Модели 4D применяются для календарного планирования производства работ, изготовления изделий и планирования поставок ресурсов.

**BIM 5D** – модель BIM 4D, в компоненты которой добавлены сведения о расценках или прямое указание стоимости. Модели 5D служат для расчетов смет и финансового планирования строительно-монтажных работ и работ по эксплуатации и техническому обслуживанию.

**BIM 6D** – модель BIM 5D, в компоненты которой добавлены сведения о фактических сроках возведения конструкций, монтажа оборудования, потребляемых ресурсах, влиянии на окружающую среду и существующую застройку. Модели 6D применяются в качестве исполнительных моделей и служат для передачи в эксплуатацию.

**BIM 7D** – модель BIM 6D, в компоненты которой добавлены сведения об условиях эксплуатации и работах по техническому обслуживанию актива. Модели 7D применяются в качестве эксплуатационных моделей и служат источниками информации для проведения анализа эксплуатации на перспективный период.

**EIR** (*англ.* Exchange Information Requirements) – требования к обмену информацией ТОИ (ранее -информационные требования заказчика).

**ERP** (*англ.* Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия, организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами.

**FTP** (*англ.* File Transfer Protocol) – протокол передачи файлов по сети.

**IaaS** (*англ.* Infrastructure as a Service) – модель получения информационно-технологической инфраструктуры как услуги. Примером может служить аренда мощностей в центрах обработки данных.

**OIM** (*англ.* Organizational information model) – корпоративная информационная модель.

**OIR** (*англ.* Organizational information requirements) – требования к информации (корпоративные).

**PaaS** (*англ.* Platform as a Service) – модель предоставления облачных вычислений, при которой потребитель получает доступ к использованию информационно-технологических платформ: операционных систем, систем управления базами данных, связующему программному обеспечению, средствам разработки и тестирования, размещённым у провайдера.

**PDM** (*англ.* Product Data Management) – модель управления данными об изделии.

**PIM** (*англ.* Project information model) – проектная информационная модель (на стадиях до начала эксплуатации).

*Примечание: не смешивать с информационной моделью стадии проектирования. В силу особенности русского языка переводы английских слов design и project звучат одинаково, однако в данном случае под «проектом» понимается период жизненного цикла объекта от первоначального замысла до ввода объекта в эксплуатацию – реализация замысла.*

**PIR** (*англ.* Project information requirements) – требования к проектной информации (на стадиях до начала эксплуатации).

**PLM** (*англ.* Product Lifecycle Management) – процесс управления полным жизненным циклом объекта.

**RIM** (*англ.* Regulatory information model) – нормативно-техническая информационная модель.

**RIR** (*англ.* Regulatory information requirements) – требования к информации (нормативно-технические).

**SaaS** (*англ.* Software as a Service) – модель получения программного обеспечения на предоплаченное время как услуги, при которой пользователям предоставляется готовое прикладное программное обеспечение, полностью обслуживаемое провайдером.

**VPN** (*англ.* Virtual Private Network) – виртуальная частная сеть.

**АИС** – автоматизированная информационная система.

**ВСП** – верхнее строение пути.

**ВИМ**- владелец информационной модели.

**ДГП** – Департамент градостроительной политики города Москвы.

**ЖЦ** – жизненный цикл объекта строительства.

**ИМ** – информационная модель.

**ИСП** – инвестиционно-строительный проект.

**ИТ** – информационные технологии.

**ИЦММ** – инженерная цифровая модель местности.

**ЛО** – линейный объект.

**МГЭ** – Государственное автономное учреждение города Москвы «Московская Государственная Экспертиза» (Мосгосэкспертиза).

**НПА** – нормативный(нормативные) правовой (правовые) акт (акты).

**НТД** – нормативный (нормативные) технический (технически) документ (документы).

**ОКС** – объект капитального строительства.

**ПД** – проектная документация.

**ПИМ** - план реализации проекта с использованием информационного моделирования;

**ПИР** – проектно-изыскательские работы.

**ПО** – программное обеспечение.

**ПОС** – проект организации строительства.

**ПС** – подземные сооружения.

**ПСТН** – подземные сооружения транспортного назначения.

**СМР** – строительно-монтажные работы.

**СУБД** – система управления базами данных.

**СУИД** – система управления инженерными данными – программно-технологический инструмент для управления инженерными данными по средствам структурированной информационной модели ОКС.

**ТАР** – Тоннельная ассоциация России.

**ТИМ** – технология информационного моделирования.

**ТПМК** – тоннелепроходческий механизированный комплекс.

**ТОИ** – требования к обмену информацией.

**УКЭП** – усиленная квалифицированная электронная подпись.

**ФСБ** – Федеральная служба безопасности.

**ЦИМ** – цифровая информационная модель.

**ЦМС** – цифровая модель ситуации.

**ЦМР** – цифровая модель рельефа.

**ЦОД** – центр обработки данных.

**ЦХОД** – центр хранения и обработки данных.

**ЭЦП** – электронная цифровая подпись.

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 27.05.2022 № 963).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.05.2021 № 815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985».
4. Постановление Правительства Москвы от 21.05.2015 № 306-ПП «О функциональном назначении объектов капитального строительства в городе Москве».
5. Приказ Минстроя России от 12.05.2017 № 783/пр «Об утверждении требований к формату электронных документов, представляемых для проведения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий и проверки достоверности определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».
6. Приказ Москомэкспертизы от 26.06.2019 № МКЭ-ОД/19-39 «Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования».
7. Приказ Москомэкспертизы от 09.09.2020 № МКЭ-ОД/20-45 «О внесении изменения в приказ от 26 июня 2019 года № МКЭ-ОД/19-39 «Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования».
8. Приказ Москомэкспертизы от 11.10.2021 № МКЭ-ОД/21-77 «Об утверждении требований к информационным моделям линейных объектов капитального строительства».
9. Письмо Департамента градостроительной политики города Москвы от 10.11.2021 № ДГП-03-3712/21-3 «Об утверждении Регламентов объектов метрополитена на МРГ ТИМ».
10. СП 120.13330.2012 Метрополитены.
11. СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами.
12. СП 331.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах.
13. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.

14. СП 328.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели.

15. СП 404.1325800.2018 Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования.

16. СП 471.1325800.2019 Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ.

17. ГОСТ Р 55062-2012 Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения.

18. ГОСТ Р 57309-2016 (ИСО 16354:2013) Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов.

19. ГОСТ Р ИСО 22263–2017 Модель организации данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией.

20. ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных.

21. ГОСТ Р 10.0.03-2019/ИСО 29481-1:2016 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат.

22. ГОСТ Р 10.0.04-2019/ИСО 29481-2:2012 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 2. Структура взаимодействия.

23. ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации.

24. ГОСТ Р 10.0.06-2019/ИСО 12006-3:2007 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией.

## 1. СПРАВОЧНАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Возможность применения нормативно-правовых актов и нормативно-технической документации в области технологий информационного моделирования при проектировании подземных сооружений транспортного назначения

Таблица 1

Группа	Обозначение и наименование документа	Возможность применения на стадии		
		Изыс-кания	Проек-тиро-вание	Строи-тель-ство
Экономические аспекты	Приказ Минстроя России от 4 августа 2020 г. № 421/пр «Об утверждении методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации»	да	да	да
	Приказ Минстроя России от 24 декабря 2020 г. № 854/пр «Об утверждении методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации, содержащей материалы в форме информационной модели»	нет	да	нет
Физические аспекты	СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами	нет	нет	нет
	СП 404.1325800.2018 Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования	да	да	да
	СП 471.1325800.2019 Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ	нет	нет	да
Правовые аспекты	Федеральный закон № 190-ФЗ от 29.12.2004 «Градостроительный кодекс Российской Федерации»	да	да	да

	<p>Постановление Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства»</p>	да	да	да
	<p>Постановление Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 1558 «О государственной информационной системе обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации»</p>	да	да	да
	<p>Постановление Правительства Российской Федерации от 05 марта 2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства»</p>	да	да	да
Информационно-технические (ИТ) аспекты	<p>ГОСТ Р 57309-2016 (ИСО 16354:2013) Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов</p>	да	да	да
	<p>ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства</p>	нет	нет	нет
	<p>ГОСТ Р ИСО 22263-2017 Модель организационных данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией</p>	нет	нет	да
	<p>ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений</p>	да	да	да

ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных	нет	нет	нет
ГОСТ Р 10.0.03-2019/ИСО 29481-1:2016 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат	да	да	да
ГОСТ Р 10.0.04-2019/ИСО 29481-2:2012 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 2. Структура взаимодействия	да	да	да
ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации	да	да	да
ГОСТ Р 10.0.06-2019/ИСО 12006-3:2007 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией	да	да	да
ГОСТ Р 58438.1-2019 Структуры данных электронных каталогов продукции для инженерных систем зданий. Часть 1. Понятия, архитектура и модель	да	да	да
ГОСТ Р 58438.2-2020 Структура данных электронных каталогов продукции для инженерных систем зданий. Часть 2. Геометрия	да	да	да
ГОСТ Р 58907-2020 Строительство. Планирование срока службы объектов строительства. Часть 4. Планирование срока службы с использованием информационного моделирования	нет	нет	нет
СП 331.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и	да	да	да

	моделями, используемыми в программных комплексах			
	СП 328.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели	да	да	да
	СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла	да	да	да
	УД-18-31902/20 от 22.12.2020 Регламент обмена информацией при применении информационных моделей на этапе эксплуатации объектов метрополитена	нет	нет	нет
	PAS 8810:2016 Проектирование тоннелей. Проектирование бетонной облицовки тоннелей. Своды правил	нет	да	нет
	DIN VDI 2552 Blatt 4:2020 Технологии информационного моделирования. Требования к обмену данными	да	да	да
	Railway BIM Data Standard	да	да	да
	Standard for Information Model Data Storage of Electric Power, Traction Power Supply, Communications, and Signaling Railway Engineering	нет	нет	нет

## 1.2. Типы подземных сооружений транспортного назначения и работы на этапах их жизненного цикла

Подземные сооружения (ПС) могут быть классифицированы по их назначению, месту расположения, глубине заложения и методу строительства.

Основной частью подземных сооружений в отношении организации сообщения и транспортировки между узлами и пунктами назначения являются тоннели.

По своему назначению тоннели делятся на 5 групп: транспортные, гидротехнические, коммунальные, горнопромышленные, специального назначения.

По месту расположения тоннели делятся на 3 типа: горные, подводные, городские

По глубине заложения тоннели делятся на 2 типа: мелкого заложения, глубокого заложения.

По способу строительства тоннели делятся на 3 типа: закрытые, открытые, опускные.

Полная классификация тоннелей представлена на рис 1 [1, 63, 64].

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

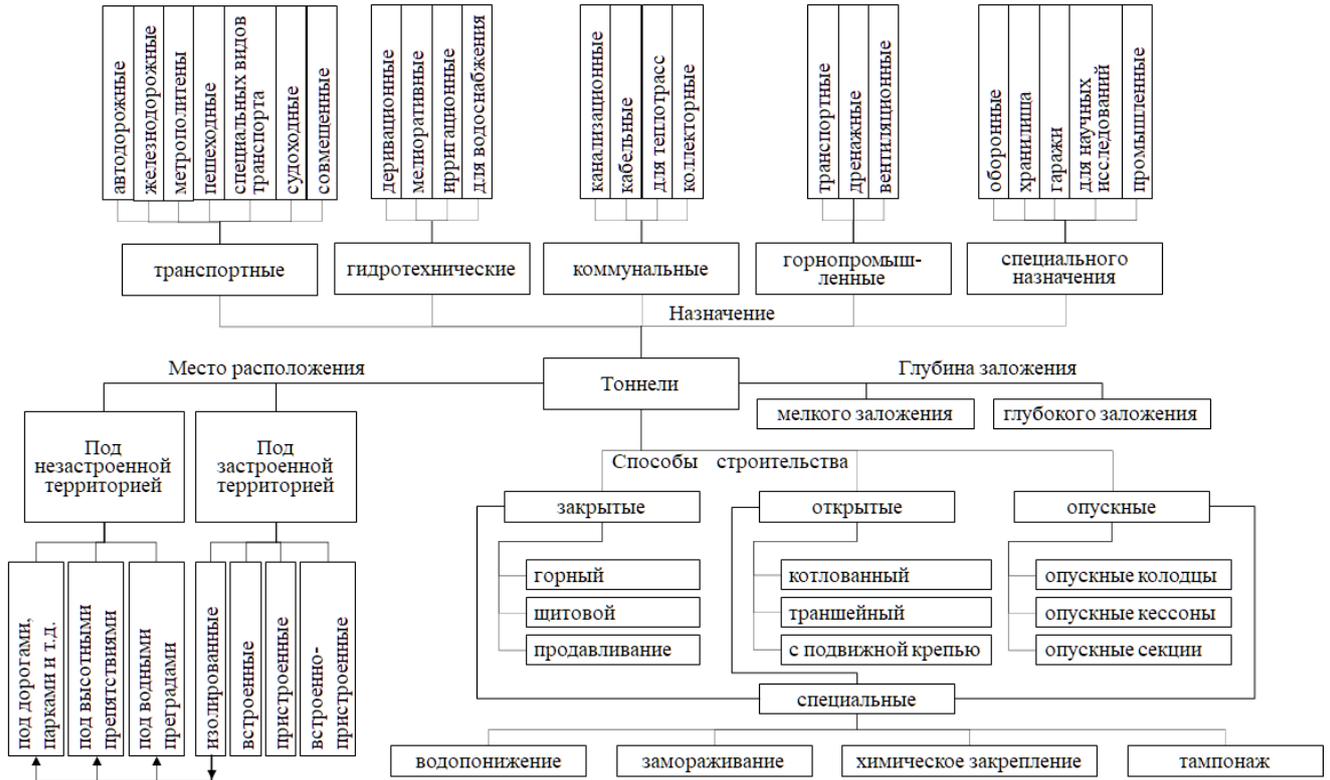


Рис. 1. Классификация тоннелей по функциональному назначению и способам строительства

Для подземной части метрополитена может принята следующая классификационная схема (рис. 2) [1].

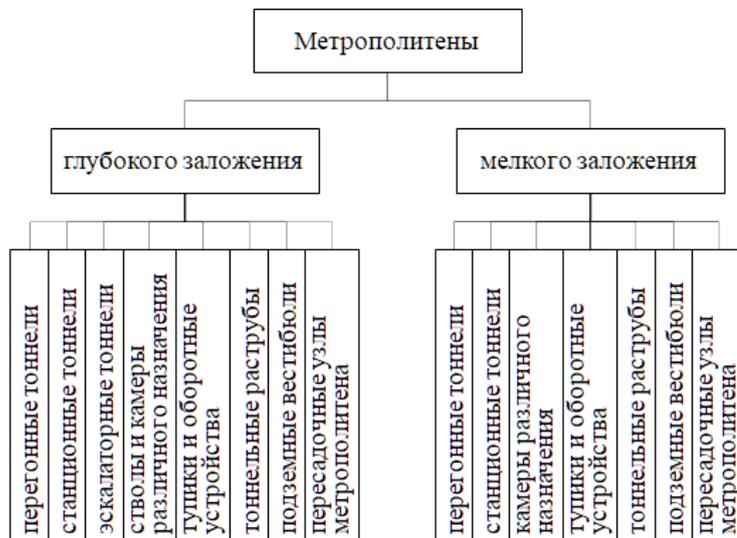


Рис. 2. Классификационная схема подземной части метрополитена

### 1.3. Мировой опыт создания информационных моделей подземных сооружений транспортного назначения

В настоящее время существует множество примеров применения ТИМ в проектах подземных сооружений транспортного назначения. Часть из них приведена в таблице 2.

Таблица 2

<i>№ п.п.</i>	<i>Наименование проекта</i>	<i>Город, страна</i>	<i>URL-адрес</i>
1	Bogota	Богота, Колумбия	<a href="https://www.metrodebogota.gov.co">https://www.metrodebogota.gov.co</a>
2	Elizabeth Line (Crossrail)	Лондон, Великобритания	<a href="https://www.crossrail.co.uk">https://www.crossrail.co.uk</a>
3	Hamburg U5	Гамбург, Германия	<a href="https://www.hamburg.de/u5">https://www.hamburg.de/u5</a>
4	HS2	Великобритания	<a href="https://www.hs2.org.uk">https://www.hs2.org.uk</a>
5	Nagpur Metro Rail	Нагпур, Индия	<a href="https://www.metrotrainagpur.com">https://www.metrotrainagpur.com</a>
6	New York City Subway	Нью-Йорк, США	<a href="http://www.lirvdc.com/east-side-access">http://www.lirvdc.com/east-side-access</a>
7	Paris Grand Express	Париж, Франция	<a href="https://www.societedugrandparis.fr">https://www.societedugrandparis.fr</a>
8	Stockholm Metro	Стокгольм, Швеция	<a href="https://www.mtrnordic.se">https://www.mtrnordic.se</a>
9	Stuttgart 21	Штутгарт, Германия	<a href="https://www.bahnprojekt-stuttgart-ulm.de/aktuell">https://www.bahnprojekt-stuttgart-ulm.de/aktuell</a>
10	Tokyo Metro Ginza Line Shibuya Station	Токио, Япония	<a href="https://www.jreast.co.jp/e">https://www.jreast.co.jp/e</a>
11	U-Bahnhof Sendlinger Tor	Мюнхен, Германия	<a href="https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bauprojekte/modernisierung-sendlinger-tor.html">https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bauprojekte/modernisierung-sendlinger-tor.html</a>
12	São Paulo metro	Сан-Паулу, Бразилия	<a href="http://www.metro.sp.gov.br/">http://www.metro.sp.gov.br/</a>
13	Doha Metro	Доха, Катар	<a href="https://www.qr.com.qa/home">https://www.qr.com.qa/home</a>
14	Toulouse Metro	Тулуза, Франция	<a href="https://www.tisseo.fr">https://www.tisseo.fr</a>
15	Gotthard Basic tunnel	Швейцарские Альпы	<a href="https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/projekte/projekte-mittelland-tessin/neat/gotthard-basistunnel.html">https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/projekte/projekte-mittelland-tessin/neat/gotthard-basistunnel.html</a>
16	Guangzhou Metro	Гуанчжоу, КНР	<a href="https://cs.gzmtr.com/ckfwEnglish/">https://cs.gzmtr.com/ckfwEnglish/</a>
17	Klang Valley Mass Rapid Transit (KVMRT), Kuala Lumpur Metro	Куала Лумпур, Малайзия	<a href="https://myrapid.com.my/bus-train/rapid-kl/mrt/">https://myrapid.com.my/bus-train/rapid-kl/mrt/</a>
18	Surat Metro	Сурат, Индия	<a href="https://www.gujaratmetrorail.com/">https://www.gujaratmetrorail.com/</a>

<i>№ п.п.</i>	<i>Наименование проекта</i>	<i>Город, страна</i>	<i>URL-адрес</i>
19	Brenner Basistunnel	Австрийские и итальянские Альпы	<a href="https://www.bbt-se.com/">https://www.bbt-se.com/</a>
20	Singapore Metro	Сингапур	<a href="https://mrt.sg/">https://mrt.sg/</a>

Международные компании, связанные с проведением работ по проектированию и/или строительству подземных сооружений транспортного назначения, выборочно приведены в таблице 3.

Таблица 3

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование компании</b>	<b>Город, страна</b>	<b>URL-адрес</b>
1	Crossrail Ltd.	Лондон, Великобритания	<a href="https://www.crossrail.co.uk">https://www.crossrail.co.uk</a>
2	Group SYSTRA	Лондон, Великобритания	<a href="https://www.systra.com">https://www.systra.com</a>
4	HS2	Великобритания	<a href="https://www.hs2.org.uk">https://www.hs2.org.uk</a>
3	Hochbahn AG	Гамбург, Германия	<a href="https://www.hochbahn.de">https://www.hochbahn.de</a>
4	ZPP INGENIEURE AG	Бохум, Германия	<a href="https://www.zpp.de">https://www.zpp.de</a>
5	WTM Engineers GmbH	Гамбург, Германия	<a href="https://www.wtm-engineers.de">https://www.wtm-engineers.de</a>
6	DB Engineering & Consulting	Берлин, Германия	<a href="https://db-engineering-consulting.com">https://db-engineering-consulting.com</a>
7	Tokyu Construction Group	Токио, Япония	<a href="https://www.tokyu-cnst.co.jp/en">https://www.tokyu-cnst.co.jp/en</a>
8	AECOM Nordic	Стокгольм, Швеция	<a href="https://aecom.com/nordic">https://aecom.com/nordic</a>
9	ASM Consulting	Стокгольм, Швеция	<a href="https://www.asmconsulting.se">https://www.asmconsulting.se</a>
10	SWECO	Стокгольм, Швеция	<a href="https://www.sweco.se">https://www.sweco.se</a>
11	EnTech Engineering	Нью-Йорк, США	<a href="https://www.entech.nyc">https://www.entech.nyc</a>
12	LiRo Group	Нью-Йорк, США	<a href="https://www.liro.com">https://www.liro.com</a>
13	MTA Construction & Development	Нью-Йорк, США	<a href="https://new.mta.info/agency/construction-and-development">https://new.mta.info/agency/construction-and-development</a>
14	ARUP	Франкфурт-на- Майне, Германия	<a href="https://www.arup.com">https://www.arup.com</a>
15	Nagpur Metro Rail Corporation Limited (NMRCL)	Нагпур, Индия	<a href="https://www.metrorailnagpur.com">https://www.metrorailnagpur.com</a>

№ п.п.	Наименование компании	Город, страна	URL-адрес
16	TECHTURE	Нагпур, Индия	<a href="https://www.techture.global">https://www.techture.global</a>
17	Transportes Metropolitanos	Сан-Паулу, Бразилия	<a href="http://www.metro.sp.gov.br">http://www.metro.sp.gov.br</a>
18	Heleno & Fonseca Construtécnica	Сан-Паулу, Бразилия	<a href="http://www.hfc.com.br/site.htm">http://www.hfc.com.br/site.htm</a>
19	SFF Ingenieure	Мюнхен, Германия	<a href="https://www.ssf-ing.de/index.html">https://www.ssf-ing.de/index.html</a>
20	Tisséo Ingénierie	Тулуза, Франция	<a href="https://www.tisseo-ingenierie.fr">https://www.tisseo-ingenierie.fr</a>
21	ILF	Вена, Австрия	<a href="https://www.ilf.com">https://www.ilf.com</a>
22	Transport for London	Лондон, Великобритания	<a href="https://tfl.gov.uk">https://tfl.gov.uk</a>
23	AXIMA Concept (ENGIE Solutions)	Нант, Франция	<a href="https://www.engie-solutions.com/en">https://www.engie-solutions.com/en</a>
24	Guangzhou Metro Design & Research Institute	Гуанчжоу, КНР	<a href="https://www.gmdi.cn">https://www.gmdi.cn</a>
25	CRCC (China Railway Construction Corporation)	Пекин, КНР	<a href="http://www.crcc.cn">http://www.crcc.cn</a>
26	MMC Gamuda	Куала Лумпур, Малайзия	<a href="https://mmcgamudamrt.com.my">https://mmcgamudamrt.com.my</a>
27	Ed. Züblin AG	Штутгарт, Германия	<a href="https://www.zueblin.de">https://www.zueblin.de</a>
28	Werner Sobek AG	Штутгарт, Германия	<a href="https://www.wernersobek.com">https://www.wernersobek.com</a>

*Примечание: Перечень примеров проектов и их описания приведены в Приложении А*

#### **1.4. Документы информационного менеджмента**

Процессы информационного менеджмента и его основополагающие документы в области информационного менеджмента описаны в серии стандартов ISO 19650. К таким документам относятся:

- ПИМ- план реализации проекта с использованием информационного моделирования (англ. BEP, BIM Execution Plan);
- ТОИ – требования к обмену информацией (англ. EIR, Exchange Information Requirements);
- Матрица ответственностей.

ТОИ, в свою очередь, включает в себя вышестоящие требования – PIR, AIR, OIR, RIR, в соответствии с IDM, стандартизированным ISO 29481 (см. Рис. 3).

#### **Требования к обмену информацией (ТОИ)**

ТОИ – (англ. Exchange Information Requirements, EIR) обязательный элемент для проекта ПСТН с использованием ТИМ. Это стратегически важный комплект документов

(приложений к договорам с подрядчиками), определяющий весь процесс информационного моделирования при создании объекта строительства ПСТН. Требования к обмену информацией предъявляются индивидуально каждому исполнителю (и согласуются с ним), при этом являясь уточнением общих требований по обмену информацией по всему проекту.

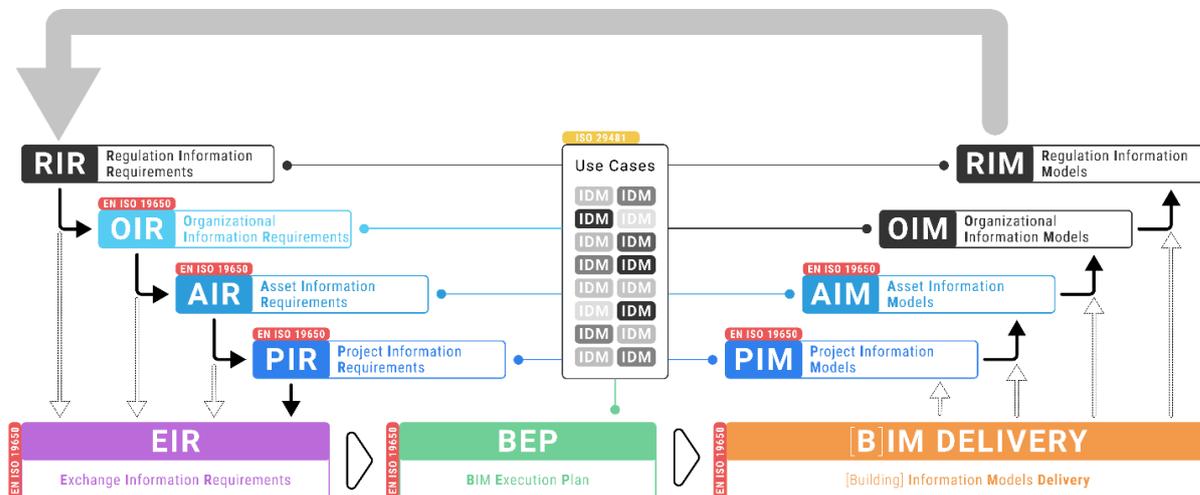


Рис. 3. Различные уровни требований к информации могут использовать IDM для определения конкретных информационных моделей

Требования к обмену информацией составляются с целью:

- облегчить понимание задач исполнителями договора (определить соответствующий уровень знаний и квалификацию исполнителей, а также сложность выполняемой работы);
- снизить риски при выполнении договора (некомпетентность подрядчиков, сроки, качество и стоимость выполняемых работ);
- обеспечить управление информацией по проекту (единые правила накопления и использования информации, подготовки входных и получения выходных данных для любой задачи);
- максимально использовать все преимущества информационного моделирования (единая модель, актуальность информации и доступ к ней для всех участников проекта).

Типовые требования к обмену информацией подразделяются на три раздела:

- а) Технические;
- б) Организационные;
- в) Информационные.

**Технические требования**, как правило, включают следующие блоки:

- Описание требований при осуществлении обмена информации посредством SaaS-технологий (облачных) должно иметь указание, что серверная часть программного обеспечения, реализующего функционал информационного обмена, должна соответствовать техническим требованиям по хранению информации в соответствии с текущими НПА Российской Федерации;

- правила соединения отдельных ЦИМ ПСТН в сводную информационную модель ПСТН;
- правила формирования ЦИМ по одной или нескольким дисциплинам проекта;
- обеспечение интероперабельности и правила объединения отдельных ЦИМ, выполняемых в различном программном обеспечении (различных форматах файлов);
- правила наименования и обозначения элементов ЦИМ;
- правила наименования атрибутов и других параметров, используемых в ЦИМ;
- структура организации ЦИМ ПСТН;
- наименование и версии используемого программного обеспечения;
- описание системы общих координат и привязки отдельных ЦИМ;
- безопасность данных (конфиденциальность, схема и уровни доступа для различных участников проекта).

**Организационные требования**, как правило, включают следующие блоки:

- описание СОД (основные правила по организации и использованию, хранение данных, форматы уведомлений и т.п.);
- требования к компетенциям и квалификации разработчиков ЦИМ ПСТН;
- основные этапы проекта (стадийность, ключевые этапы и сроки и т.п.);
- правила обмена информацией (частота предоставления информации, способы и регламент обмена данными, правила доступа к информации других исполнителей и т.п.).

**Информационные требования**, как правило, включают следующие блоки:

- уровень проработки модели: Набор требований, определяющий полноту проработки элемента ЦИМ. Уровень проработки задает минимальный объем геометрических, пространственных, количественных, а также любых атрибутивных данных, необходимых для решения задач информационного моделирования на конкретной стадии ЖЦ объекта;
- уровень детализации к каждому типу элементов или к каждой дисциплине, включенной в ЦИМ;
- требования по рационализации и ускорению геометрического моделирования;
- уровень информативности элементов модели;
- структура атрибутов и других свойств элементов;
- общие принципы ввода информации;
- общие принципы работы с федеративной ЦИМ (настройка видов, спецификации для проверки модели, правила и инструменты проверки коллизий, правила и инструменты проверки проектных решений и т.п.).

На основании ТОИ (EIR) стороны, разрабатывающие ЦИМ ПСТН, составляют ПИМ: План реализации проекта с использованием информационного моделирования.

Требования к обмену информацией определяют конечный результат, который исполнитель должен выдать заказчику как в ходе разработки проекта, так и при выполнении строительно-монтажных работ. На протяжении всех этапов ЖЦ ТОИ (EIR) не подлежит изменению.

## **План реализации проекта с использованием информационного моделирования**

ПИМ: План реализации проекта с использованием информационного моделирования (англ. BIM Execution Plan, BEP) – технический документ, который разрабатывается исполнителем по шаблону, предоставляемому заказчиком, для регламентации взаимодействия с субпроектными/субподрядными организациями. После разработки план реализации ТИМ-проекта согласовывается с заказчиком. В документе содержатся общие правила работы с ТИМ-моделью для всех участников проекта – в частности, отражаются информационные требования заказчика, способы использования ТИМ-моделей, список файлов ТИМ-моделей, стратегия разделения модели на составные части, роли участников процесса информационного моделирования и другие аспекты.

После заключения договора на выполнение проектных или строительных работ Исполнитель должен предоставить Заказчику План реализации проекта с использованием технологии информационного моделирования.

При разработке ПИМ необходимо учесть специфику конкретного проекта и виды собственных работ в нем.

План реализации проекта каждого из исполнителей должен содержать календарный план выполнения работ, а также календарный график выдачи промежуточных и конечных результатов информационного моделирования, который должен быть согласован с соответствующим графиком заказчика.

Также необходимы требования к процедурам согласования, способам и форматам обмена данными, среде общих данных.

При согласовании проектных решений для аннотирования элементов моделей (внесение примечаний, замечаний и предложений) рекомендуется использовать открытые форматы файлов.

Для согласования ролей, функций и зон ответственности участников проекта обязательно проведение стартового совещания по информационному моделированию. Далее заказчик и исполнитель должны совместно:

- определить общие и технические требования, в том числе к результатам ;
- определить требуемое для проведения совещаний программное и аппаратное обеспечение;
- разработать и согласовать процедуру проведения координационных совещаний, на которых используются инструменты технологии информационного моделирования, включая определение периодичности проведения проверок на коллизии;
- назначить постоянных участников совещаний;
- определить периодичность таких совещаний;
- установить требования к сохранности и безопасности данных;
- сформулировать требования к предоставлению ключевых метрик проекта.

*В проекте рекомендуется определить и зафиксировать ключевые метрики, которые необходимо периодически отслеживать, например, такие как расход стали на 1 м<sup>3</sup>, расход бетона, отношение полезной и общей площадей, число коллизий и др.*

**Технические требования к результатам обследования объектов, включающие:**

- требования к форме предоставления данных (обработанное облако точек, необработанное облако точек, обмерные 2D-планы и чертежи, отрисованная 3D-модель элементов или объекта, ортофотоснимки и т. д.);
- требования к формату передаваемых данных, требования по точности съемки для объекта в целом и отдельных элементов объекта;
- требования по ограничению доступа к результатам работ (касается ссылок на облачные ресурсы, публикация после обработки в приложениях, использующих сторонние серверы хранения данных, например).

**Требования к составу ЦИМ и объемам моделирования :**

- привести перечень разделов проекта, по которым необходимо разрабатывать ЦИМ.
- привести по каждому разделу перечень элементов модели, обязательных для моделирования;
- задать требования по разделению цифровой модели;
- задать требования по формированию сводной цифровой модели.

**Требования к уровням проработки элементов ЦИМ:**

- привести минимальные требования к уровням проработки элементов модели.

Исполнители проекта при разработке планов реализации в зависимости от поставленных задач применения технологии информационного моделирования должны сформировать более детальные и уточненные требования к уровням проработки и согласовать их с заказчиком.

**Требования к программному обеспечению:**

- при выборе программного обеспечения заказчик с исполнителем должны согласовать формат обмена данными.

**Требования к составу и форматам выдачи результатов проекта:**

- задать требования к форматам выдачи результатов.

**Требования к согласованности систем координат:**

- все части ЦИМ должны иметь одинаковые системы координат;
- в проекте должны быть определены базовая точка проекта и точка съемки (пункт государственной геодезической сети);
- если абсолютные координаты неизвестны, рекомендуется базовую точку проекта и точку съемки разместить на одном месте.

**Требования к именованию файлов:**

- Заказчику необходимо определить требования к именованию файлов.

**Требования к качеству цифровых информационных моделей** содержат указание основных направлений или их комбинаций, по которым необходимо проводить проверки:

- проверка пространственного положения и геометрических параметров;
- выявление коллизий;
- проверка данных.

В проверку пространственного положения и геометрических параметров следует включать:

- проверку соответствия элементов модели требованиям к уровням проработки (геометрической составляющей);
- проверку на идентичность систем координат;
- проверку точности построения элементов модели;
- проверку на отсутствие дублированных и перекрывающихся элементов;
- проверку на «неразрывность» примыкания элементов конструкций (объекты модели не должны «висеть в воздухе»), на «неразрывность» систем инженерных коммуникаций;
- проверку разделения элементов на уровни (это особенно относится к элементам, которые могут быть построены на высоту нескольких уровней, таким как фасадные стены, колонны и т. д.).

Коллизии необходимо выявлять с целью обнаружить и разрешить все потенциальные конфликты между элементами модели уже на этапе проектирования и не допустить их появления в ходе строительно-монтажных работ.

К выявлению геометрических коллизий относятся:

- поиск, анализ и устранение геометрических пересечений элементов модели;
- поиск, анализ и предотвращение пространственно-временных пересечений;
- поиск, анализ и устранение нарушений нормируемых расстояний между элементами модели.

Выявление, анализ и разрешение коллизий предусматривает:

- создание сводной модели (при междисциплинарной проверке);
- определение проверок, которые необходимо провести, и требований для их успешного прохождения;
- проведение, анализ результатов проверок и формирование журнала коллизий;
- назначение ответственного за устранение коллизий;
- назначение ответственного за контроль над устранением коллизий;
- устранение коллизий;
- проверку на коллизии после их устранения.

### **Схема организации бизнес-процессов с помощью технологии информационного моделирования**

Бизнес-процессы, связанные с ТИМ, можно разделить на две группы:

- процессы по внедрению в организации ТИМ;
- процессы по реализации проектов с помощью ТИМ.

Бизнес-процессы при внедрении ТИМ разделены на этапы (рис. 4).

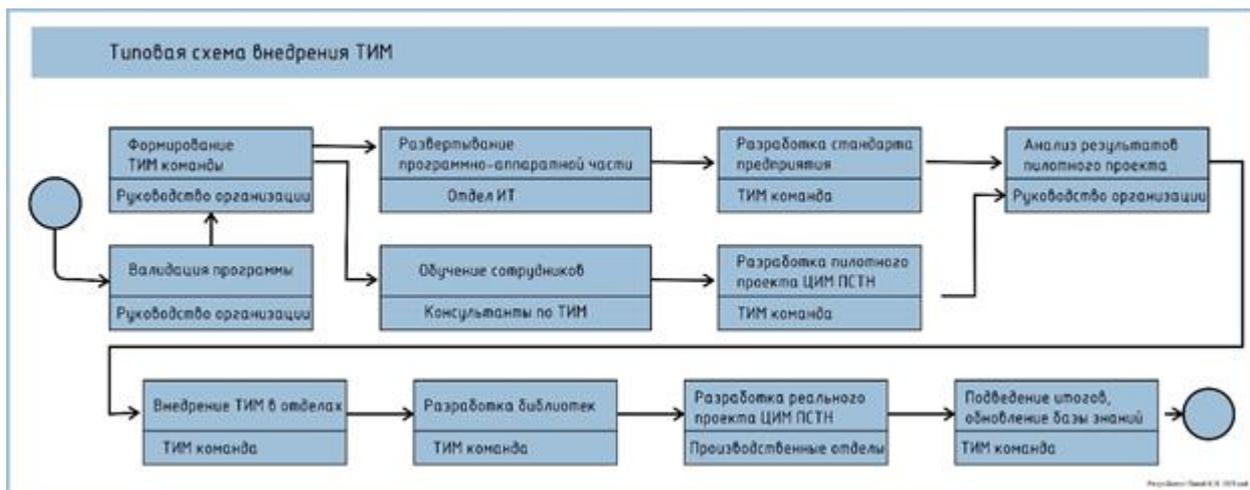


Рис. 4. Типовая схема внедрения ТИМ

*1-й этап.* Определение целей и разработка программы внедрения.

Как правило в этом документе необходимо ответить на следующие вопросы:

- Как ТИМ поможет в организации?
- Как ТИМ будет использоваться в повседневных процессах организации?

Все цели должны быть:

- конкретными – что именно необходимо достичь;
- измеримыми – в чем будет измеряться результат. Если показатель количественный, то необходимо выявить единицы измерения, если качественный, то необходимо выявить эталон отношения;
- достижимыми – за счёт чего планируется достижение цели и возможно ли её достигнуть вообще;
- ограниченными во времени – установка момента времени, до которого цель должна быть достигнута (задача выполнена).

*2-й этап.* Формирование ТИМ команды и развертывание программно-аппаратной части.

*3-й этап.* Разработка пилотного проекта и ТИМ стандартов организации.

При разработке первого пилотного проекта необходимо определить задачи, решаемые в рамках разработки ЦИМ ПСТН, установить минимальный состав дисциплин, для которых будут разрабатываться модели, и требования к уровню проработки.

*4-й этап.* Анализ результатов. Внесение в базу знаний. Обновление библиотек.

Этот этап с каждой итерацией должен совершенствовать процессы и внедрять новые процедуры ТИМ.

Например, во второй итерации этого этапа может быть исследована интероперабельность ЦИМ и налажен экспорт в открытые форматы.

*5-й этап.* Внедрение ТИМ в проектных отделах и разработка ЦИМ для реального проекта ПСТН.

На этом этапе также предполагается организация среды общих данных (СОД или CDE).

*6-й этап.* Контроль процессов и процедур разработки ЦИМ и их совершенствование. Повышение уровня коммуникации.

Одной из важных задач на этом этапе является редуцирование ошибок при разработке информационных моделей.

*7-й этап.* Подведение итогов. Обновление базы знаний. Инициализация нового проекта с использованием ТИМ.

Предварительно необходимо формализовать и оптимизировать сложившиеся в организации бизнес-процессы, в частности, процессы при реализации проектов ПСТН.

Далее необходимо выявить укрупненные процессы (Рис. 5), непосредственно связанные с реализацией технологии информационного моделирования. Детализация указанных процессов зависит от уровня зрелости ТИМ в конкретной организации и от типов задач применения ТИМ.

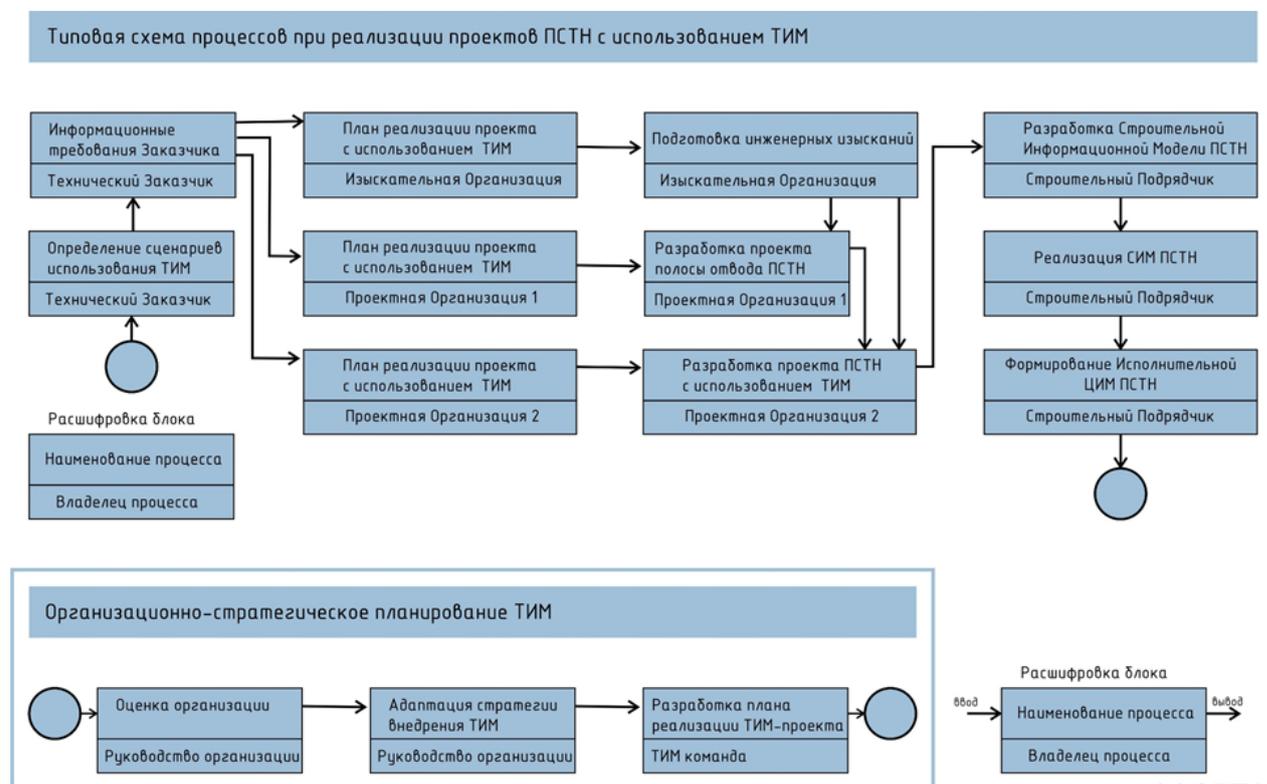


Рис. 5. Укрупненная схема процессов при реализации ТИМ-проектов ПСТН

Разрабатываемые ЦИМ ПСТН могут быть приняты как активы компании. При таком подходе подразумевается, помимо разработки основных документов, регламентирующих ТИМ-процессы, разработка документов информационного менеджмента (см. Рис. 3):

### Организационные требования к информации (Organizational Information Requirements (OIR)).

Организационные требования к информации определяют, какие данные/информация необходимы для достижения стратегических целей компании.

Организационные требования к информации могут быть разработаны с использованием ISO 55001 Система управления активами.

### **Требования к информации об активах (Asset Information Requirements).**

Организационные требования к активам определяют все данные/информацию, необходимые для управления фазой эксплуатации в ЖЦ объекта, эквивалент ТОИ (EIR) требованиям к обмену информацией, необходимый для фаз проектирования и строительства.

### **Требования к информации о регламентах (Regulation Information Requirements);**

### **Требования к информации о проекте (Project Information Requirements).**

Также в данной схеме представлены следующие блоки:

- Информационная модель проекта (PIM, Project Information Model).

Этот термин относится к информации (графической, неграфической, документации), которая разрабатывается на этапах проектирования и строительства. В дальнейшем модель эволюционирует в исполнительную документацию (as-built);

- Информационная модель актива (AIM, Asset Information Model).

Вся информация, необходимая для поддержки управления и эксплуатации построенного актива:

- Информационная модель организации (OIM Asset Information Model);
- Информационная модель регламента (RIM Regulation Information Model).

## **1.5. Информационное наполнение ЦИМ ПСТН**

Информационное наполнение модели представлено атрибутами (параметрами), их значениями, классами и типами классов IFC.

В настоящее время существуют следующие основные документы, описывающих атрибутивные требования к информационному наполнению:

- Регламент №ТАР Р-01-01.2021. Создание и наполнение информационной модели [4];
- Требования к информационным моделям линейных объектов капитального строительства. Часть 3. Требования к цифровым информационным моделям объектов метрополитена для прохождения экспертизы. Редакция 1.0 [5].

**В том числе учитывая:**

### **Требования к цифровым моделям зданий**

- Общие требования к цифровым моделям здания для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования
- Требования к цифровой модели архитектурных решений для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования
- Требования к цифровой модели конструктивных решений для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования
- Требования к цифровой модели инженерных систем и оборудования здания для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования

## **Требования к цифровым моделям территории**

- Требования к представлению результатов инженерных изысканий, подлежащих государственной экспертизе проектов в составе информационной модели объекта капитального строительства
- Требования к представлению планировочной организации земельного участка объекта капитального строительства в составе информационной модели для прохождения экспертизы

## **Строительная система классификаторов для информационного моделирования**

- Описание системы классификаторов для информационного моделирования

## **Структура атрибутивной информации**

Структура атрибутивной информации информационной модели должна определяться в соответствии с задачами и сценариями разработки и ведения информационной модели и как правило определяется особенностями конкретной спецификации открытого или проприетарного формата.

При выгрузке цифровых моделей в формат IFC указанные атрибуты должны выгружаться с классом IfcBuilding, IfcDistributionSystem и IfcRail в зависимости от принадлежности элемента к соответствующему разделу классов (в дальнейшем, по мере развития проекта IFC Tunnel, параметры должны будут также выгружаться с классом IfcTunnel, если компонент ЦИМ имеет отношение к объекту тоннеля).

Набор атрибутов ЦИМ метрополитена должен содержать все указанные атрибуты, но может не ограничиваться ими.

В случае, если сводная ЦИМ метрополитена представлена несколькими отдельными ЦИМ, то каждая такая модель должна содержать вышеуказанные параметры.

Все атрибуты, необходимые для проведения экспертных проверок, должны иметь значения и быть выгружены в ЦИМ IFC линейного объекта.

Параметры IFC делятся на два типа наборов:

- атрибуты стандартной спецификации IFC;
- атрибуты Мосгосэкспертизы.

Наборы атрибутов стандартной спецификации IFC имеют в своем названии префикс «Pset\_», а наборы атрибутов Мосгосэкспертизы – «ExpCheck\_».

Таблицы параметров, содержат следующую информацию:

- Наименование параметра – краткое описание параметра (может не совпадать с именем параметра в проприетарной модели);
- Имя параметра IFC – имя параметра в модели IFC;
- Тип – тип данных выгружаемого параметра;
- ЕИ – единицы измерений (если требуется);
- Примечание – краткое описание параметра.

В соответствии с Регламентом IFC [4] компонент информационной модели должен быть однозначно идентифицирован и содержать свойства, которые назначены соответственно как тип и элемент. Общие свойства должны быть назначены типу, а не элементу.

Элемент должен обладать индивидуальными характеристиками в рамках типа. Атрибутивные свойства компонента применяются для представления аспектов строительных изделий, которые не моделируются геометрически.

Компонент должен иметь завершенные значения параметров там, где они известны, и не должен включать в себя неустановленные или неопределенные значения.

Если значение параметра свойства компонента неизвестно, неприменимо или недоступно, следует использовать значение по умолчанию.

Компонент должен сохранять атрибутивные данные в конкретном программном продукте, реализующем функционал информационного моделирования. Кроме этого, внесенные атрибутивные данные должны позволять выполнять такие задачи как анализ производительности и вычисление конкретных функций. Атрибутивные данные должны быть дополнены значением, если оно известно и его заполнение возможно.

Контроль заполнения атрибутивных данных осуществляется для того, чтобы принятое значение обеспечивало уровень потребности в информации. Компонент должен включать, где это уместно, заранее определенные размеры, множество размеров и конфигураций, которые точно представлены и легко доступны для выбора в соответствующем программном обеспечении, реализующем функционал информационного моделирования.

На этапе проведения строительно-монтажных, тоннелепроходческих, дорожно-строительных и отделочных работ в элементы цифровой информационной модели должны вноситься сведения о дефектах и отклонениях, выявленных в ходе контроля работ.

Минимальный перечень атрибутов таких элементов должен включать в себя следующую информацию:

- идентификатор основного элемента информационной модели, к которому относится дефект;
- номер (идентификатор) нарушения;
- данные о лице, проводившем контроль;
- дата и время проведения контроля;
- описание дефекта и нарушения.

Конкретный состав данных, информации и документов, включаемых в состав информационной модели для стадии эксплуатации, должен определяться организацией – собственником объекта или эксплуатирующей организацией самостоятельно, исходя из её требований к информации.

Вся информация, необходимая для этапа эксплуатации, должна содержаться в информационной модели или быть связана с ней.

## **1.6. Классы и типы классов IFC**

Все элементы ЦИМ ПСТН должны быть отнесены к соответствующим классам IFC

- Элементы геологического строения, земляного полотна и подземной прокладки трасс – IfcCivilElement;

- Элементы геотехнических устройств и конструкций – IfcCivilElement, IfcReinforcedSoil, IfcCovering;
- Элементы топографо-геодезической съемки, территориального планирования, инженерных коммуникаций, транспортных сетей, обустройства и обстановки дороги – IfcGeographicElement (в случае, если данная ЦИМ является планировочной или опорной);
- Элементы пути – IfcTrackElement;
- Рельсовые элементы и контактный рельс – IfcRail;
- Элементы инженерных систем – как указано в [9];
- Элементы зданий и сооружений станций, электродепо и притоннельных сооружений – как указано в [7, 8];
- Элементы перегонных тоннелей и искусственных сооружений – IfcBuildingElementProxy;
- Элементы осей, характерные структурные линии, линии трассировки тоннелей, путей – IfcAlignment.

Каждый класс IFC связан с определенными атрибутами и их наборами. Таким образом, привязка элементов ЦИМ к соответствующему классу IFC позволяет автоматически назначать необходимые атрибуты и наборы атрибутов стандартной схемы IFC, а также – автоматически задавать атрибуты наименования класса и типа класса IFC.

Корректное назначение классов и типов классов IFC определяет возможность последующей правильной интерпретации ЦИМ, в том числе при прохождении экспертизы проекта с использованием технологии информационного моделирования, а также обеспечивает интероперабельность программных средств информационного моделирования.

Корректное назначение классов и типов классов IFC является обязательным требованием для выполнения контроля качества ЦИМ, включая проверки на геометрические и логические коллизии (см.примеры в Приложении О).

## **1.7. Среда общих данных**

Структура ЖЦ объекта метрополитена описана в Регламенте № ТАР Р-01-01.2021 «Создание и наполнение информационной модели» [4].

Правила хранения и актуализации информационной модели описаны в Регламенте № ТАР Р-01-02.2021 «Хранение и актуализация информационной модели» [10].

Расположенное далее описание общих принципов организации и работы в среде общих данных приведено по Регламенту № ТАР Р-01-04.2021 «Обмен информацией на этапе проектирования, строительства и эксплуатации» [11].

Работа участников процесса проектирования, подготовки строительства и эксплуатации происходит в среде общих данных. В зависимости от этапа ЖЦ и от процессной схемы взаимодействия участников среды общих данных может быть реализована в виде:

- одной единственной СОД;
- множества СОД, организованных для каждого этапа ЖЦ объекта.

Технология реализации работы в СОД может быть реализована с помощью:

- файлового обмена;
- прямым доступом из программных средств посредством API;
- облачной СОД с использованием технологий openCDE.

Программно-техническая реализация СОД включает в себя:

- серверное оборудование;
- каналы связи;
- файловые системы поиска;
- другие программно-технические средства.

Ролевой доступ к СОД пользователями обеспечивается:

- возможностью авторизации и аутентификации пользователей с помощью логина и пароля, включая возможность доступа с использованием ЕСИА;
- предоставлением и ограничением доступа к информации об ОКС и активе пользователям;
- доступом к общим и архивным данным, обеспечивающим возможность записи (изменения), чтения (просмотра), печати и рецензирования.

СОД служит единым источником информации, используемым для сбора, хранения, актуализации, управления и распространения всех значимых и одобренных файлов, документации и иных данных.

Доступ пользователей к информации, содержащейся в СОД, осуществляется через корпоративную сеть ВИМ либо по защищенным каналам связи. В отдельных случаях по решению ВИМ и при наличии технической возможности доступ к информации, содержащейся в СОД, может быть предоставлен пользователям через шлюз внешних сетей.

Доступ к информации, содержащейся в СОД, осуществляется посредством авторизации и аутентификации согласно ролевой модели и в соответствии с политикой информационной безопасности.

Все действия пользователей подлежат обязательной регистрации.

Ввиду полного запрета доступа для неавторизованных пользователей обеспечивается защита от несанкционированного копирования информации, в том числе извлеченной на клиентский компьютер для просмотра или редактирования.

Защита АРМ пользователя и канала связи осуществляется посредством выполнения комплекса мероприятий и применения технических средств защиты информации в соответствии с требованием законодательства Российской Федерации, правовых актов города Москвы.

Доступ к информации может осуществляться с использованием КЭП как в части идентификации согласующего лица, так и в части защиты от модификации объектов.

Подписание электронных документов осуществляется с использованием КЭП с указанием роли участников согласования (разработал, проверил, утвердил, согласовал, в производство работ и т. д.).

Техническая реализация и рабочие процессы в СОД служат для управления информацией в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объекта и

поддерживают процессы управления информацией по ISO 19650–2:2018 в части разделов 5.6 и 5.7.

На каждом этапе ЖЦ объекта моделирования его информационная модель содержит данные, определяемые информационными требованиями к данному этапу (информационные требования к проекту, информационные требования к строящемуся объекту, информационные требования к активу).

Общие данные информационной модели имеют четыре состояния и точки перехода между состояниями (Рис. 6).

Состояние «В работе» – информационная модель, находящаяся в стадии разработки группой по задаче. Например, разработка раздела тоннельной вентиляции.

Переход «Проверка/рассмотрение/утверждение» – структура и данные информационной модели сравниваются с планом разработки информационной модели и принятыми стандартами, методами и процедурами производства информации. Указанные действия выполняются исходной группой по задаче, разработавшей информационную модель.

«Общий доступ» – информационная модель, предоставленная к доступу другим группам по задачам. Например, информационная модель тоннельной вентиляции, предоставленная в общий доступ группе конструкторов для проектирования конструкций вентиляционных шахт.



Рис. 6. Концепция Среды общих данных

Переход «Рассмотрение/авторизация» – структура и данные информационной модели сравниваются с соответствующими информационными требованиями к координации, наполненности и точности. В случае соответствия информационной модели требованиям

она переходит в состояние «Опубликовано», а в случае несоответствия – возвращается на доработку в состояние «В работе». Авторизация отделяет информацию (в опубликованном состоянии), которая не будет больше изменена и на которую можно положиться, для использования на последующих этапах, включая рабочее проектирование, строительство, эксплуатацию, от информации, которая все еще может быть изменена (переведенную на этом переходе во время рассмотрения в состояние «В работе» или в «Общий доступ»).

«Опубликовано» – информационная модель, предоставленная к доступу Заказчику, а также другим уполномоченным лицам.

«Архив» – информационная модель, помещенная в архив. Например, предыдущее состояние строительной модели, исполнительная модель после перехода на этап эксплуатации, предыдущее состояние эксплуатационной модели. Благодаря ведению архива становится доступным аудит развития информационной модели и вносимых в нее изменений, отражающих изменения объекта моделирования.

Для каждого этапа ЖЦ ОКС или актива должны быть определены техническая реализация и процессы работы в СОД в соответствии с планом реализации проекта с использованием технологий информационного моделирования, а также место каждой СОД в рамках единого информационного пространства, объединяющего все этапы и всех участников ЖЦ ОКС и актива, а также способ доступа к ней и к ее данным.

Участники каждого последующего этапа ЖЦ ОКС или актива должны проверить наличие доступа к СОД своего этапа ЖЦ до начала выполнения работ на данном этапе.

При переходе на следующий этап ЖЦ ОКС или актива информационная модель текущего этапа переносится в СОД последующего этапа и проходит сверку с информационными требованиями последующего этапа. По результатам сверки перенесенная информационная модель текущего этапа проходит очистку от данных, в которых нет необходимости на последующем этапе, а также дополняется данными, необходимыми на последующем этапе. Информационная модель текущего этапа ЖЦ ОКС или актива переходит в статус «Архив», а подготовленная к последующему этапу ЖЦ ОКС или актива переходит в состояние «Опубликовано». По мере развития этапа ЖЦ ОКС или актива ИМ актуализируется, проходя уже описанные состояния.

Доступ к сведениям и данным, находящимся в СОД предыдущих этапов ЖЦ ОКС или актива, осуществляется посредством связанных данных.

Данные, размещенные в СОД каждого этапа ЖЦ ОКС или актива, могут быть как в открытом формате данных, так и в проприетарном формате в случае такой необходимости или наличия предписания в требованиях к обмену информацией.

Доступ к данным, размещенным в СОД этапа ЖЦ ОКС или актива, может осуществляться различными способами, включая использование API проприетарных программных средств и технологии openCDE.

Обеспечение безопасности и тайны сведений, содержащихся в СОД, регулируется соответствующим стандартом по информационной безопасности ИМ ОКС или актива, а также отраслевыми, государственными регламентами и НПА.

Функционал СОД для применения на различных стадиях ЖЦ показан в таблице 4.

Таблица 4

<b>Стадия ЖЦ</b>			
<b>Проектирование</b>	<b>Строительство</b>	<b>Эксплуатация</b>	<b>Снос (демонтаж) или вывод из эксплуатации</b>
<p>Обеспечение возможности совместной работы с информационной моделью, включая состояния «в работе», «опубликовано» и точки перехода между ними (см. рис 3)                      Обеспечение контроля и сравнения версий ЦИМ и других электронных документов.                      Хранение графической и текстовой проектной документации из производственного ПО;                      Просмотр документации и информационных моделей непосредственно в среде архива;                      Контроль проектных позиций по представлениям в электронном архиве;                      Связь с планом-графиком выпуска ПСД;                      Осуществление авторского надзора;                      Электронный архив документации</p>	<p>Портал информационного сопровождения СМР и пусконаладочных работ;                      Создание и оптимизация графика СМР на основе ИМ;                      Контроль СМР и ПНР в соответствии с календарным планом;                      Анализ потребностей в поставках;                      Учет выполненного объема работ;                      Возможность корректировки значения атрибутов информационной модели.</p>	<p>Портал информационного сопровождения эксплуатации;                      Учет любых типов эксплуатационных данных;                      Гибкий анализ накопленных данных;                      Мобильный клиент для обеспечения обследований;                      Планирование и учет ремонтов;                      Интеграция с датчиками систем мониторинга;                      Обучение персонала на основе информационной модели;                      Возможность корректировки значения атрибутов информационной модели.</p>	<p>Информационная поддержка инженерно-технологических обследований;                      Планирование вывода из эксплуатации и демонтажа;                      Оценка объемов утилизации;                      Визуализация работ по демонтажу;                      Обучение персонала на основе информационной модели.</p>

## Общие рекомендации организации СОД и работы в ней

Наиболее эффективный подход к администрированию и поддержанию работоспособности СОД достигается при выделении отдельной штатной единицы – администратора СОД. Крайне желательно, чтобы кандидат в администраторы СОД обладал знаниями и навыками работы в ИТ-инфраструктуре, а также понимал концепции BIM-проектирования.

Администратор СОД должен отвечать за функционирование СОД в целом, создавать в соответствии с предъявляемыми требованиями структуру СОД, поддерживать ее в работоспособном состоянии, проводить необходимые действия по архивированию и резервному копированию данных, обеспечивать и контролировать уровень доступа пользователей к СОД.

Плановые работы регламентного или профилактического технического обслуживания аппаратного или программного обеспечения СОД должны проводиться в часы отсутствия активности пользователей СОД.

При использовании систем управления инженерными данными для каждой области данных рекомендуется вводить статусы (состояния) информации в файлах проектных данных, а также осуществлять контроль версионности файлов.

## Организация уровня доступа к информации различных участников ИСП в зависимости от ЖЦ ОКС

В зависимости от роли участника ИСП и от стадии ЖЦ доступ к информации, размещенной в СОД, должен предоставляться с различными правами и вытекающими из них возможностями. Рекомендуемые права доступа к информации для различных участников ИСП в зависимости от стадии ЖЦ приведены в Таблица , где также помещены рекомендуемые уровни доступа к информационной модели ПСТН для участников ИСП на разных стадиях ЖЦ.

Таблица 5

Участник ИСП	Проектирование	Строительство	Сдача объекта в эксплуатацию	Передача исполнительной модели объекта
Заказчик	Чтение	Чтение	Чтение	Чтение
Проектная организация	Редактирование	Редактирование	Редактирование	Чтение
Организация, осуществляющая управление строительством	Чтение	Редактирование	Редактирование	Редактирование
Организация, осуществляющая специальные строительные работы	Нет доступа	Чтение	Нет доступа	Нет доступа

Участник ИСП	Проектирование	Строительство	Сдача объекта в эксплуатацию	Передача исполнительной модели объекта
Организация, осуществляющая общестроительные работы	Нет доступа	Чтение	Нет доступа	Нет доступа
Организация, осуществляющая монтаж и наладку систем инженерного обеспечения	Нет доступа	Чтение	Чтение	Нет доступа
Организация, осуществляющая монтаж и наладку технологического оборудования	Нет доступа	Чтение	Чтение	Нет доступа
Органы надзора	Нет доступа	Чтение	Чтение	Нет доступа
Органы местного самоуправления	Нет доступа	Чтение	Чтение	Нет доступа
Государственные контрольные органы, в том числе экспертиза	Нет доступа	Чтение	Чтение	Нет доступа

*Примечание: рекомендуемые в Таблица 5 права на доступ к информации относятся к области данных «Общие данные».*

### **Основания и инструменты ограничения прав доступа к информационной модели и содержащейся в ней информации ограниченного использования**

В соответствии со ст. 48.1 п. 1, п. 8, п. 2, п. 4 [20] внеуличный транспорт, в том числе подземный, относится к «особо опасным, технически сложным и уникальным объектам».

В соответствии со ст. 1 [21] «Критически важный объект – это объект, нарушение или прекращение функционирования которого приведет к потере управления экономикой Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или административно-территориальной единицы субъекта Российской Федерации, ее необратимому негативному изменению (разрушению) либо существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения».

В соответствии с [22] и [23] подземная инфраструктура метрополитена может иметь статус объектов гражданской обороны.

В соответствии с п. 42 [24] сведения о метрополитенах или других сооружениях, которые могут быть использованы в интересах обороны страны, являются государственной тайной.

В соответствии со ст. 5 п. 2 [25] государственной тайной считаются «сведения о силах и средствах гражданской обороны, о дислокации, предназначении и степени защищенности объектов административного управления, о степени обеспечения безопасности населения, о функционировании транспорта и связи в Российской Федерации в целях обеспечения безопасности государства»

В соответствии со ст. 5 п. 4 [25] государственной тайной считаются «сведения о мерах по обеспечению защищенности критически важных объектов и потенциально опасных объектов инфраструктуры Российской Федерации от террористических актов»

На основании изложенных критериев видно, что информация, содержащаяся в проектно-сметной документации, в том числе ИМ, на строительство ПСТН в той или иной степени подпадает под определение «государственной тайны». В связи с этим доступ к такой информации должен предоставляться лицам исключительно на основании наличия у них допуска к информации составляющую государственную тайну.

Современное программное обеспечение для организации СОД имеет необходимый функционал для такого разграничения. При помощи указанного функционала можно задавать группы пользователей с различным уровнем доступа к информации, размещённой в СОД. В данном случае стоит вопрос о максимальном исключении «человеческих факторов» при администрировании прав пользователей и групп пользователей. В таком случае рекомендуется проводить обязательное согласование с соответствующим уполномоченным отделом пользователей и групп пользователей, у которых будет иметься достаточно прав для доступа к информации, составляющей государственную тайну. Кандидат на должность администратора СОД также должен иметь доступ к информации, составляющей государственную тайну, и нести соответствующую ответственность за распространение или за неправомерное предоставление доступа к информации составляющую государственную тайну.

### **Рекомендации по организации совместной работы**

Как показывает практика реализации проектов с применением ТИМ, именно наличие СОД является главным фактором, побуждающим организации выстраивать процессы совместной работы, базирующиеся на специальном функционале программно-управляемой СОД.

Как и в проектах других типов, при реализации ПСТН-проектов специфику организации совместной работы над разработкой ИМ определяет возможности применяемого программного обеспечения как САПР, так и программно-управляемой СОД, а также возможности их взаимной интеграции.

Учитывая специфику ПСТН для эффективной организации совместной работы при реализации ИСП с применением ТИМ, следует применять программно-управляемые СОД класса PLM (СУИД). Требование о применении СОД должно транслироваться заказчиком и закрепляться в контрактах всех участников ИСП. В данном контексте СОД уместно рассматривать как главный компонент – основу для эффективной организации совместной работы. При этом ИМ следует рассматривать не как саму цель проекта, а как инструмент эффективного их достижения.

Организация совместной работы территориально распределенных команд ИСП по средствам СОД выполняется путем подключения клиентских приложений пользователей к серверу СОД по сети интернет с применением VPN-технологий и необходимых наборов протоколов защиты данных, например, IP Security.

В этом разделе приведены общие рекомендации по организации совместной работы по средствам СОД при разработке ИМ ПСТН в рамках вышеприведенной концепции по разделению данных на 4 условные области. Более детальное описание конкретных приемов совместной работы должно базироваться на функционале применяемых САПР и СОД, и должны быть описаны в соответствующем разделе плана информационного моделирования конкретного ИСП.

### **Общий порядок размещения, проверки, согласования и утверждения информации или ее части с использованием СОД**

Положения общего порядка размещения, проверки, согласования и утверждения информации или ее части с использованием СОД устанавливают следующее.

Области СОД должны разграничиваться по уровню доступа, в частности, учитывать требования к информации ограниченного использования, в противном случае размещение в СОД информации ограниченного пользования не допускается.

Структуру директорий необходимо стандартизировать в соответствии с принятым описанием в требованиях к СОД конкретного проекта. При наличии единой структуры директорий в каждой из областей СОД имеется возможность использования информационной модели по функциональному разделению:

- в области рабочих данных должны находиться промежуточные частные информационные модели (частей объекта строительства), над которыми работают (создают, редактируют, модифицируют) разработчики проектных решений отдельно по каждой специальности;
- в области общих данных из отдельных частных моделей собирается сводная модель, которой пользуются разработчики проектных решений (по каждой специальности) для междисциплинарной координации своих ИМ;
- область опубликованных данных предназначена для предоставления результата проектирования (промежуточного или окончательного) на рассмотрение Заказчика (например, при проведении регулярных совещаний или с целью согласования проектных решений), а также в других необходимых случаях (например, при передаче документации на экспертизу или при организации публичных слушаний);
- в области архивных данных должны размещаться информационные модели после прохождения этапа согласования, а также окончательно принятые и согласованные проектные решения.

В области общих данных выделяются персональные Рабочие разделы (ветки) для разработчиков проектных решений по отдельной специальности.

Персональные рабочие разделы (ветки) клонируются на АРМ исполнителей.

Разработчики проектных решений разрабатывают модели на своих АРМ.

Перед началом работы разработчики проектных решений должны синхронизировать свои модели (скачать на локальный АРМ) с разделом общих данных СОД для междисциплинарной координации своих информационных моделей с целью использования в работе актуальной информации по смежным дисциплинам.

ТИМ-координатор, отвечающий за разработку проектной информационной модели для использования ее при междисциплинарном информационном обмене, не реже одного раза в неделю или чаще (при достижении необходимой степени готовности модели), если другое не предусмотрено контрактом, размещает ее в свой персональный раздел в разделе общих данных СОД, после чего уведомляет других участников проекта.

ТИМ-менеджер после каждого обновления частных информационных моделей выполняет сборку сводной модели и проводит ее проверку на наличие ошибок (коллизий), а также на соответствие требованиям к информационной модели.

В случае обнаружения ошибок (коллизий) ТИМ-менеджер уведомляет Руководителей рабочих групп, разработавших «конфликтующие» проектные решения, об обнаруженных ошибках (коллизиях).

Руководители рабочих групп определяют, кто из разработчиков отдельных специальностей должен устранить ошибку, и направляет им соответствующее указание о необходимости внесения изменений в разрабатываемую документацию и модель.

На этапах рассмотрения сводной модели (например, совещание с Заказчиком или окончательное представление результатов проектирования) ТИМ-менеджер подготавливает модель (и дополнительные необходимые для совещания информационные материалы) к публикации и размещает их в раздел опубликованных данных, после чего отправляет соответствующее уведомление членам рабочей группы, содержащее ссылку на размещенный комплект файлов.

Уполномоченные члены рабочей группы участников проекта рассматривают размещенный комплект файлов, согласовывают их или подготавливают замечания.

Результаты рассмотрения модели членами рабочей группы Инженер-координатор размещает в разделе опубликованных данных, после чего отправляет соответствующее уведомление членам рабочих групп исполнителей.

В случае одобрения модели, представленной в разделе опубликованных данных, Руководитель рабочей группы со стороны Заказчика подписывает (в т. ч. с применением ЭЦП) информационную модель (или комплект файлов), после чего Инженер-координатор копирует подписанную модель (или комплект файлов) в раздел архивных данных, а также перемещает ее в раздел опубликованных данных в папку «Согласовано» для дальнейшего использования в работе, после чего отправляет соответствующее уведомление Руководителям рабочих групп исполнителей.

В случае наличия замечаний Инженер-координатор подготавливает соответствующее уведомление, прикладывает его к модели, Руководитель рабочей группы Заказчика подписывает (в т. ч. с применением ЭЦП) информационную модель (или комплект файлов), после чего Инженер-координатор копирует подписанную модель (или комплект файлов) в раздел архивных данных, а также перемещает ее в раздел опубликованных данных в папку «Замечания» для дальнейшего использования в работе, после чего отправляет соответствующие уведомления членам рабочей группы Исполнителя.

Руководитель проекта определяет, кто из разработчиков отдельных специальностей должен устранить замечания, и направляет им соответствующее уведомление о необходимости внесения изменений в разрабатываемую документацию и модель.

Готовые комплекты документации и ИМ уполномоченные лица размещают в разделе опубликованных данных «Проектная документация» или «Рабочая документация», в зависимости от стадии разработки.

После согласования членами рабочей группы Заказчика представленных готовых комплектов документации Руководитель рабочей группы Заказчика подписывает их (в т. ч. с применением ЭЦП).

Подписанный комплект документов Инженер-координатор копирует в раздел архивных данных.

Сведения об организации уровня доступа к информации различных участников ИСП описаны в п. 10.2.2 настоящего справочно-методического пособия.

## **Форматы данных**

Данные, хранящиеся в СОД и используемые для обмена информацией на этапе проектирования, подготовки строительства и эксплуатации, могут быть представлены в следующих типах:

- цифровые данные;
- электронные документы;
- цифровая информационная модель.

Цифровые данные должны быть представлены в формате XML. Данные выгружаются в формат XML в соответствии с утвержденными XML-схемами. Утвержденные XML-схемы определяют состав выгружаемых данных. XML-схемы должны быть размещены в разделе информационного обеспечения единого информационного пространства либо на ресурсе автора требований по обмену информацией (например, на сайте Минстроя РФ).

Электронные документы, включая графические документы, должны быть размещены в форматах:

- a) doc, docx, odt – для документов с текстовым содержанием, не включающим формулы (за исключением документов, указанных в подпункте «в» настоящего пункта);
- б) pdf – для документов с текстовым содержанием, в том числе включающих формулы и (или) графические изображения (за исключением документов, указанных в подпункте «в» настоящего пункта), а также документов с графическим содержанием;
- в) xls,xlsx, ods – для документов, содержащих сводки затрат, сводного сметного расчета стоимости строительства, объектных сметных расчетов (смет), локальных сметных расчетов (смет), сметных расчетов на отдельные виды затрат.

Электронные документы, переведенные в состояние «Опубликовано» и не подлежащие редактированию и изменению, размещаются в формате PDF/A.

Данные цифровой информационной модели должны быть размещены в следующих форматах:

- проприетарный (нативный) – оригинальный формат программного средства, в котором была разработана ЦИМ;
- открытый формат IFC;
- формат данных сопутствующих расчётов – конструкторских, теплотехнических, аэродинамических, гидравлических, электрических, сметных, календарного планирования, геотехнических и прочих.

При использовании формата IFC его версия и определение модельного вида (Model View Definition, MVD) должны соответствовать принятым требованиям по информационному обмену (ТОИ). Эти требования определяются в рамках договора на

информационное моделирование и сопровождение информационной модели ОКС или актива.

Все компоненты ЦИМ при выгрузке в IFC должны соответствовать IFC-классам и типам, указанным в [4, 17]. Полная IFC-схема с указанием классов, типов, наборов свойств и пр., размещена на техническом сайте buildingSMART и подлежит обязательному использованию в рамках информационного взаимодействия с применением открытого формата данных IFC.

Подготовленные данные информационной модели размещаются в соответствующем разделе СОД. Для передачи данных должен использоваться информационный контейнер, заверенный КЭП. В качестве информационного контейнера до момента его полноценной технической реализации может выступать электронный архив.

Пример подготовки информационного контейнера для передачи в орган экспертизы приведен в [11, Приложение В].

В процессе информационного взаимодействия с внешними информационными ресурсами, включая АИС ОИВ и ФОИВ, ГИСОГД и пр., должна быть реализована поддержка СМЭВ.

### **Требования к результатам**

Форматы обмена информацией на этапе проектирования, подготовки строительства и эксплуатации включают в себя форматы, определенные Приказом Минстроя РФ № 783/пр от 12.05.2017 и Постановлением Правительства РФ от 15.09.2020 № 1431.

Документы и сведения должны быть получены из ЦИМ и должны отражать текущее ее состояние. Актуализация документов и сведений должна проводиться по мере актуализации ЦИМ (см. в Приложении П анализ отечественного ПО для этих целей).

## **1.8. Качество информационной модели**

### **Перечень правил поиска коллизий в сводной информационной модели**

При разработке ЦИМ подземных сооружений транспортного назначения следует руководствоваться заданием на проектирование и требованиями к обмену информацией. Приведенный перечень является справочным и может быть расширен или сокращен в соответствии с задачами проекта. Шифры разделов модели принимаются по шифрам разделов проектной документации, указанных в [16,17].

На Рис. 7 приведен пример проверки внутри- и междисциплинарных коллизий по разделам. Критерием отнесения к коллизии является пересечение анализируемых элементов дисциплинарных ЦИМ на величину, превышающую допустимое значение.

Внутри- и междисциплинарные коллизии															
	АР	КЖ	КМ	БК1	БК2	ОВ1	ОВ2	ПС	ПТ	СС	ТХ	ХС	ЭМ	ЭО	ЭС
АР	нет 0	да 54	н/д -	нет 0											
КЖ		нет 0													
КМ			нет 0												
БК1				нет 0											
БК2					нет 0										
ОВ1						нет 0									
ОВ2							нет 0								
ПС								нет 0							
ПТ									нет 0						
СС										нет 0	нет 0	нет 0	нет 0	нет 0	нет 0
ТХ											нет 0	нет 0	нет 0	нет 0	нет 0
ХС												нет 0	нет 0	нет 0	нет 0
ЭМ													нет 0	нет 0	нет 0
ЭО														нет 0	нет 0
ЭС															нет 0

- да - коллизии присутствуют
- нет - коллизии отсутствуют
- н/д - коллизии невозможно определить

Рис. 7. Пример заполнения матрицы внутри- и междисциплинарных коллизий по результатам проверки

Также должны быть выполнены требования по полноте информационного наполнения цифровой информационной модели, указанные в [4 – 15].

Правила поиска коллизий в сводной информационной модели включают в себя следующие аспекты: геометрический, топологический, логический.

Геометрический аспект – наличие явных («жестких», *англ.* hard collisions, hard clashes) и неявных («мягких», *англ.* soft collisions, soft clashes) геометрических пересечений элементов ЦИМ.

Топологический аспект – наличие топологической привязки в свойствах элементов ЦИМ к их фактическому местоположению в топологической структуре ОКС.

Логический (интеллектуальный) аспект – наличие противоречий в геометрических размерах, размерах приближения, границах, функциональном назначении, составе,

изоляции, расположении и техническим показателям элементов ЦИМ по отношению к требованиям НТД.

### **Правила поиска геометрических коллизий**

Это может быть превышение допуска взаимного проникновения и приближения элементов ЦИМ. Данное правило может быть выражено в виде:

- максимальной длины;
- максимальной площади;
- максимального объема.

При выполнении проверок на геометрические коллизии учитываются тип и состав проверяемых элементов ЦИМ.

Например, из проверок могут быть исключены элементы, относящиеся к отделочным материалам, изоляционным и защитным покрытиям. Эти элементы должны быть привязаны к IFC-классу `IfcCovering` либо иметь четкий идентификатор, позволяющий однозначно определить их тип.

### **Топологические правила**

Проверка топологических коллизий заключается в поиске несоответствия указанного значения атрибута принадлежности элемента ЦИМ к этажу, зоне и прочим топологическим элементам структуры объекта, фактическому расположению этого элемента. Подобные ошибки могут возникать, например, в процессе копирования или перемещения указанных элементов ЦИМ при разработке и редактировании ЦИМ.

### **Логические правила**

Логические коллизии выражаются в несоблюдении требований НТД в части взаимного пространственного расположения элементов ЦИМ, типа и состава конструкций и отделки в зависимости от функционального назначения объекта и класса пожарной опасности, обеспечения доступности МГН, требований ГОЧС и пр. В качестве примеров логических коллизий можно привести:

- расположение мокрых помещений над сухими;
- наличие легковоспламеняющихся материалов в составе ограждающих конструкций и их отделки на пути эвакуации;
- нарушение расстояний между остановочными площадками на пандусах;
- нарушение расстояний между ограждающими конструкциями и объемами помещений, нормируемыми в зависимости от функционального назначения помещения;
- несоответствие производительности сантехнических приборов, вентиляционного и отопительного оборудования нормируемой производительности в зависимости от функционального назначения помещения и заполненности пространства пассажирами;
- несоответствие производительности тоннельной вентиляции параметрам тоннеля;
- нарушение правил расположения выходов вентиляционных шахт на поверхность в части их приближения к окружающей застройке.

## **1.9. ТИМ-роли**

**ТИМ-авторы** – это участники проекта, которые создают и изменяют (редактируют) модель данных на протяжении всего ЖЦ структуры во взаимодействии с ТИМ-координаторами. Они вносят в модель данных информацию из различных разделов проекта в соответствии с определенным в договоре качеством и с учетом ТИМ-стандартов в рамках ТИМ-процессов. Также они несут ответственность за суверенитет данных в отношении созданных ими дисциплинарных моделей и частей моделей.

*Пример ТИМ-автора:* работник ПТО тоже действует как ТИМ-автор, прикрепляя или вставляя ссылку на запись о выполненных работах по армированию в модель данных на стадии строительства. Это также относится и к инженеру по эксплуатации, который вносит изменения в модель данных на стадии эксплуатации.

**ТИМ-координаторы** – это участники проекта, которые в рамках процесса разработки ЦИМ отвечают за реализацию ТИМ-задач на протяжении всего ЖЦ объекта строительства. Они определяют и координируют задачи и ответственности, основываясь на ТИМ-процессах и ТИМ-сценариях, гарантируют соответствующее договору качество модели данных и безошибочный обмен данными. С этой целью они координируют ТИМ-авторов в разработке ЦИМ и инициируют выгрузку (Data Drop) этих моделей ТИМ-менеджером через определенные для проекта интервалы.

*Пример ТИМ-координатора* проверяет поступающие от ТИМ-авторов дисциплинарные модели и части моделей индивидуально и по всем направлениям в отношении наличия коллизий и ошибок в составе (например, соответствие согласованным типам элементов или отсутствие информации). Подтвержденные данные передаются на следующий этап процесса ответственным лицам.

**ТИМ-менеджеры** – это участники проекта, которые в рамках процесса управления проектом регистрируют требования к обмену информацией (ТОИ) и определяют ТИМ-цели и задачи. Они отвечают за организационные задачи по определению, реализации, ведению и документированию ТИМ-процессов на протяжении всего ЖЦ структуры. В то же время они являются контактными лицами со стороны Заказчика и Исполнителя по всем вопросам цифровизации и отвечают за СОД (среду общих данных). ТИМ-менеджеры присутствуют в разных разделах проекта и на разных этапах стадий ЖЦ объекта строительства. В случае смены ТИМ-менеджера, например, при переходе на новый этап или стадию ЖЦ объекта, задачей нового ТИМ-менеджера становится проверка информационной модели на качество, актуальность и полноту. ТИМ-менеджер координирует задачи и процессы с участниками, особенно на операционном уровне, с ТИМ-координатором.

*Пример ТИМ-менеджера:* запрашивает ЦИМ у ТИМ-координаторов на согласованных ключевых точках проекта (вехах) и проверяет ее на качество, требуемое информационное наполнение и соответствие (например, полноту информации, уровень проработки и пр.).

**ТИМ-пользователи** – это участники проекта, которые используют данные модели исключительно с целью вывода информации и не вносят никакие изменения или информацию в ЦИМ.

*Пример ТИМ-пользователя:* подрядчик на стройплощадке, который устанавливает опалубку на основе опалубочного плана, полученного из дисциплинарной модели, но не вносит никакие изменения или информацию в эту модель.

На Рис. 8 представлен процесс работы с СОД на различных этапах стадии проектирования во время создания ЦИМ. Показанная схема является укрупненной и может иметь различную детализацию процессов в зависимости от конкретной организации и состава участников проекта.

В качестве функциональных ролей схема на рис. 8 охватывает три основные роли:

- ТИМ-автор;
- ТИМ-координатор;
- ТИМ-менеджер.

Роль ТИМ-менеджера включает в себя стороны Исполнителя и Заказчика, а на стороне Исполнителя также структурируется по различным уровням организационной схемы предприятия:

- Отдел (работа с разделом проекта);
- Проект (работа по конкретному проекту);
- Организация (топ-менеджмент организации).

Последовательность работ следующая:

После начала проекта ТИМ-автор отдела 1 создает цифровую информационную модель объекта проектирования в разделе СОД «В работе». Завершив свою часть работы, он отправляет запрос на согласование ТИМ-координатору отдела.

ТИМ-координатор отдела проверяет ЦИМ на соответствие требованиям к ЦИМ данного раздела проекта и в случае положительного заключения отправляет запрос ТИМ-менеджеру отдела на перевод ЦИМ в СОД «Общий доступ» и информирует уполномоченных лиц о результатах координации. В случае отрицательного заключения ТИМ-координатор отдела отправляет уведомление ТИМ-автору с перечнем необходимых исправлений и доработок. В этом случае ЦИМ остается в СОД «В работе». Цикл повторяется до выполнения условий соответствия ЦИМ требованиям к ней.

Получив запрос на перевод ЦИМ в СОД «Общий доступ», ТИМ-менеджер утверждает его и блокирует доступ к ЦИМ в СОД «В работе». После этого он переводит ЦИМ в СОД «Общий доступ» и отправляет уведомление всем уполномоченным лицам. В случае отклонения запроса на перевод ЦИМ в СОД «Общий доступ» ТИМ-менеджер отдела отправляет уведомление всем уполномоченным лицам с указанием причин отклонения и необходимых мероприятий по устранению причин отказа в переводе.

Получив уведомление о переводе ЦИМ в СОД «Общий доступ», ТИМ-координаторы отделов, выполняющих смежные разделы проекта, открывают доступ к работе ТИМ-авторам вверенных им отделов. ТИМ-авторы выполняют свои разделы проекта, работая в СОД «В работе» и сверяя свою работу с ЦИМ, размещенными в СОД «Общий доступ». По завершении каждой работы повторяется цикл проверки и координации, описанный в п. «б» и «в».

По завершении работ по разделу проекта ТИМ-менеджер отдела отправляет запрос на координацию ТИМ-координатору проекта.

Получив запрос, ТИМ-координатор проекта проводит мероприятия по координации и добавляет дисциплинарные ЦИМ в сводную ЦИМ в СОД «Общий доступ». После это ТИМ-координатор проекта отправляет запрос на проверку качества сводной модели ТИМ-менеджеру проекта. В случае отрицательного заключения о координации ТИМ-координатор проекта отправляет уведомление всем уполномоченным лицам с указанием причин отклонения и необходимых мероприятий по устранению причин отказа.

Получив запрос о проверке качества ЦИМ, ТИМ-менеджер проекта выполняет проверку ЦИМ на соответствие требованиям по обмену информацией, заданию на проектирование (ЗНП), а также – требованиям органа экспертизы к ЦИМ при прохождении

экспертизы с использованием технологий информационного моделирования. Этот вид проверок включает в себя верификацию и валидацию ЦИМ, в том числе с помощью программных средств автоматизированных проверок.

В случае положительного заключения о контроле качества модель ЦИМ утверждается к переводу в СОД «Опубликовано». В случае отрицательного заключения ТИМ-менеджер проекта отправляет уведомление всем уполномоченным лицам, сообщая причины отклонения и необходимые мероприятия по устранению причин отказа.

Получив разрешение на перевод ЦИМ в СОД «Опубликовано», ТИМ-менеджер проекта блокирует доступ к ЦИМ в СОД «Общий доступ». После этого он переводит ЦИМ в СОД «Опубликовано» и отправляет уведомление всем уполномоченным лицам.

Получив статус «Опубликовано», ЦИМ подвергается экспертизе ТИМ-проекта, включая экспертизу ПСД, полученную на основе ЦИМ. На этом этапе ТИМ-менеджер проекта взаимодействует с органом экспертизы по вопросам предоставления данных, ЦИМ, ЗнП, ТОИ и пр., которые требуются для проведения экспертизы с использованием ТИМ. Также на этом этапе ТИМ-менеджер проекта выполняет мероприятия по обеспечению соответствия ЦИМ требованиям экспертизы в случае выявления каких-либо несоответствий.

В случае отрицательного заключения о результатах экспертизы ТИМ-менеджер проекта отправляет соответствующие распоряжения и уведомления уполномоченным лицам, указывая необходимые мероприятий по устранению замечаний органа экспертизы. В случае положительного заключения о результатах экспертизы ТИМ-менеджер проекта отправляет уведомление всем уполномоченным лицам и передает дальнейшее управление процессом ТИМ-менеджеру организации.

ТИМ-менеджер организации инициирует процесс передачи результатов информационного моделирования Заказчику.

ТИМ-менеджер организации отправляет уведомление о готовности передачи результатов информационного моделирования ТИМ-менеджеру Заказчика.

ТИМ-менеджер Заказчика проводит мероприятия по приёму результатов информационного моделирования, оформляет акт приёмки и фиксирует принятую ЦИМ в СОД «Опубликовано».

Рекомендации по сопоставлению ролей с должностями сотрудников должны разрабатываться с учетом структуры организации и численности штата производственных отделов. Эффективность выполнения ТИМ-ролей также зависит от уровня ТИМ-компетенций конкретных сотрудников.

Для подрядных организаций роль ТИМ-автора выполняют инженеры, проектировщики и другие специалисты, участвующие в производственной деятельности.

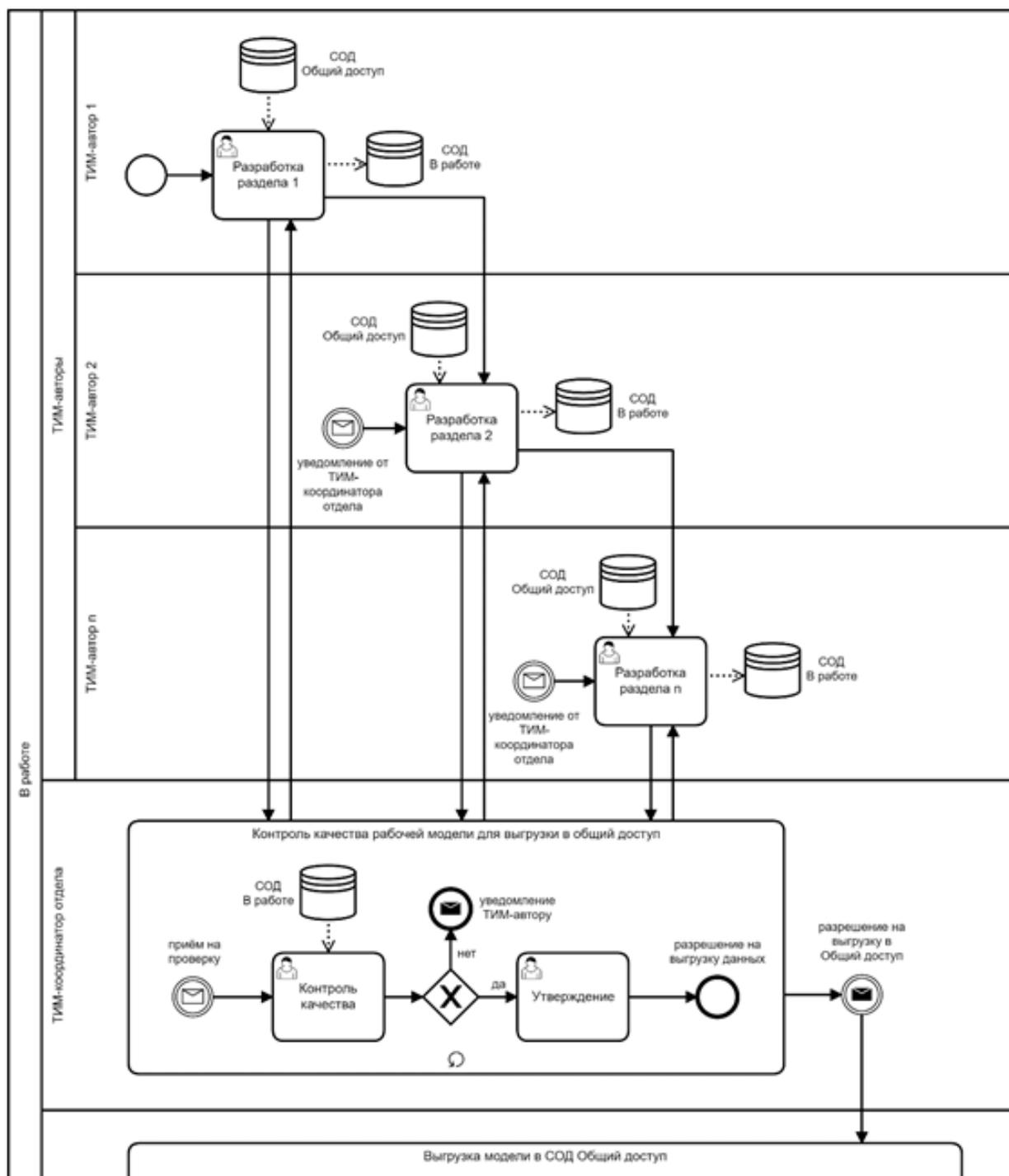


Рис. 8. Пример информационного взаимодействия (начало)

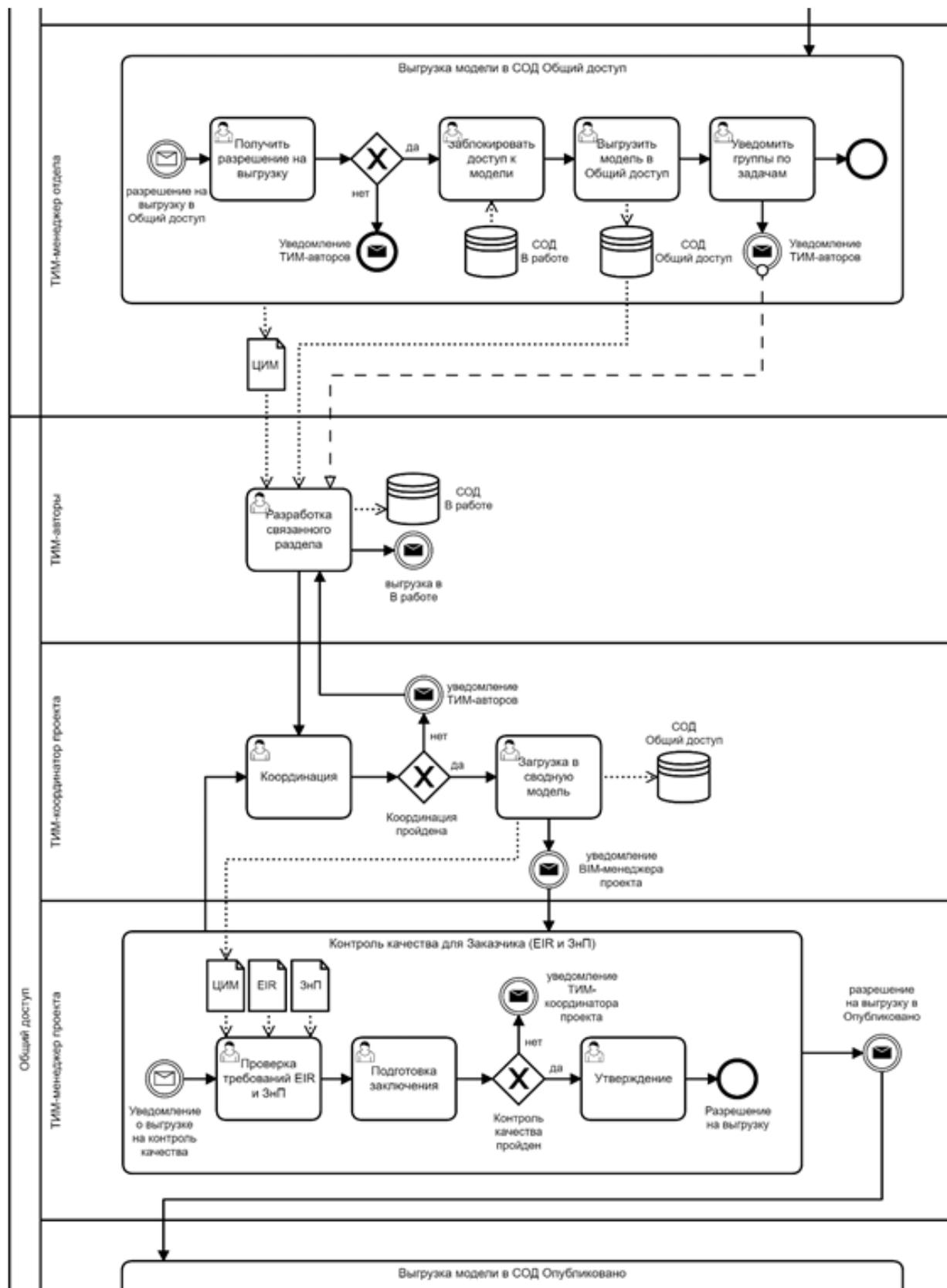


Рис. 8. Пример информационного взаимодействия (продолжение)

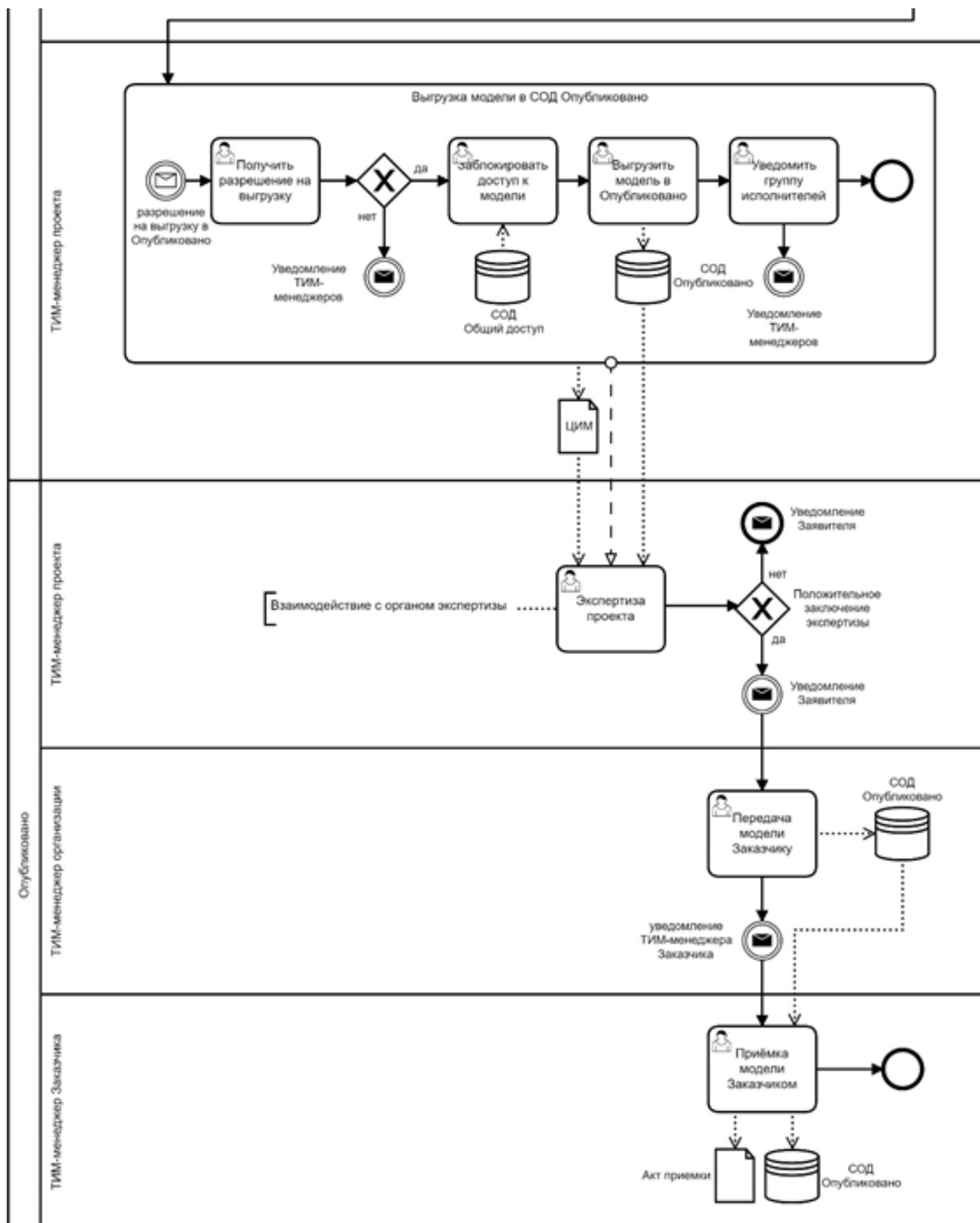


Рис. 8. Пример информационного взаимодействия (окончание)

## **1.10. Информационное взаимодействие при прохождении государственной экспертизы информационных моделей в составе проектно-сметной документации**

### **Общие положения**

Этот раздел разработан на основе требований и регламентов информационного обмена Московской Государственной экспертизы (МГЭ). Взаимодействие с другими территориальными и/или федеральными органами государственных экспертиз может в незначительной степени отличаться от указанного далее. Тем не менее, общие принципы информационного взаимодействия с органами Государственной экспертизы, описанные в этом разделе, могут быть применимы и для взаимодействия с другими территориальными и/или федеральными органами Государственных экспертиз.

В рамках данного раздела информационная модель, направляемая в органы Государственной экспертизы, рассматривается как часть проектной документации, подлежащей экспертной оценке [26], за исключением случаев, когда такая документация и (или) результаты инженерных изысканий, содержат сведения, составляющие государственную тайну.

При выявлении в процессе проведения экспертной оценки информационной модели несоответствия и/или расхождения информации, содержащейся в графической и текстовой частях проектной документации с информацией, содержащейся в информационной модели, приоритетной является информация, содержащаяся в информационной модели.

Состав и содержание электронных документов, представляемых на экспертизу, должны соответствовать [27].

### **Требования к информационным моделям, направляемым на государственную экспертизу**

#### **Общие требования**

Все информационные модели объектов капитального строительства, направляемые в МГЭ для их экспертной оценки, должны соответствовать утвержденным в установленном порядке Комитетом города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов (Москомэкспертиза) требованиям [28, 29]

На момент подачи ИМ в МГЭ актуальные файлы ИМ, являющиеся последними согласованными и утвержденными сохраненными версиями файлов.

#### **Выгрузка ИМ в формат IFC для предоставления в экспертизу**

Перед подачей ИМ в экспертизу необходимо подготовить файлы ИМ проприетарных форматов, обеспечив соблюдение следующих требований:

- цифровые модели и произведенная на их основе техническая 2D-документация должны соответствовать друг другу;
- в файлах ИМ должны отсутствовать скрытые объекты или скрытые аннотации;
- все неиспользуемые внешние ссылки, слои, объекты, аннотации, виды и чертежи, которые не относятся к проекту, должны быть исключены;

- цифровые модели, в которых используются внешние связи с другими цифровыми моделями, служащими для отображения планов, видов, разрезов и прочей важной проектной информации, необходимо сохранять со всеми связями;
- ИМ должны быть проверены на отсутствие внутридисциплинарных коллизий между элементами ИМ, а также междисциплинарных и глобальных коллизий между элементами сводной ИМ;
- элементы конструкций ИМ должны быть проверены на точность примыканий (не должны необоснованно висеть в воздухе) и на «неразрывность» соединений элементов систем инженерных коммуникаций.

### **Требования к форматам файлов ИМ**

Каждая ИМ должна быть предоставлена в электронном виде в формате IFC (LandXML, при необходимости) не ниже версии IFC4.0. Рекомендованным форматом является формат IFC4.3 и выше, содержащий компоненты IFC Rail и IFC Tunnel. Дополнительно ИМ может быть предоставлена в проприетарном формате специализированного программного обеспечения, в котором была разработана ИМ;

- размер файла ИМ в формате IFC не должен превышать 500 МБ;
- размер файла проприетарного формата не ограничен.

Направляемые на экспертную оценку ИМ должны иметь прилагаемый перечень ИМ по установленной форме (Таблица 6).

Таблица 6

<i>№ п/п</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Описание</i>

В столбце «№ п/п» указывается порядковый номер ИМ, в столбце «Обозначение» приводится наименование файла ИМ и тип (расширение), в столбце «Описание» дается краткое описание, содержание ИМ (принадлежность к разделу, подразделу проектных решений).

### **1.11. Требования к обеспечению юридической значимости информационных моделей**

К каждому файлу ИМ, предоставляемому в МГЭ, предъявляются требования по обеспечению юридической значимости согласно Федеральному закону от 06.04.2011 № 63-ФЗ «Об электронной подписи».

Файлы ИМ, предоставляемые в МГЭ, должны быть подписаны усиленными квалифицированными цифровыми подписями (УКЭП) лицами, участвующими в разработке, осуществлении координации, нормоконтроля и согласовании им. Порядок заверения определяется внутренними регламентами организации-заявителя.

УКЭП файла должна храниться отдельным файлом в одном каталоге с подписываемым файлом, иметь то же имя, что и подписываемый файл, должна быть

валидна на дату подписания файла. Сертификат ключа проверки электронной подписи должен содержать в том числе следующую информацию:

- ФИО подписавшего лица;
- Должность;
- Организация;
- Дата подписания файла;
- Срок действия сертификата электронной подписи;
- Регистрационный номер из национального реестра специалистов в области архитектурно-строительного проектирования (для ключа электронной подписи ГИПа, ГАПа).

Файл электронной подписи информационной модели должен иметь имя, полностью совпадающее с именем файла информационной модели с расширением .sig.

На всех ответственных лиц, применяющих УКЭП, оформляется информационно-удостоверяющий лист в соответствии с Приказом Минстроя России № 783/пр от 12.05.2017 «Об утверждении требований к формату электронных документов, представляемых для проведения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий и проверки достоверности определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».

#### **Требования к именованию файлов информационных моделей**

При предоставлении ИМ для экспертной оценки необходимо соблюдать правила именования файлов ИМ, указанных в [31].

#### **Требования к составу ИМ направляемой на прохождение Государственной экспертизы**

Состав информационной модели должен соответствовать требованиям, указанным в [30].

#### **Регламент информационного обмена с органами государственной экспертизы при направлении информационных моделей**

После заключения государственного контракта на выполнение проектных работ по объекту, содержащего требования о необходимости разработки ИМ объекта, но не позднее чем за 2 (два) календарных месяца до заключения договора на государственную экспертизу проектной документации, необходимо заключение договора с Мосгосэкспертизой для оказания услуги по экспертному сопровождению формирования и ведения ИМ данного объекта (далее – Услуга). Оплата Услуги производится за счет средств субсидии ГАУ «Мосгосэкспертиза» на выполнение данных работ.

При проведении государственной экспертизы проектная документация рассматривается совместно с информационной моделью объекта в рамках услуги по экспертной оценке информационной модели.

ИМ направляются в Мосгосэкспертизу через автоматизированную информационную систему (АИС).

Загрузку ИМ в АИС осуществляет уполномоченный представитель заявителя через личный кабинет в АИС, используя соответствующий функционал WEB-портала.

Порядок рассмотрения информационных моделей определяется внутренними регламентами МГЭ.

Общие сроки проведения экспертной оценки информационных моделей не должны превышать сроков проведения Государственной экспертизы проектной документации, подготовленной на основе данных информационных моделей.

Технологическая схема процессов высокого уровня по взаимодействию с МГЭ с использованием информационных моделей приведена в Приложении В.

Детализация этапа «Проверка документов» с использованием информационных моделей приведена на Рис. 9.

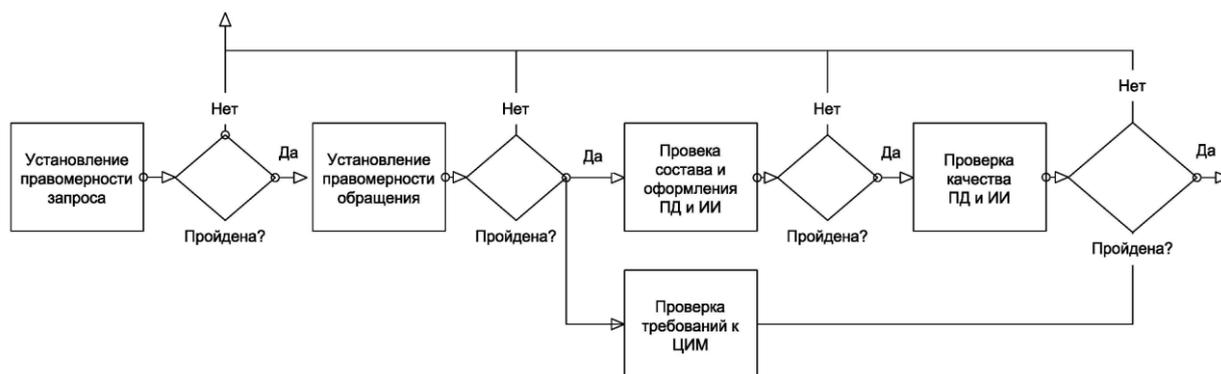


Рис. 9. Детализация этапа «Проверка документов» с использованием информационных моделей

Замечания экспертизы к результатам проекта и (или) инженерных изысканий, проводимой с использованием технологий информационного моделирования, должны быть представлены в электронном виде.

Ответом заявителя на замечания экспертизы являются откорректированная документация и ИМ в случае принятия замечаний. При несогласии с замечанием заявитель может предоставить возражения с обоснованием принятых технических решений.

Сроки выдачи и устранения замечаний Государственной экспертизы к проектной документации, содержащей в том числе информационные модели, не должны превышать сроков выдачи и устранения замечаний проектной документации без информационных моделей и определяются регламентом, установленным в [27]

В случае положительной оценки проекта Государственной экспертизой ИМ, прошедшая экспертизу, размещается на сервере хранения в соответствии с внутренними регламентами МГЭ.

Требования к информационным моделям подземных сооружений транспортного назначения на этапе проектирования также описаны в пункте 2.1.

## 1.12. Сценарии использования информационной модели на этапе проектирования

### Сценарий 1: Оценка участка строительства

Оценка ресурсов участка строительства проводится для определения расположения объекта с учётом характерных форм рельефа, существующих инженерных коммуникаций, инженерно-геологических и инженерно-гидрологических характеристика, экологической ситуации, а также влияния окружающей среды на объект и объекта на окружающую среду и других зон с особыми условиями использования территории.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Определение оптимального расположения будущих объектов транспортной инфраструктуры.
- Минимизация времени, затрачиваемого на анализ месторасположения.

### **Сценарий 2: Сравнение вариантов трассы**

Сюда входят анализ исходных данных и разработка определённого числа вариантов объекта транспортной инфраструктуры; определение технико-эксплуатационных характеристик для различных вариантов проложения трассы линейного объекта и сравнение их между собой; выполнение технико-экономического сравнения вариантов объекта транспортной инфраструктуры.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Минимизация времени, затрачиваемого на разработку вариантов положения трассы.
- Визуальное представление всех вариантов объекта с учётом местных условий (рельеф, водные объекты, растительность, ООПТ и т. п.)
- Укрупнённая оценка и расчёт экономической целесообразности реализации проекта.
- Сокращение сроков получения объёмов и стоимости, необходимых для сравнительного анализа.
- Сокращение времени на процедуры согласования в ОИВ.

### **Сценарий 3: Предварительное согласование**

Это процесс, в котором заказчик проводит оценку цифровой модели и предоставляет свои комментарии и замечания. Проводимые проверки включают оценку соответствия предварительного проекта, предпроектные решения. При использовании модели указанные проверки можно выполнять с помощью ПК. Виртуальные макеты могут быть выполнены на разных уровнях детализации в зависимости от потребностей проекта.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Сокращение времени оценки экспертами проектных решений различных вариантов при просмотре трёхмерной информации.
- Визуализация и учёт всех факторов, влияющих на принятие решения.
- Снижение числа дополнительных запросов информации со стороны экспертов.

### **Сценарий 4: Использование ГИС**

Это процесс, в котором инструменты ГИС используются для оценки и определения оптимального местоположения для будущего проекта.

Импорт из ГИС позволит определить соответствие потенциального участка строительства требуемым критериям в соответствии с проектными требованиями, техническим условиям и сметной стоимости.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Визуальное представление всех вариантов объекта с учётом местных условий (рельеф, водные объекты, растительность, ООПТ и т.п.).
- Снижение затрат на переустройство и наружных инженерных коммуникаций и сноса зданий.
- Оценка максимальной отдачи инвестиций.
- Минимизация человеческого фактора за счёт сокращения ручного ввода данных.

### **Сценарий 5: Получение исходных данных для последующего проектирования**

Информационная модель объекта загружена в геоинформационную систему и является исходными данными для сопутствующих проектов.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Сокращение сроков увязки и согласования сопутствующих проектов между собой.
- Сокращение сроков изысканий сопутствующих проектов.
- Наличие и характеристика инженерных и транспортных коммуникаций.

### **Сценарий 6: Планирование и управление проектированием**

Обеспечивается более точное планирование времени, ресурсов, рисков, а также организация контроля за изменениями, на основе методологии информационного моделирования.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Управление сроками;
- Управление результатами;
- Контроль расходов;
- Управление рисками;
- Распределение трудовых и материальных ресурсов для выполнения плана проекта;
- Отслеживание и организация процесса реализации проекта;
- Анализ объёмов работ;
- Визуализация модели управления с учётом хода проектирования.

### **Сценарий 7: 3D-координация**

Обеспечивается формирование объединённой модели объекта транспортной инфраструктуры с учётом требований, предъявляемых к информационным моделям.

Потенциальная ценность применения сценария:

- Принятие увязанных решений по проекту с учётом инженерной цифровой модели местности;
- Возможность гибкого внесения изменений в инженерную модель с динамической корректировкой чертежей;

- Конструирование цифрового макета сооружения из элементов, создание базы типовых решений;
- Возможность предоставления информации по проекту, презентация проектных решений;
- Наличие единого источника информации по проекту;
- Улучшение контроля и качества проектирования;
- Интеграция всех участников проекта и обеспечение прозрачности разработки проекта.

## **Сценарий 8: Пространственный анализ и проверки**

Обеспечивается выполнение всех необходимых проверок цифровой модели (проверка габаритов, проверка видимости, проверка коллизий и т.п.).

Потенциальная ценность применения сценария:

- Оценка проектных решений до выпуска документации;
- Оценка пространственных коллизий;
- Возможность оптимизации принятых проектных решений;
- Проверка конструкций на соответствие нормативной документации;
- Увязка проектных решений между собой;
- Возможность обнаружить ошибки в конструкциях отдельных элементов или связей между ними и наметить пути их устранения до начала строительно-монтажных работ;
- Снижение числа ошибок на следующих этапах ЖЦ;
- Сокращение сроков согласования технических решений.

## **2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВЕДЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **2.1. Общие положения**

#### **Требования к информационной модели на этапе проектирования**

ТРЕБОВАНИЯ К ИМ ПСТН ВКЛЮЧАЮТ:

- Требования к представлению результатов инженерных изысканий;
- Требования к пояснительным запискам и сметным расчетам;
- Требования к представлению схемы планировочной организации земельного участка;
- Требования к цифровой информационной модели ПСТН на этапе проектирования.

На этапе архитектурно-строительного проектирования в информационную модель ПСТН включаются следующие сведения, документы и материалы:

- а) сведения, документы и материалы, входящие в состав разделов проектной документации, графическая часть которых выполнена в виде трехмерной цифровой модели;
- б) иные документы, предоставляемые для проведения государственной экспертизы проектной документации;
- в) документы, прилагаемые к заявлению о выдаче разрешения на строительство, или сведения о государственных информационных системах и способах доступа к содержащимся в них документам, если документы размещены в открытом доступе в составе информационных ресурсов, указанных государственных информационных систем.

## **Требования к цифровой информационной модели ПСТН на этапе проектирования**

ТРЕБОВАНИЯ К ЦИМ ПСТН ВКЛЮЧАЮТ:

- Требования к составу ЦИМ ПСТН, минимальный состав:
  - для ИЦММ: ЦМР (см. п.2.6);
  - ЦИМ трассы (см. п.2.7);
  - ЦИМ тоннеля (см. п.2.8);
  - ЦИМ притонельных сооружений;
  - ЦИМ станционного комплекса (при их наличии);
  - ЦИМ наружных сетей;
- Требования к составу проектной документации, формируемой из цифровой информационной модели ПСТН, рекомендуемый минимальный состав:
  - архитектурные решения;
  - конструктивные решения;
  - система электроснабжения (за исключением схем);
  - система водоснабжения;
  - система водоотведения и канализации;
  - отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети;
  - автоматика и телемеханика движения поездов (за исключением схем);
  - сети связи (за исключением схем);
  - системы сигнализации и контроля доступа (за исключением схем);
  - системы обеспечения пожарной безопасности;
  - организация строительства;
- Требования к цифровым информационным моделям объектов метрополитена для прохождения экспертизы, в том числе требования к:
  - классификации;
  - геометрическому моделированию;
  - топологической структуре;
  - атрибутивному наполнению;
- Требования к цифровым информационным моделям наружных инженерных сетей для прохождения экспертизы;
- Общие требования к цифровым моделям зданий для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования. (включая требования к архитектурным, конструктивным решениям и инженерным решениям зданий).

Основные требования к ЦИМ на этапе проектирования устанавливаются в отношении атрибутов и геометрической детализации, а именно, к определению границ элементов, границ материалов в структуре элементов и узлов сопряжения с другими элементами.

Структуру цифровой модели необходимо определить до начала моделирования основных элементов цифровой модели одним из следующих способов:

- комбинированное разделение ЦИМ ПСТН на разные файлы цифровой модели как по дисциплинам, так и по пространственному разделению;
- использование связанных файлов, в том числе с многоуровневой вложенностью, как по дисциплинам, так и по пространственному разделению;
- единая цифровая модель без разделения на цифровые суб-модели.

Цифровая модель проверяется на отсутствие пространственных коллизий и на соответствие обязательным нормативно-техническим документам.

При разработке информационной модели ПСТН необходимо использовать актуализированные шаблоны в соответствии с типом ПО и видом моделируемого объекта.

Формирование графической части разделов проектной документации должно быть выполнено на основании ЦИМ.

## **2.2. Подготовка плана реализации проекта с использованием информационного моделирования**

ПИМ: План реализации проекта с использованием информационного моделирования является основным документом информационного менеджмента, Реализацию проектов ПСТН с помощью ТИМ необходимо начинать с разработки плана реализации соответствующего проекта.

ПИМ должен содержать методику разработки цифровой модели с учетом специфики используемого программного обеспечения для информационного моделирования.

ПИМ следует составлять совместно со специалистами по информационному моделированию и управлению проектами после анализа и однозначного понимания требований заказчика к информационным моделям и обмену информацией.

ПИМ необходимо согласовывать с компетентными представителями всех организаций, участвующих в разработке и ведении информационной модели, с отражением реквизитов организаций, фамилий и должностей.

*Шаблон типового плана реализации проекта с использованием информационного моделирования (см. Приложение Г)*

Опираясь на имеющуюся практику разработки информационных моделей ПСТН, при подготовке плана реализации инвестиционно-строительного проекта с использованием ТИМ рекомендуется:

- Признать необходимость применения XML-схем, утвержденных уполномоченным ФОИВ;
- Определить конкретные цели и задачи применения информационного моделирования;

- Опирайтесь на календарно-сетевой график (КСГ), отражающий последовательность выполнения и структуру декомпозиции работ по информационному моделированию, а также учитывающий ресурсную и стоимостную составляющие;
- При разработке стратегии реализации и разработке схемы бизнес-процессов учитывать специфику инженерных решений моделируемого объекта;
- Предварительно определить логику разделения на цифровые суб-модели;
- Учитывать требования заказчика к детализации цифровой модели на этапе проектирования, в том числе исключить избыточность детализации — как геометрической, так и информационной;
- Вести журнал изменений и своевременно составлять техническую документацию на все разработанные программные решения, алгоритмы и сценарии (скрипты), необходимые для создания и / или функционирования цифровой модели, а также элементов цифровой модели высокой степени алгоритмизации;
- Приступить к предварительному формированию библиотеки часто используемых элементов цифровой модели непосредственно после анализа технического задания и однозначного понимания задач информационного моделирования;
- Определить и согласовать сведения о необходимости первичной разработки элементов цифровой модели либо о возможном применении библиотечных элементов сторонних разработчиков, а также установить права на дальнейшее их использование;
- Определить требования к инженерной цифровой модели местности (ИЦММ) в объеме, согласованном с заказчиком информационной модели (см. Приложение Е);
- Согласовать программное обеспечение для разработки цифровой модели и допустимые форматы файлов, в том числе с открытыми спецификациями.

Ввиду сочетания продолжительных сроков реализации проектов ПСТН с большим числом элементов сложной геометрии и высокой насыщенностью атрибутивной информацией, а также последующего многократного увеличения объема данных цифровых моделей на этапе проектирования надлежит при разработке стратегии реализации информационной модели особое внимание уделять следующим аспектам:

- Обеспечению стабильного, достаточного для комфортной работы уровня аппаратной производительности, исключающего сбои в работе с информационной моделью на протяжении всего жизненного цикла ПСТН;
- Созданию возможности хранения и оперативного доступа к информационной модели на протяжении всего ЖЦ (см. раздел СОД);
- Периодическому тестированию аппаратной производительности и производительности цифровой модели (model health), а также анализу результатов указанного тестирования;
- Обеспечению возможности разделения цифровой модели на суб-модели без остановки процесса проектирования, а также логике разбивки на цифровые суб-модели;
- Организации автоматизированного корректного объединения цифровых суб-моделей в цифровую модель в автоматизированном режиме.

## Обеспечение связанности параметров и атрибутивных данных

Цифровая модель ПСТН должна содержать атрибуты в соответствии с требованиями к атрибутивному составу элементов ЦИМ объекта капитального строительства.

При разработке цифровой модели необходимо вести полный реестр атрибутов, содержащихся во всех цифровых суб-моделях, с указанием идентификатора атрибута, описанием его назначения и указанием связей с другими атрибутами и их типом. Пример организации реестра атрибутов показан в таблице 7.

Реестр атрибутов должен быть сформирован до начала разработки цифровой модели, при необходимости внесения новых атрибутов они должны быть внесены в реестр. Всех участников процесса информационного моделирования необходимо оповещать о любых изменениях в реестре – удалении атрибутов, изменении атрибутов, внесении новых атрибутов.

Цифровая модель должна содержать данные об объекте строительства в соответствии с требованиями к паспорту объекта конкретного типа разрабатываемого объекта.

Таблица 7. Пример реестра атрибутов ИМ ПСТН

Класс IFC4	Наименование набора свойств	Наименование атрибута	Наименование атрибута по СП 333.1325800.2020	Единица измерения	Формат	Описание	Дополнительная информация

В графе «Класс IFC4» приводится наименование класса элемента согласно IFC4, которым соответствуют наборы свойств.

В графе «Наименование набора свойств» приводится наименование набора свойств, в который группируются атрибуты элементов.

В графе «Наименование атрибута» приводится наименование атрибута на латинице, используемое в XML-схеме.

В графе «Наименование атрибута по СП 333.1325800.2020» приводится наименование атрибута на русском языке в соответствии с СП 333.1325800.2020.

В графе «Единица измерения» приводится единица измерения (или указывается на её отсутствие для безразмерных атрибутов).

В графе «Формат» указывается символ формата:

T - <текст>;

N - <число>;

D - <дата>;

K - <код>;

B - <булево выражение>

В графе «Описание» указываются необходимые разъяснения по заполнению значения атрибута.

В графе «Дополнительная информация» указывается ссылка на источник данных в нормативно-технической документации.

Полный перечень обязательных атрибутов ИМ ПСТН приводится в приложении П.

Инженерная цифровая модель местности должна содержать атрибуты в соответствии с таблицей «Обязательные атрибуты описываемых типов элементов инженерной цифровой модели местности» и включать в себя характеристики следующих объектов:

- точечных; линейных; площадных;
- осевых линий;зданий и сооружений;
- геологических данных;
- гидрометеорологических данных;данных гидрологического режима рек;
- наземных объектов территории;
- подземных объектов территории.
- Необходимо обеспечить связанность параметров и атрибутивных данных:
- включенных в ИЦММ и цифровой модели ПСТН на этапе проектирования;
- разрабатываемых в различном программном обеспечении;
- на разных этапах ЖЦ (строительство, эксплуатация);
- с параметрами модели непрерывной актуализации (по согласованию с заказчиком).

### **2.3. Координация цифровой модели**

*Опорные элементы координатной системы цифровой модели, цифровые представления осей трассы, оси тоннеля, верхнего строения пути, координационные оси, уровни и другие вспомогательные элементы, в том числе находящиеся в разных информационных контейнерах и разрабатываемые с помощью различного программного обеспечения, а также их положение в пространстве и взаимное расположение необходимо выполнить на начальном этапе, до начала моделирования конструкций.*

Несмотря на высокую комплексность и сложность реализации ПСТН в количественном отношении, на начальный этап работ по информационному моделированию приходится наименьшее число элементов ЦИМ, и несмотря на это, первые шаги по ее созданию имеют критически важное значение для качественной и своевременной разработки цифровой модели.

### **2.4. Координатные системы**

Все цифровые информационные модели и результаты геодезических изысканий выполненных в виде электронных документов, входящие в состав информационной модели ПСТН, должны иметь одинаковые системы координат.

Система координат цифровых информационных моделей и электронных документов может быть привязана к государственной геодезической сети с установленным смещением координат или без него. При необходимости информационная модель может выполняться без привязки координатной системы к реальным геодезическим координатам, но с обязательной привязкой всех ЦИМ к опорной цифровой модели.

При использовании смещения координат информационной модели, параметры смещения должны быть вынесены за пределы СОД.

Для обеспечения единого координатного пространства информационной модели может быть создана опорная цифровая модель определяющая взаимное отношение опорной точки информационной модели с характерной точкой геодезической съемки имеющей

установленные координаты с учетом правильной ориентации по сторонам света и уровня абсолютных отметок, а также взаимное положение координатных систем каждой отдельной цифровой информационной модели, например цифровой модели тоннеля, притоннельных сооружений, станций, ИЦММ. Методология привязки каждой отдельной цифровой информационной модели может отличаться в зависимости от типа ИМ, основных сценариев использования цифровой информационной модели и используемого программного обеспечения.

В определенных случаях связанных с особенностями технологии проектирования ПСТН взаимная привязка цифровых информационных моделей может осуществляться с использованием цифровой модели трассы в качестве опорного файла (пример привязки ЦИМ станции к ЦИМ трассы показан на рис.10).

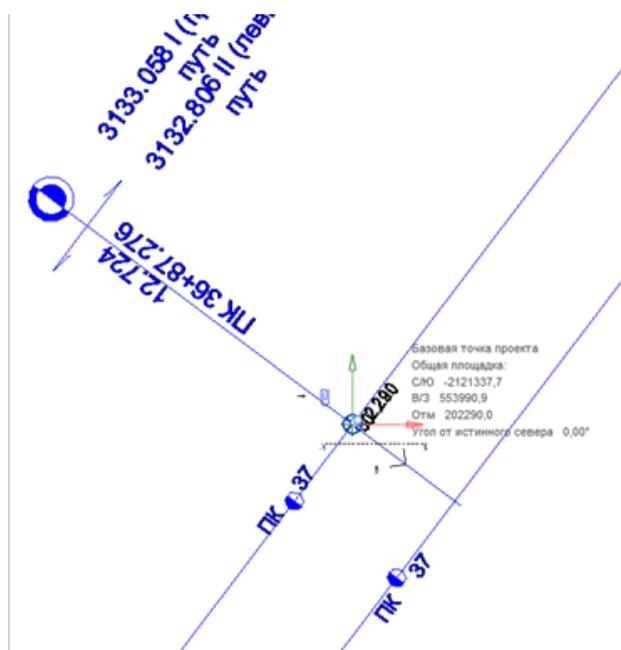


Рис. 10. Взаимная привязка координатных систем ЦИМ

Относительная взаимосвязь координатных систем отдельных ЦИМ и опорного файла должна быть зафиксированна и периодически проверяться на предмет непреднамеренных изменений.

## 2.5. Вариантное и концептуальное моделирование

Информационное моделирование может быть применено для разработки вариантов проектных предложений подземных сооружений, сравнительной оценки укрупненных технико-экономических показателей и анализа возможных рисков. Цифровая модель ПСТН на этапе концептуального вариантного моделирования должна разрабатываться с высокой степенью алгоритмизации и невысоким уровнем детализации.

Для анализа рисков целесообразно использование информационных моделей с возможностью моделирования механизированного тоннелирования и его влияния на окружающую застройку и инженерные сооружения с использованием метода конечных элементов в целях.

## 2.6. Инженерная цифровая модель местности

При моделировании трассы (проекта полосы отвода) в качестве основы необходимо использовать ИЦММ, разработанную изыскательской организацией.

ИЦММ создается на основе результатов инженерных изысканий и служит источником информации для комплексной оценки, анализа инженерно-геологических условий участка строительства и составления долгосрочных прогнозов возможных изменений этих условий на время строительства и последующей эксплуатации объектов.

ИЦММ для расчетных задач и для разработки проектной документации должна содержать векторную топологическую модель пространственных данных. В состав ИЦММ должны входить ЦМР, ЦМС, цифровая модель инженерных коммуникаций и, при необходимости, цифровые модели геологического строения.

ИЦММ должны содержать все объекты, соответствующие их масштабу и состоянию описываемой ими местности. Все объекты должны быть классифицированы и снабжены кодами. Кодировка объектов ИЦММ должна принадлежать следующим классам пространственных объектов: математическая основа, опорные пункты, рельеф суши, гидрография и гидротехнические сооружения, населенные пункты, промышленные, сельско-хозяйственные и социально-культурные объекты, дорожная сеть и дорожные сооружения, растительный покров и грунты, границы, ограждения и прочие объекты, подписи собственных названий объектов, элементы автомобильной дороги (ось, кромки проезжей части, бровки земляного полотна, основание откосов и т.д.) и элементы искусственных сооружений.

Для формирования ИЦММ надлежит использовать следующие методы:

- цифровая фотограмметрическая обработка материалов аэрофотосъемки и космической съемки;
- цифровая обработка материалов наземной автоматизированной топографической съемки;
- оцифровывание картографических материалов;
- автоматизированная генерализация топографической информации для создания ИЦММ мелких масштабов из более крупных масштабов.

*При отсутствии ИЦММ ее необходимо разрабатывать силами организации, выполняющей информационное моделирование ПСТН. В качестве исходных данных для разработки ИЦММ могут быть использованы следующие данные, предоставленные в виде электронного документа (файла):*

- Топографическая съемка, выполненная в специализированном программном средстве САПР для разработки объектов инфраструктуры и инженерных изысканий, с поддержкой технологии информационного моделирования;
- Топографическая съемка, выполненная в программном средстве САПР общего назначения с распределением объектов по слоям и дополнительного документа в текстовом (\*.txt), табличном (\*.csv) либо другом формате по согласованию, с указанием  $x$ ,  $y$  и  $z$  координат);
- Топографическая съемка, выполненная в программном средстве САПР общего назначения с распределением объектов по слоям, с блоками точек, которые содержат извлекаемую атрибутивную информацию о высоте расположения точки съемки;
- Топографическая съемка, выполненная в программном средстве САПР общего назначения и дополнительного файла облака точек (в формате RCS) или файлов проекта облака точек (в формате RCP, LAS).

Пример построения ЦМР с использованием в качестве исходных данных — имеется файл .txt с координатами точек.

*Шаг 1.* Импорт координат точек (Пример на рис. 11)

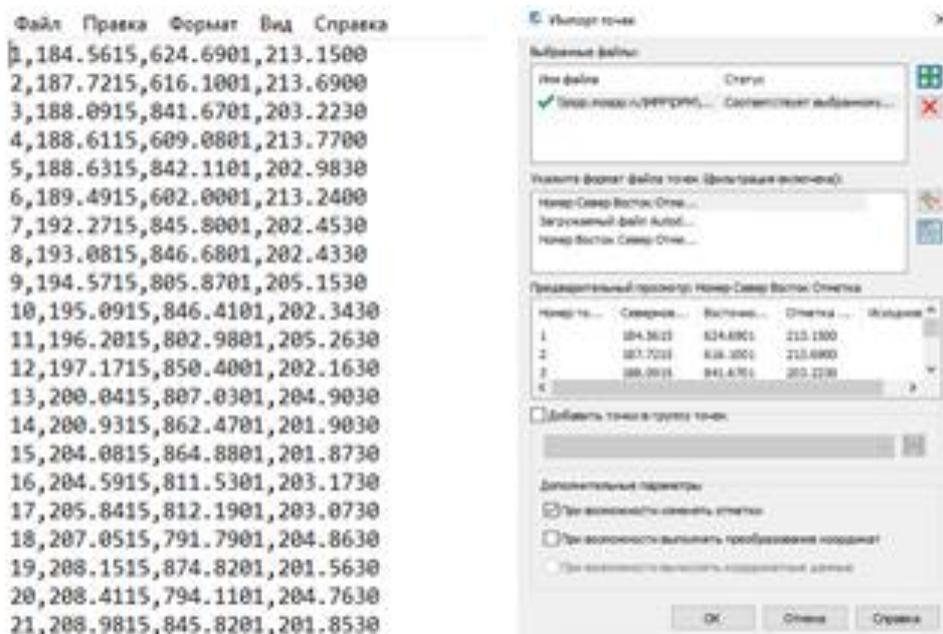


Рис. 11. Файл исходных данных

*Шаг 2.* Генерация топоповерхности (ЦМР) по полученным точкам.

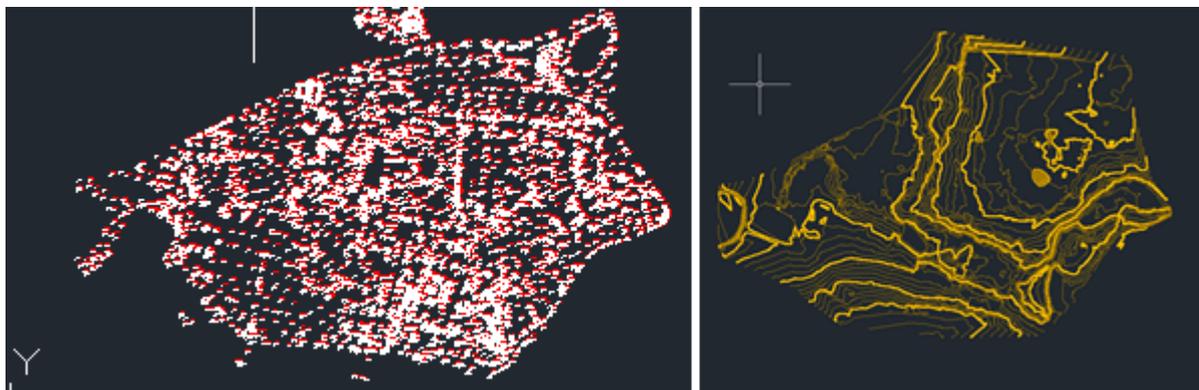


Рис. 12. Импортированные точки

*Шаг 3.* Отключение видимости меток и описания точек.

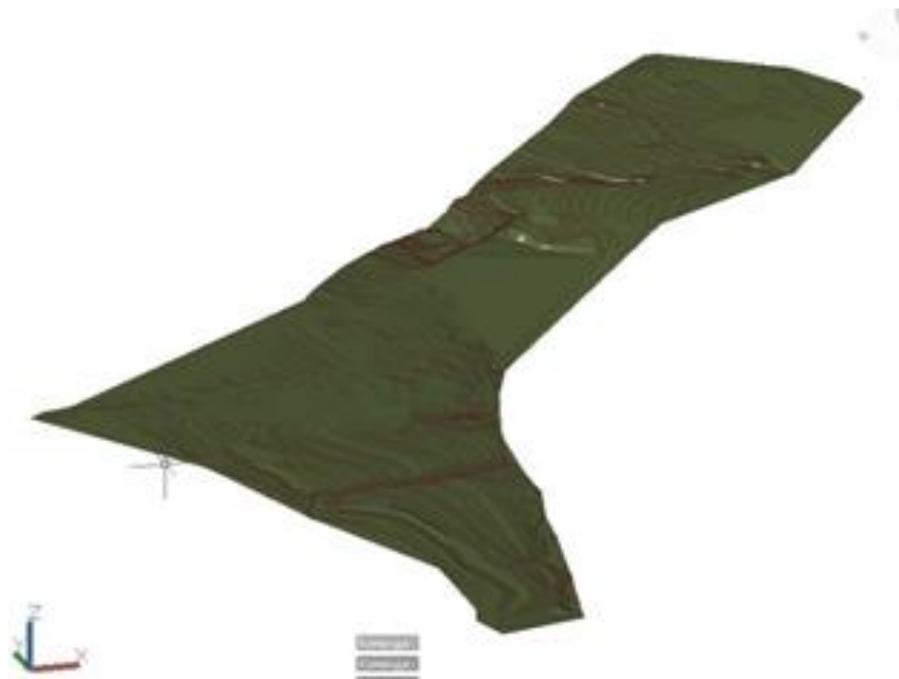


Рис. 13. Сгенерированная поверхность ЦМР

## 2.7. Цифровая информационная модель трассы

Предварительная концептуальная модель трассы разрабатывается с использованием предварительной ИЦММ. Концептуальную цифровую модель трассы уточняют после согласования конфигурации специалистами смежных разделов.

При разработке цифровой модели трассы ПСТН достаточно описания трасс линейно протяжённых объектов в виде последовательности точек или отдельных фрагментов кривых. При проектировании новых объектов для удобства поиска и принятия проектных решений рекомендуется использовать параметризованные цифровые модели трассы, например, в виде тангенциального хода параметров сопряжения дугами и клотоидами.

Финализация цифровой модели трассы происходит после получения результатов инженерно-геологических изысканий и последующей актуализации ИЦММ.

## 2.8. Цифровая информационная модель тоннеля

Уровень детализации и атрибутивного наполнения ЦИМ тоннеля зависит от сценариев (задач) использования ЦИМ ПСТН. Для вариантного проектирования и анализа основных технико-экономических показателей рекомендуется использовать ЦИМ тоннеля низкой степени детализации и высокого уровня алгоритмизации. Построение цифровой модели тоннеля может выполняться на основе ЦМР и цифровой модели трассы.

Основной задачей построения ЦИМ тоннеля высокой степени алгоритмизации является построение оси тоннеля, непосредственно к которой осуществляется привязка всех элементов цифровой модели тоннеля. Ось тоннеля может быть построена как с использованием таблицы смещений оси тоннеля относительно трассы подготовленной соответствующими специалистами или с помощью алгоритмизации расчета переходных кривых.

Детализированная методология разработки цифровой модели тоннеля должна разрабатываться в зависимости от функциональных возможностей конкретного ПО.

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

Поперечные профили конструкции тоннеля заносятся в библиотеку компонентов цифровой модели и могут использоваться повторно.

Пример поперечного профиля конструкции тоннеля высокой алгоритмизации показан на рис. 14.

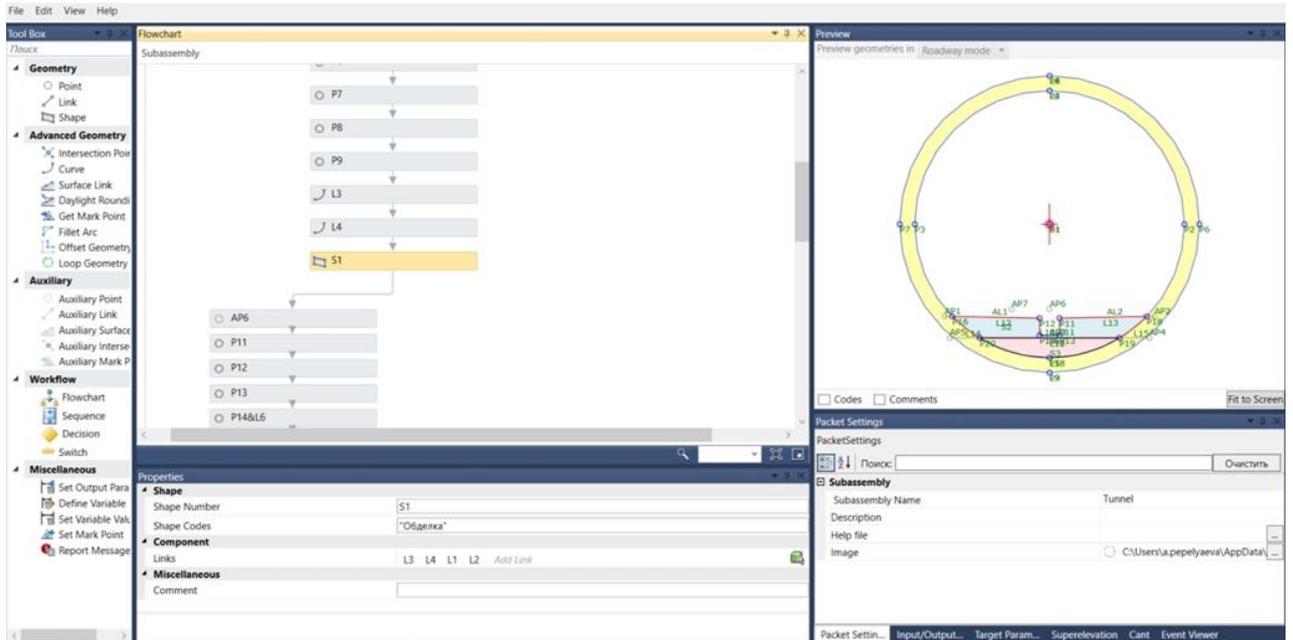


Рис. 14. Разработка цифровой модели высокой алгоритмизации

Для формирования установленных разделов проектной документации из ЦИМ ПСТН, цифровая модель тоннеля может быть выполнена со средним или высоким уровнем детализации и низким уровнем алгоритмизации.

ЦИМ тоннеля на этапе проектирования содержит следующие элементы:

- Элементы КЖ – обделка по участку трассы, реперные тумбы, основания под контейнеры ТПО, жесткое основание пути.
- Элементы пути – путевая плита, вибродемпфирующие прокладки.

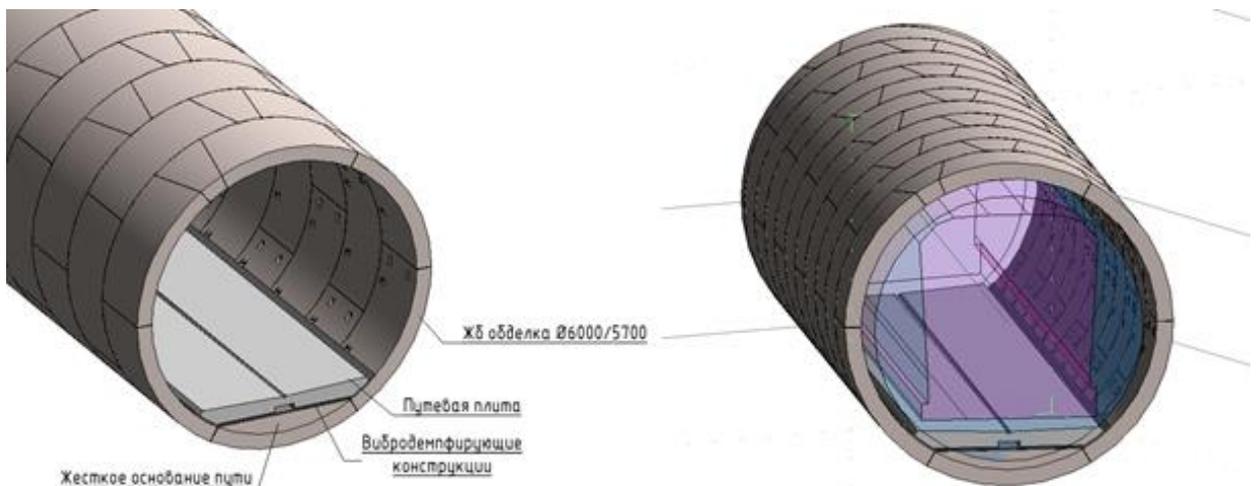
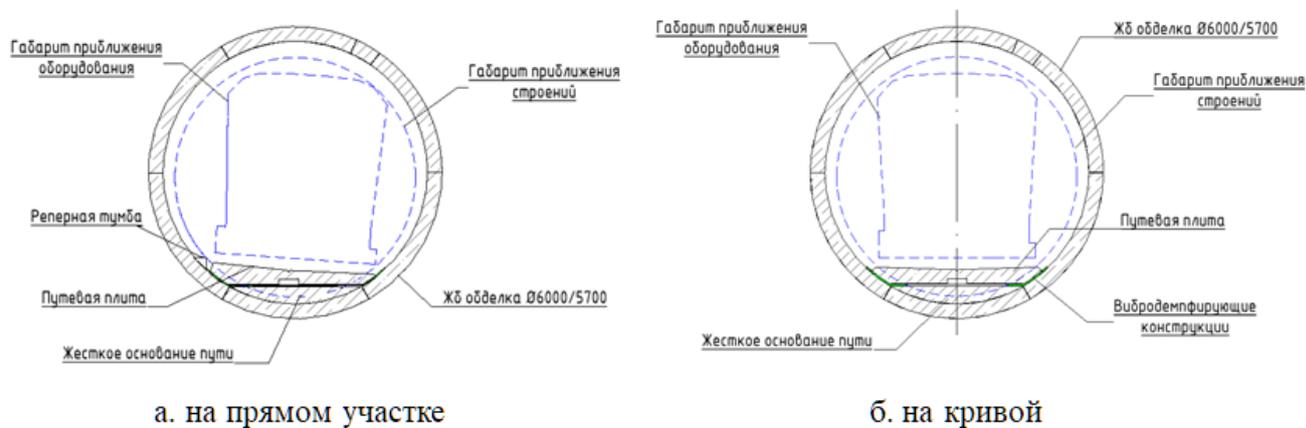


Рис. 15. Пример цифровой модели тоннеля глубокого заложения со сборными железобетонными обделками

*Примечание: при моделировании 3D-траектория проецируется программой на плоскость в 2D.*



*Рис. 16. Поперечное сечение на прямом участке и на кривой*

В цифровой модели тоннеля необходимо показывать габарит приближения строения, габарит приближения оборудования, путевую плиту (с условным упрощением в плане трассы (для более точного построения необходимо участок разбивать на более мелкие, согласно трассе)).

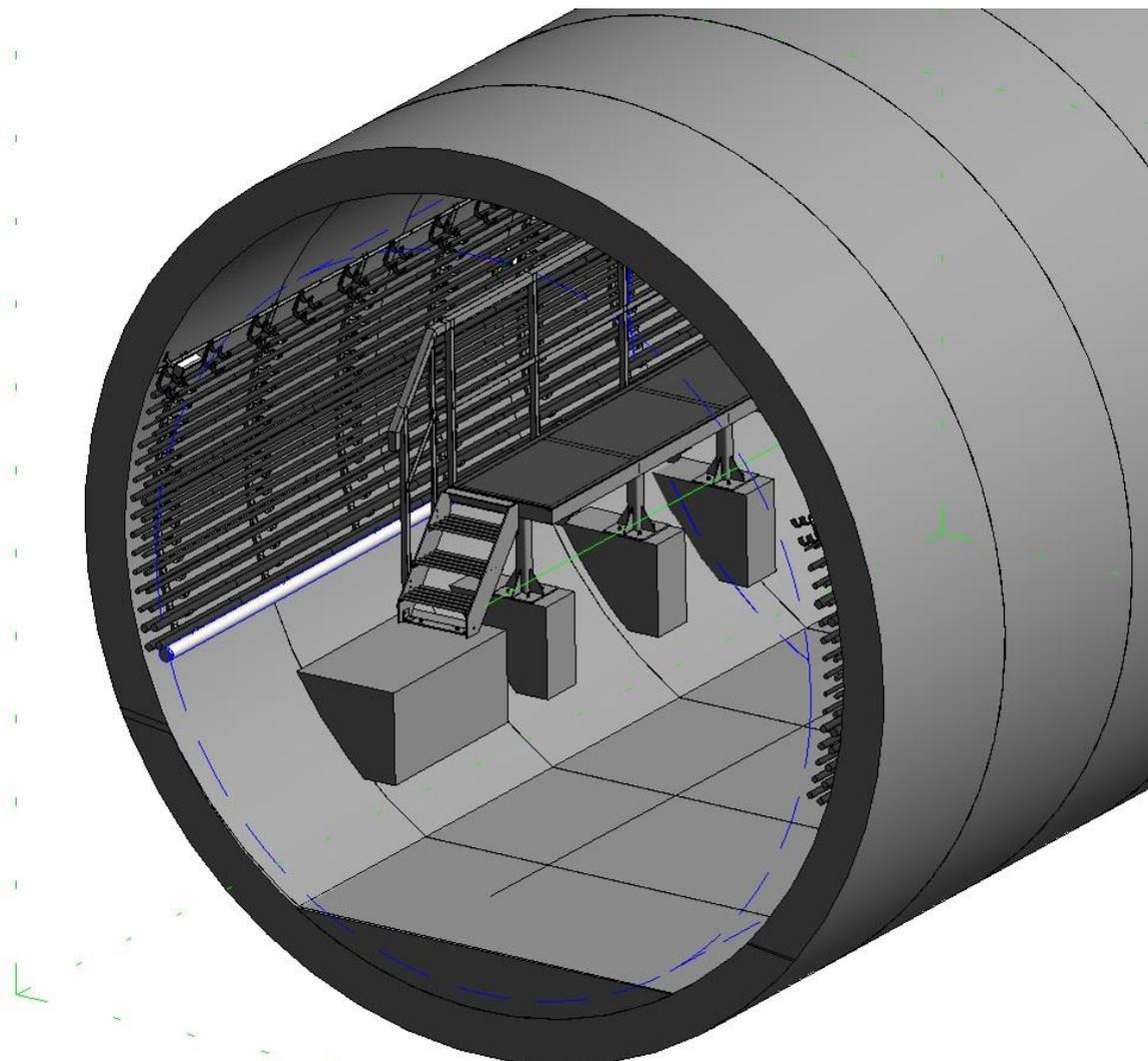


Рис. 17. Общий вид тоннеля

Автоматизация процесса построения цифровой модели тоннеля (раскладке элементов тоннеля) зависит от функциональных особенностей конкретного ПО, но как правило, содержит следующие шаги:

- Обработка траектории цифровой модели трассы;
- Определение необходимого диапазона (пикетажа) моделируемого тоннеля;
- Создание точек с заданным шагом на новом (ограниченном) участке кривой;
- Преобразование координат точек с учетом  $z$ -координаты;
- Загрузка из электронной таблицы списка смещений  $z$ -координат и изменение  $z$ -координат точек;
- Включение вспомогательной информации о векторе;
- Размещение элементов обделки по точкам;
- Получение требуемых граней элементов, к которым будут присоединяться тубинги;
- Создание вспомогательных элементов, повторяющих контур поперечного сечения тоннеля (круг) с заданным радиусом и вектором;

- Создание местных систем координат на каждом вспомогательном элементе;
- Генерация основных данных для построения элементов тоннеля: грань, точка в начале координат круга и направление;
- Построение элементов обделки.

## 2.9. Цифровая модель верхнего строения пути

Цифровую модель ВСП необходимо разрабатывать с высоким уровнем алгоритмизации. ВСП рекомендуется моделировать попикетным методом, задавая поперечные профили с привязкой их к оси трассы. Цифровая модель ВСП должна обеспечивать расчет возвышения уровня головки рельса как в ручном, так и в автоматическом режимах.

Для раскладки повторяющихся элементов (шпал, креплений и т. п.) целесообразно использовать средства визуального программирования используя следующий *алгоритм*:

- Выбрать цифровую модель, в которой необходимо выполнить раскладку элементов;
- Выбрать коридор по указанному его имени;
- Получить список всех базовых линий в коридоре;
- Получить список всех областей базовой линии;
- Получить значение начального и конечного пикетов области;
- Делением длины участка на эпюру шпал вычислить последовательность чисел в заданном диапазоне;
- Получить систему координат по ранее созданной последовательности чисел (пикеты базовой линии);
- Выполнить вставку 3D-блока шпалы в определенный слой по заданным координатам и углу поворота блока относительно оси пути;
- Повторить алгоритм с элементом крепления.

*Альтернативный способ с использованием экспорта пикетов трассы в табличную форму* предусматривает следующий алгоритм:

- Указываем, что работаем с текущим чертежом;
- Выбираем трассу по указанному имени;
- Получаем значение начального и конечного пикетов трассы;
- Создаем последовательность чисел в заданном диапазоне (100 на пикет);
- Получаем систему координат по ранее созданной последовательности чисел;
- Получаем координаты точек по X и Y оси трассы и значение пикета;
- Записываем данные в формате электронной таблицы.

## 2.10. Цифровая модель инженерных коммуникаций

Цифровая модель внутренних сетей водоснабжения и водоотведения в качестве основы использует цифровые модели архитектурных и конструктивных решений, наружные инженерные сети имеют зависимости от цифровой модели рельефа.

Ключевым моментом в последовательности построения цифровых моделей наружных систем является предварительная настройка зависимостей инженерных систем, которые будут выполняться в процессе моделирования. Крайние отметки отступа инженерных систем имеют зависимости от ЦМР и возможный диапазон изменений величины угла при построении системы.

На подготовительном этапе моделирования наружных сетей необходимо разработать уникальный шаблон, наполненный необходимыми типами элементов (труб, колодцев, изоляции и т.д.). Не рекомендуется применять общий шаблон для наружных и внутренних инженерных систем.

Ввиду большого числа различных электрических подсистем информационное моделирование электрических систем является одним из наиболее трудозатратных процессов, что необходимо учитывать при планировании реализации информационной модели.

Информационное моделирование электрических и слаботочных систем должно быть выполнено с возможностью анализа заполнения кабеленесущих систем (труб, лотков, кронштейнов и т.п.)

Электрический кабель большого сечения необходимо моделировать с учетом угла загиба и траектории прохождения трассы.

## **2.11. Ведение цифровой модели подземного сооружения транспортного назначения на этапе проектирования**

Ответственным за разработку и ведение информационной модели ПСТН на этапе архитектурно-строительного проектирования является генеральный проектировщик. Все процессы актуализации и процедуры взаимодействия с информационной моделью как при принятии проектных решений, проведении проверок, экспертизы и согласований должны быть строго регламентированы и контролироваться компетентными специалистами. Регламенты взаимодействия должны быть определены на начальном этапе. Использование дополнительных классификаторов строительной информации должно быть закреплено соответствующей XML-схемой.

По результатам разработки и ведения информационной модели должны быть проведены анализ и оценка результатов выполнения и подготовлен отчет по установленной форме. В отчете также необходимо отразить все элементы, классификацию которых не удалось выполнить с помощью текущих версий государственных классификаторов.

### **Оценка эффективности разработки цифровой модели**

Оценку эффективности разработки цифровой модели необходимо проводить в соответствии с установленными временными интервалами. При оценке следует руководствоваться требованиями к качеству ЦИМ, согласованными с заказчиком и описанные в плане реализации.

Проверки необходимо проводить по следующим основным направлениям или их комбинациям:

- проверка пространственного положения и геометрических параметров;
- выявление коллизий;
- проверка данных.

В проверку пространственного положения и геометрических параметров следует включать:

- проверку соответствия элементов модели требованиям к уровням проработки (геометрической составляющей);
- проверку на идентичность систем координат;
- проверку точности построения элементов модели;
- проверку на отсутствие дублированных и перекрывающихся элементов;
- проверку на «неразрывность» примыкания элементов конструкций (объекты модели не должны «висеть в воздухе») и на «неразрывность» систем инженерных коммуникаций;
- проверку разделения элементов на уровни (это особенно относится к элементам, которые могут быть построены на высоту нескольких уровней, таким как фасадные стены, колонны и т. д.).

Коллизии необходимо выявлять с целью обнаружить и разрешить все потенциальные конфликты между элементами модели уже на этапе проектирования и не допустить их появления в ходе строительно-монтажных работ.

К выявлению геометрических коллизий относятся:

- поиск, анализ и устранение геометрических пересечений элементов модели;
- поиск, анализ и предотвращение пространственно-временных пересечений;
- поиск, анализ и устранение нарушений нормируемых расстояний между элементами модели.

Выявление, анализ и разрешение коллизий предусматривает:

- создание сводной модели (при междисциплинарной проверке);
- определение проверок, которые необходимо провести, и требований для их успешного прохождения;
- проведение, анализ результатов проверок и формирование журнала коллизий;
- назначение ответственного за устранение коллизий;
- назначение ответственного за контроль над устранением коллизий;
- устранение коллизий;
- проверку на коллизии после их устранения.

### **Использование классификаторов**

Все элементы ЦИМ должны быть классифицированы с помощью кодов классификаторов МССК в соответствии со следующими правилами:

- для классификации элементов ЦИМ применяется классификаторы «Элементы»;
- для классификации материалов строительных элементов ЦИМ применяется классификатор «Строительные изделия и материалы»;

- для классификации помещений и зон применяется классификатор «Помещения и зоны»;
- для классификации назначения помещений, зон, материалов и элементов применяется классификатор «Назначения и виды деятельности».

### **Методика использования классификатора**

#### **Способ 1**

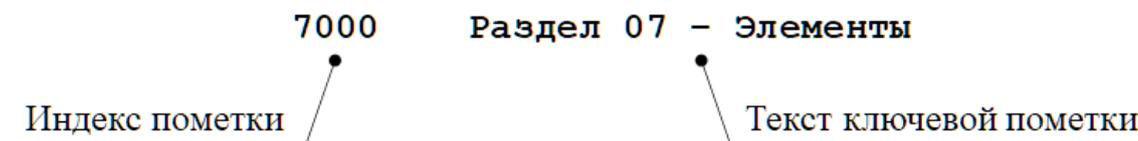
*Шаг 1.* Создание файла шаблона, в который будет добавлен в качестве ключевых пометок txt-файл с кодами классификатора МССК, и затем указанный шаблон необходимо подгрузить в ЦИМ.

*Шаг 2.* Создание текстового файла, в котором будут прописаны коды классификатора «Элементы», «Помещения и зоны», «Строительные изделия и материалы», «Назначения и виды деятельности».

```
5000  Раздел 05 - Помещения и зоны
7000  Раздел 07 - Элементы
Эл 10  Земляные сооружения, фундаменты 7000
Эл 10 10  Фундаменты Эл 10
Эл 10 10 05  Фундаментное основание Эл 10 10
Эл 10 10 10  Свая Эл 10 10
Эл 10 10 15  Фундамент ленточный Эл 10 10
Эл 10 10 20  Фундамент столбчатый Эл 10 10
Эл 10 10 25  Фундаментная плита Эл 10 10
Эл 10 10 30  Фундамент общего назначения Эл 10 10
Эл 10 10 35  Фундаментная балка Эл 10 10
Эл 10 10 40  Фундаментный блок Эл 10 10
Эл 10 10 45  Подливка фундамента Эл 10 10
Эл 10 10 50  Подколонник Эл 10 10
Эл 10 10 55  Ростверк Эл 10 10
Эл 10 10 60  Балка ростверка Эл 10 10
Эл 10 10 65  Бетонная подготовка Эл 10 10
Эл 10 20  Укрепление грунта Эл 10
Эл 10 20 10  Несущая стена в грунте Эл 10 20
Эл 10 20 20  Шпунт Ларсена Эл 10 20
Эл 10 20 30  Шпунт Эл 10 20
Эл 10 30  Компоненты для устройства фундаментов Эл 10
Эл 10 30 10  Изоляция Эл 10 30
Эл 10 30 20  Пароизоляция Эл 10 30
```

*Рис. 18. Пример файла с кодами классификатора*

Чтобы после загрузки txt-файла в шаблон отображение ключевых пометок было корректным, необходимо задать определенную структуру, пример структуры показан на рис 19.



*Рис. 19. Структура ключевой пометки*

Чтобы добавить в данный индекс пометки код классификатора МССК и класс элемента, необходимо прописать данные значения и в конце добавить индекс, который будет «родительским» для данной строки. В качестве разделителя нужно использовать табулятор (tab). Таким образом будут получены выпадающие списки в соответствии с таблицей «Элементы». И необходимо сохранить txt-файл в кодировке UTF-16 LE.

Чтобы добавить файл в шаблон, необходимо во вкладке «Аннотации» выбрать инструмент «Параметры ключевых пометок». В открывшемся окне выбираем «Обзор» и задаем путь к txt-файлу. Если к моменту выбора txt-файла необходимо его отредактировать, то после сохранения достаточно в рассматриваемом окне выбрать команду «Обновить».

Чтобы рассмотреть структуру загруженного файла, необходимо выполнить команду «Просмотр».

Результатом является шаблон с ключевыми пометками, содержащими коды классификатора МССК в соответствии с требованием к классификации элементов ЦИМ.

### **Выгрузка информации из ИМ ПСТН**

При подготовке цифровой модели к экспорту в формате IFC необходимо выполнить переопределение классов и типов. Наборы атрибутов могут быть выгружены следующими способами:

- Экспорт наборов характеристик, происходит экспорт всех атрибутов (Export property sets);
- Экспорт спецификаций, содержащих заголовки «IFC», «Pset» или «Общие» в виде наборов характеристик (Export schedules as property sets);
- Экспорт пользовательских наборов характеристик (Export user defined property sets).

Такой метод требует использования файла сопоставления в виде текстового документа, который необходимо создать и затем указать к нему путь.

Перед экспортом модели в IFC необходимо выполнить следующие виды проверок:

- Убедиться, что всем свойствам проекта заданы уникальные наименования, указывающие на принадлежность к соответствующему классу;
- Исключить неправильно классифицированные объекты;
- Удалить все неиспользуемые внешние ссылки, слои, объекты, аннотации, виды и чертежи, не относящиеся к проекту;
- Перед экспортом необходимо выполнить проверку на все виды коллизий (пересечения, дублирование, просвет, расположение в воздухе) и устранить выявленные;
- Исключить выгрузку вспомогательных уровней и проверить корректность привязки элементов;
- Исключить выгрузку всех параметров – количество выгружаемых параметров должно быть скорректировано;
- Экспортируемая цифровая модель должна содержать все необходимые свойства;
- Параметр размещения цифровой модели — координатный базис — должен быть указан корректно;
- Выполнить проверку на наличие элементов с высокой геометрической детализацией, и снизить уровень их детализации до приемлемого;
- Структурировать все данные проекта в соответствии с установленным стандартом схемы IFC.

При подготовке информационной модели для передачи на экспертизу должна быть разработана XML-схема в соответствии с установленными требованиями;

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

При передаче информационной модели субподрядчикам в виде информационного контейнера необходимо выполнить установленную процедуру подготовки входящих в состав цифровых моделей и суб-моделей.

### 3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВЕДЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

#### 3.1. Общие положения

Информационное моделирование позволяет значительно повысить качество проектной и рабочей документации, поскольку трудозатраты на самоконтроль проектировщика и изменение документации значительно уменьшаются. При этом недостатки реализуемости проектных решений становятся очевидными всем участникам, занятым в работе с моделью. Выбор оптимального способа изменения проектных решений также становится более очевидным вследствие более быстрого понимания взаимного расположения элементов из разделов РД, разработанных разными исполнителями.

Коммуникация между различными участниками, обеспечивающими выполнение СМР, упрощается – они взаимодействуют между собой через единую целевую или фактическую модель объекта. Обязательства, принимаемые участниками, становятся более твердыми вследствие уменьшения различий в понимании разными участниками конфигурации объекта и ограничений, влияющих на сроки, качество или стоимость производства работ.

Стоимость каждого решения, приводящего к изменению параметров или конфигурации объекта либо его части, при проектировании на порядки ниже, чем при строительстве. Затраты труда проектировщика, необходимые для внесения изменений в документацию при проектировании, на порядки ниже затрат труда десятков рабочих и специалистов, требуемых для принятия решения и его согласования после выполнения СМР по проектной документации, содержащей противоречия в отношении реализуемости решения, или переносящей принятие решения на стадию СМР («по месту»).

Технологии информационного моделирования позволяют не только автоматизировать многие процессы разработки и оформления документации, но и являются фундаментом для увеличения механизации и роботизации СМР. Уменьшение присутствия рабочих на строительной площадке снижает вероятность реализации нештатных ситуаций, представляющих опасность для жизни и здоровья людей.

Для полноценного использования ЦИМ на этапе строительства и обеспечения условий для автоматизации процессов обработки информации должны быть разработаны система классификации и система идентификации элементов информационной модели. Множества системы идентификации и классификации показаны на рис. 23. Под элементами информационной модели в данном случае следует понимать как геометрические элементы модели, так и связанные с ними параметры (в т. ч. параметры статусов, времени, стоимости и т.п.), документы (производные от информационной модели).



Рис. 20. Множества системы идентификации и классификации

Система классификации предназначена для формирования групп элементов, объединенных по набору признаков, важных для решения определенных задач.

Для целей оценки стоимости, составления графика работ, управления обеспеченностью ресурсами набор критериев и их значимость будут различаться.

После определения принадлежности элемента к определенному набору групп необходима во избежание удвоения учтенных затрат или работ идентификация конкретного элемента информационной модели, позволяющая однозначно определить уникальный элемент для дальнейшего практического использования. С целью идентификации физических элементов для этого можно использовать координаты элемента, так как в одной области пространства не могут находиться два одинаковых физических объекта. Однако при создании информационной модели широко известна проблема дублирования одинаковых геометрических элементов с одинаковыми координатами.

В рамках разработки и ведения строительной цифровой информационной модели необходимо выполнить модификацию ЦИМ, в частности провести работы по разделению элементов ЦИМ на субэлементы в соответствии с этапностью сооружения, т.е. выполняется «нарезка» конструктивных элементов на фактические захваты, планируемые к сооружению. Разделение элементов ЦИМ на субэлементы необходимо для разработки детальной 4d-модели строительно-монтажных работ (см. п 3.4) и визуализации статусов монтажных элементов (см. п 3.7)

### **3.2. Цели и задачи применения информационной модели на этапе строительно-монтажных работ**

В их состав входят следующие:

- Разработка и визуализация различных вариантов проектных предложений при изменении технологии производства работ;
- Графическая проверка модели на наличие пространственно-временных коллизий;
- Визуализация различных вариантов строительства;
- Визуализация сравнения «план-факт»;
- Координация взаимодействия подрядных организаций;
- Создание схемы использования стройплощадки, размещения временных помещений, площадок складирования, укрупнительной сборки и т. д.;
- Предупреждение возникновения нарушений охраны труда и производственной безопасности;
- Визуализация различных статусов монтажных элементов (статусы готовности РД, поставки, монтажа, приёмки и т. д.);
- Использование спецификаций и ведомостей объемов работ, выполненных на основе информационной модели, для определения плановой стоимости строительства, стоимости фактически выполненных работ, определение физических объемов и бюджета СМР.

### **3.3. Использование информационной модели при производстве строительно-монтажных работ**

Информационная модель при использовании на этапе строительства позволяет сократить время руководителей и специалистов на формирование общего, разделяемого всеми участниками, комплексного понимания:

- Статуса разработки проектной и рабочей документации. Достигается это в результате оценки изменения числа элементов цифровой информационной модели во времени. Как правило, на завершающем этапе разработки документации число элементов модели не должно значительно изменяться. После стабилизации наполнения модели элементами целесообразно переходить к обработке междисциплинарных пересечения и просветов.

Оценку этапа разработки трехмерной информационной модели можно проводить по углу наклона касательной к графику, показывающему отношение числа элементов модели ко времени реализации проекта. При этом должна быть определена величина (например,  $10^\circ$ ), при которой наполнение модели элементами подходит к завершающей фазе, и целесообразно переходить к работе над коллизиями. Пример подобной оценки приведен на графиках на Рис. 21.

При этом на графике (справа) показан случай, когда проектировщик наполняет проект неиспользуемыми элементами, а затем выполняет очистку проекта перед их передачей Заказчику. Этот вариант отражает видение выполнения проекта со стороны руководства проектного института. Также на графике (слева) показан случай, характерный для видения проекта со стороны Заказчика работ, регулярно получающего очищенную модель;

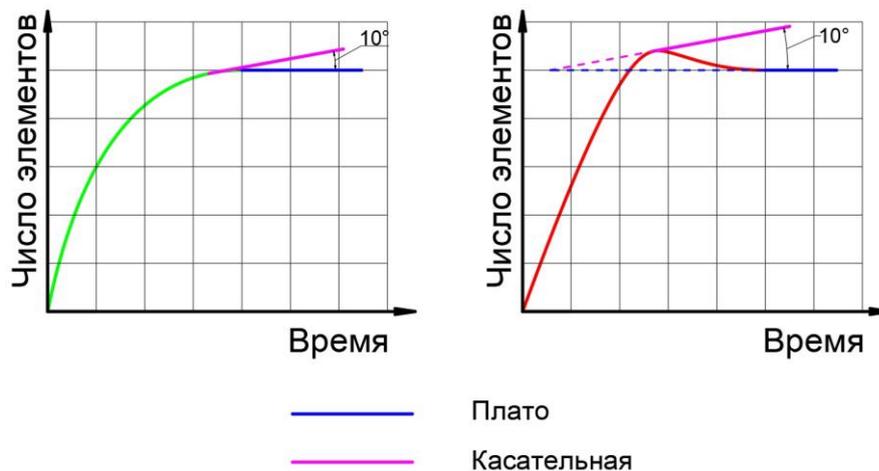


Рис. 21. Отношение количества элементов модели ко времени реализации проекта

- Качества взаимоувязки между различными разделами проектной и рабочей документации. Достигается это посредством оценки числа и динамики изменения статусов проверки на пересечения и нормативные просветы. Указанная оценка становится показательной только после стабилизации наполнения модели элементами;

- Текущего состояния фактического выполнения по объекту. Достигается это посредством регулярно поддерживаемой цветовой маркировки статуса «выполнено/не выполнено»;

- Целевого состояния строящегося объекта. Достигается это графическим представлением календарно-сетевых графиков;

- Обеспеченности объекта строительства рабочей документацией. Если элемент или система отсутствует в модели, их, как правило, нет в рабочей документации. Обычно настраивается полуавтоматическое сравнение планового числа и наименований шифров рабочей документации и фактически разработанных в модели;

- Обеспеченности объекта строительства трудовыми и материальными ресурсами;
- Оптимальности распределения фронтов работ на объекте с учетом зон безопасности. Достигается это распределением зон работ.

### **Подготовка модели к применению специалистами по организации СМР**

Для удобства использования модели при организации визуальной ее проверки и подготовки к выполнению СМР в модели должны быть предварительно выполнены следующие доработки.

#### **Точки обзора**

Специалисты технического заказчика и подрядчиков строительно-монтажных и пуско-наладочных работ, как правило (после завершения основных земляных и монолитных работ), рассматривают помещения как неделимые зоны работ. Основные вопросы организации работ рассматриваются в привязке к помещениям.

В каждом помещении должна быть размещена одна или несколько точек обзора для быстрого перехода в указанное помещение. Кроме того, должны быть размещены несколько точек обзора с общими видами, а также с видами, сфокусированными на зонах работ по переносу сетей, зонах приближения к окружающей застройке, зонах размещения сетей вне монолита станции, зонах работ по устройству вентиляционных киосков и дополнительных эвакуационных выходов и т. п.

Наименование точки обзора должно состоять из номера и наименования помещения, а также дополнительной информации о точке.

Как правило, для возможности организации оперативной работы на площадках создается 500-1500 точек на станцию метрополитена.

#### **Классификация помещений**

Помещения должны быть разделены на категории, имеющие значение в отношении организации строительных работ и организации работ по сдаче объекта в эксплуатацию; например, по принадлежности к пусковому этапу (пусковое/непусковое), принадлежности эксплуатирующим службам, по назначению (служебные/помещения пассажирской зоны) или по наполненности оборудованием.

По наполненности оборудованием помещения могут быть разделены на кварталы. Деление на кварталы может быть проведено в полуавтоматическом режиме по величине отношения объема инженерных систем, находящихся в помещении, к объему самого помещения.

#### **Схема использования строительной площадки**

При разработке ПОС, ППР, ППРк и технологических карт, а также при координации участников строительства может быть разработана схема использования стройплощадки, размещения временных сооружений, площадок складирования, цехов укрупнительной сборки и т.д. Такая схема в трехмерном виде позволяет более качественно визуализировать все технологические решения, предусмотренные в ПОС.

При анализе строительной площадки создается подробная информационная трехмерная ее модель. В указанной модели учитываются зоны рабочей и опасной зон используемой строительной техники и оборудования, а также перемещения этой техники. Также указанная модель должна учитывать наличие площадок складирования, цехов

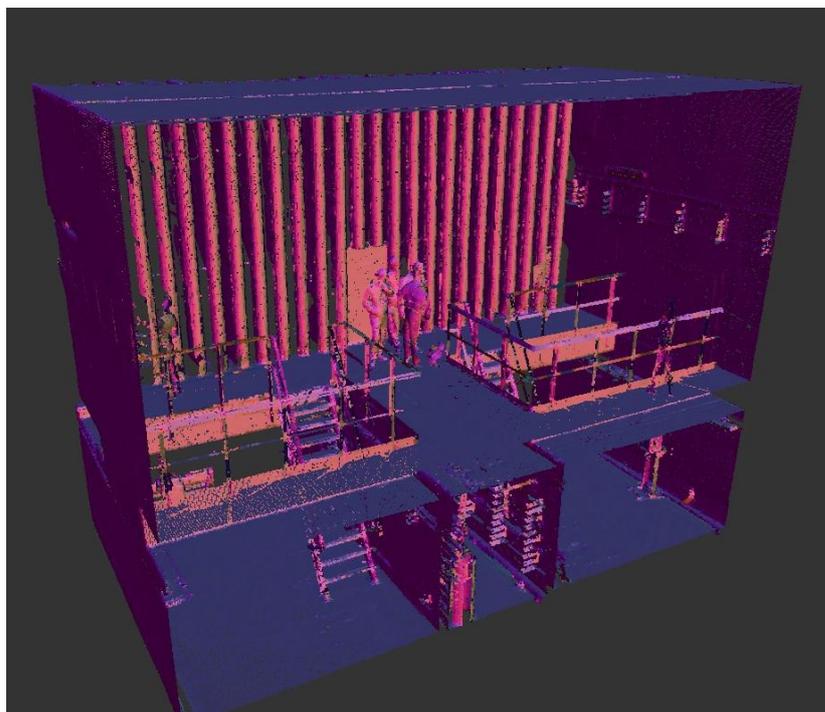
укрупнительной сборки, временных зданий и сооружений на каждый момент времени производства работ.

### **Создание исполнительной документации с применением информационной модели**

Информационная модель при формировании исполнительной документации позволяет существенно автоматизировать составление актов освидетельствования скрытых работ и ответственных конструкций и ускорить подготовку исполнительных схем. При этом ускорение формирования исполнительных схем достигается посредством выпуска схем из модели в изометрическом виде.

После выполнения СМР целесообразно выполнять лазерное сканирование. При этом его целесообразно проводить, как минимум, в два этапа.

1. Первый этап – по завершении монолитных работ и устройства кирпичных перегородок в зоне сканирования.
2. Второй этап – по завершении устройства инженерных сетей в зоне сканирования.



*Рис. 22. Пример облака точек*

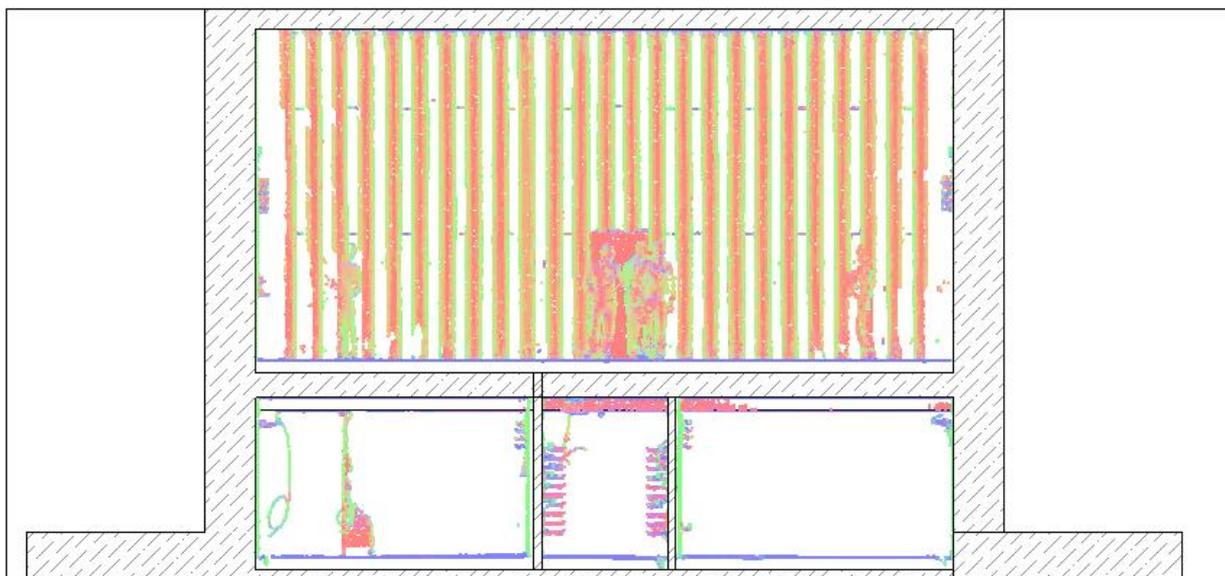


Рис. 23. Пример наложения облака точек на проектную модель

Также применение лазерного сканирования позволяет повысить качество, скорость выполнения и согласования кадастровых технических планов при сдаче объекта строительства в эксплуатацию, а также повысить надежность информации об объекте строительства посредством снижения влияния субъективных факторов.

Пример облака точек, полученного в результате лазерного сканирования на путях эвакуации станции метрополитена показан на рис.25.

На рисунках 26-28 показаны примеры наложения облака точек, полученного в результате лазерного сканирования на проектную модель.

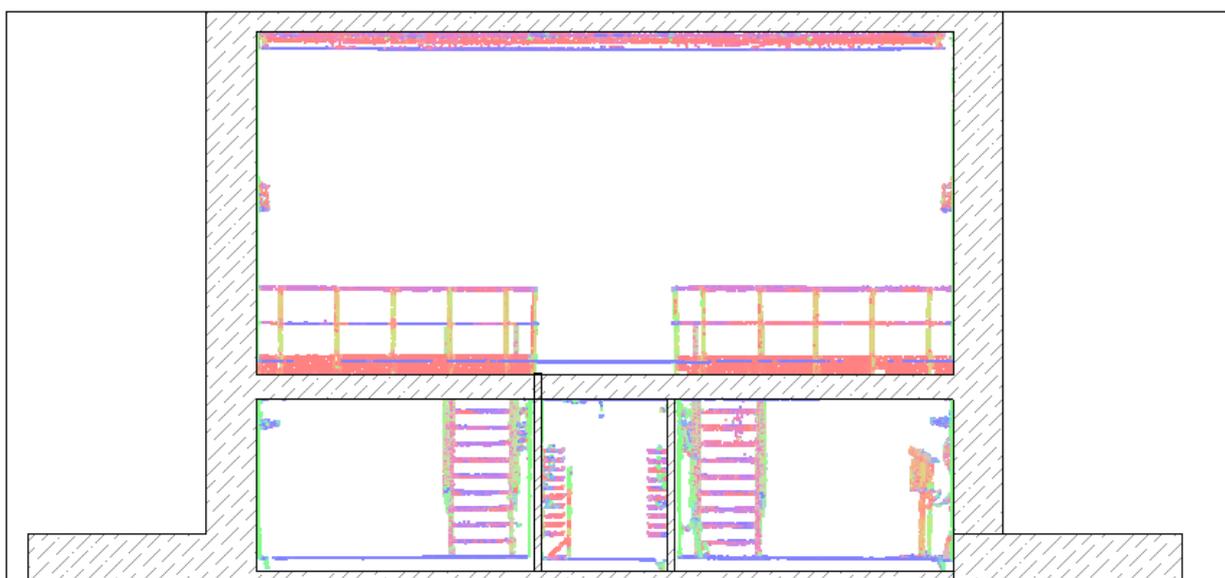


Рис. 24 Пример наложения облака точек на проектную модель

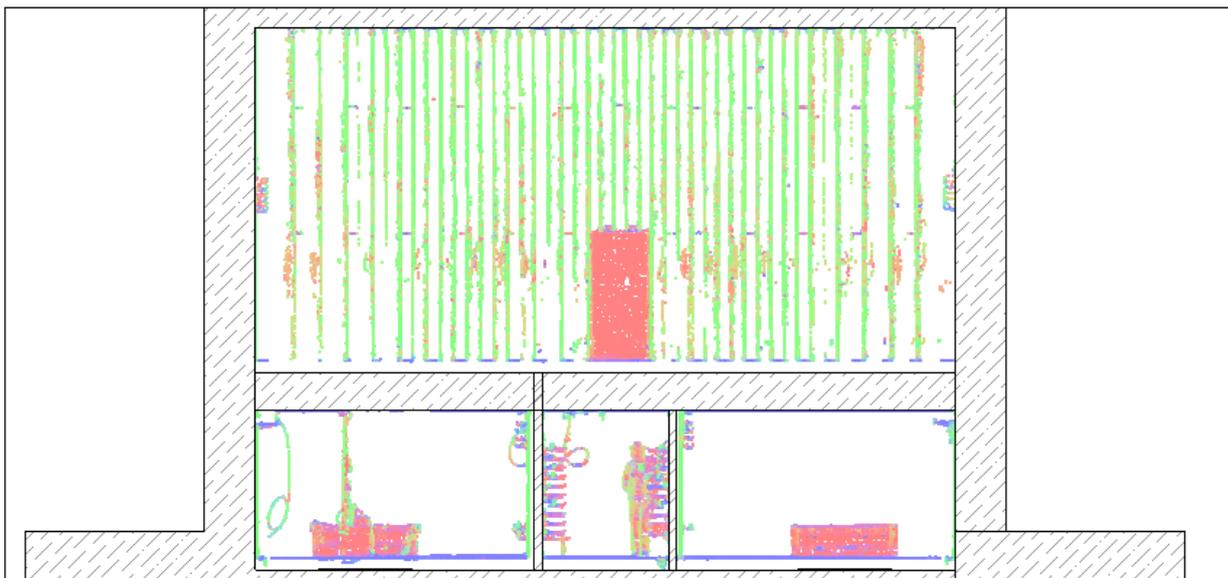


Рис. 25. Пример наложения облака точек на проектную модель

### 3.4. Использование информационной модели при планировании строительно-монтажных работ (4D)

При планировании сложных проектов целесообразно использовать систему визуального планирования на базе трехмерной ЦИМ.

Система позволяет визуализировать технологию производства работ и обеспечить прогнозирование, сценарное планирование и координацию участников проекта в процессе всего ЖЦ проекта.

Визуальное трехмерное представление графика проекта дает более четкое и быстрое понимание технологии производства работ, показывает возможные коллизии и ошибки в организации процесса строительства.

Также наличие трехмерной модели создает возможность организации работ по принципу прогрессивного их пакетирования (узловой метод строительства).

При этом заблаговременно должен быть разработан и описан принцип разбиения работ на их пакеты, пример шкалы распределения пакетов работ показан на рис.29. На объектах метрополитена оно может быть реализовано по следующим аспектам:

1. Аспект стадии строительства
  - 1.1. Инжиниринговые работы
    - 1.1.1. Разработка ОПР
    - 1.1.2. Разработка ПД
    - 1.1.3. Разработка РД
  - 1.2. Строительные работы
  - 1.3. Монтажные работы
  - 1.4. Пусконаладочные работы
2. Аспект вида работ по маркам рабочих чертежей
3. Аспект места выполнения работ по осям/уровням/помещениям

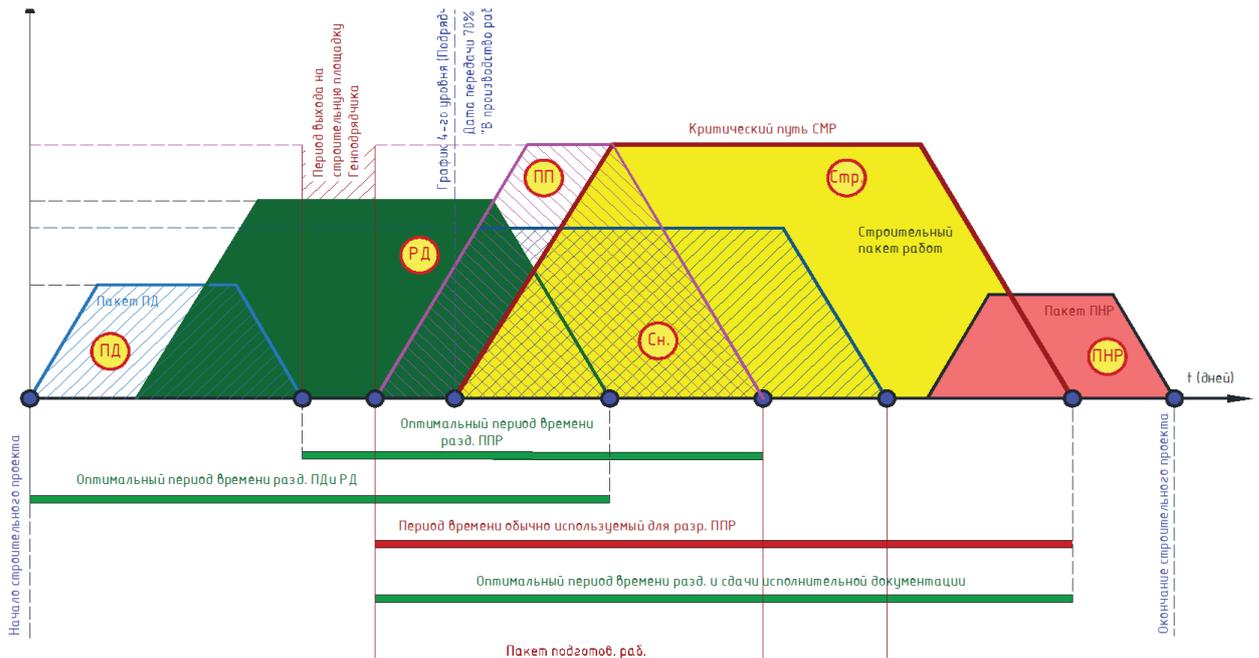


Рис. 26. Пример шкалы распределения пакетов работ

### 3.5. Визуальное планирование

При визуальном планировании появляется возможность решения следующих задач:

- Визуальная проверка на наличие пространственно-временных коллизий

Применяется в целях визуального выявления нестыковок при планировании. Эта функция анализирует взаимное расположение 3D-элементов ЦИМ в пространстве и времени для выявления каких-либо пересечений;

- Визуализация различных вариантов строительства

Применяется в целях имитации различных вариантов организации строительства и определения наиболее эффективного, а также оценки сроков, затрат и рисков. Позволяет визуализировать и выбрать наиболее эффективный вариант организации СМР на стадии Проект до начала активной стадии его реализации.

Выполняется путем анализа связки ЦИМ с различными вариантами КСГ;

- Визуализация сравнения план-факт

Применяется в целях визуализации элементов ЦИМ в определенный момент реализации проекта по принципу «как должно быть – как есть на самом деле». Визуализация позволяет увидеть разницу статусов планируемой и фактической готовности элементов в исследуемый момент времени. Пример проведения визуального план-фактного анализа показан в Приложении Л.

План-фактный анализ может быть проведен после внесения фактических данных в модель визуального графика работ путем отражения элементов модели по значениям целевого плана и текущего КСГ на каждый момент времени.

### 3.6. Координация взаимодействия подрядных организаций

Применяется в целях оперативного информирования всех участников реализации проекта о фронтах работ, на которых в определенный момент времени проводят или

должны проводить работы подрядные организации; позволяет визуализировать действия и планы подрядных организаций, проводящих работы на одном или соседних участках, обнаружить нестыковки и выявить открытые фронты работ.

### **3.7. Предупреждение возникновения нарушений охраны труда и производственной безопасности**

Применяется в целях повышения качества организации мер по охране труда и промышленной безопасности на строительной площадке. Позволяет визуализировать зоны работ всех подрядных организаций, выявить необходимость в дополнительных мерах по охране труда.

Реализуется посредством анализа информационной модели строительной площадки: рабочие и опасные зоны техники, совмещение фронтов работ на одном участке, выполнение опасных видов работ и т.д.

### **3.8. Визуализация различных статусов монтажных элементов**

Применяется для анализа и контроля прогресса выполнения работ по Проекту, а также визуализации элементов ЦИМ согласно статусам работ КСГ. Позволяет определить по цвету визуального профиля, соответствующего всем статусам элемента от «Оформлена заявка на поставку» до «Сдано в эксплуатацию», в какой стадии реализации находится любой элемент ЦИМ.

Реализуется путем назначения на работы статусов (утвержденных на стадии Проект) в соответствии с предоставленными данными фактического выполнения и дальнейшей визуализации элементов ЦИМ по этим статусам в 3D-окне.

Для полной работы с визуальным планированием информационная модель должна содержать разделы ПОД и ПОС, в т. ч. должны быть замоделированы:

- строительная площадка с ландшафтом и временными ограждениями;
- демонтируемые и временные конструкции, выемка грунта и обратная засыпка;
- временные бытовые строения;
- временные площадки складирования материалов, отходов и отвала грунта;
- временные дороги, въезды и выезды;
- решения проекта организации дорожного движения;
- основная строительная техника и приспособления с обозначением рабочих и опасных зон.

Как правило, уровень детализации модели значительно превышает уровень детализации графика производства работ.

При этом каждый элемент модели, участвующий в процедуре планирования, должен обладать определенным набором атрибутов, окончательный перечень которых определяется на основании уровня детализации графика производства работ:

- Идентификатор раздела проектной документации;
- Наименование инженерных систем;
- Идентификатор инженерных систем;

- Идентификатор зоны работ;
- Уровень (высотная отметка);
- Шифр РД;
- Идентификатор линии/участка (например, номер линии для трубопровода или код кабеля/клеммной коробки, крана, манометра и т. п.);
- Вид работы по справочнику иерархической структуры работ (WBS).

Полноценная информационная наполненность элементов модели в случае разбалансировки с уровнем детализации графика может выступать ограничивающим фактором, делающим невозможной или значительно повышающим трудоемкость разработки визуального графика строительства (4D-модели). Пример оценки сроков создания визуального графика строительства при различной степени информационной наполненности модели приведен в Приложении М.

Также при необходимости на элементы информационной модели могут назначаться дополнительные атрибуты, наличие которых может позволить получать дополнительные срезы информации благодаря группировке элементов по определенному набору правил. Например, может выполняться анализ накопительного факта выполненных СМР. Пример такой модели накопительного факта приведен в Приложении Н.

При реализации указанной методики работы с моделью должна быть предварительно разработана и утверждена одна или несколько цветовых схем для маркировки статусов элементов. В примере принята следующая система маркировки:

- Для элементов АР, КЖ, КМ выполненные элементы отражаются без прозрачности, элементы, которые необходимо выполнить, – частично прозрачными;
- Для элементов ИОС – выполненные элементы маркируются зеленым цветом, элементы, которые предстоит выполнить, – красным цветом.

### **3.9. Реализация сценариев работы**

Для реализации различных сценариев работы с моделью на строительной площадке должна быть предусмотрена возможность редактирования наборов и значений атрибутов элементов ЦИМ и заполнения их значений на различных этапах и стадиях проекта. При этом модель объекта должна поддерживаться в актуальном состоянии на протяжении всего ЖЦ работы с моделью на объекте.

При обмене данными между различными участниками Проекта должна быть реализована передача точной и полной геометрии и структуры модели, а также передача атрибутивных данных через файл модели либо через таблицы, базы данных или иными методами, обеспечивающими соответствие элементов информационной модели и атрибутивных данных.

Степень детализации и состав информационной модели, как правило, определяются сценариями использования визуального план-графика работ. При этом не рекомендуется снижать уровень детализации ниже необходимого для выпуска документации из информационной модели.

Каждый элемент информационной модели, описывающий физические объекты из различных материалов, должен быть представлен в виде отдельного элемента и не должен быть вложенным (исключение – сложные параметризованные компоненты, у которых вложенные части относятся к категории «общих»).

Конструктивные элементы или части систем, предусмотренные проектом для возведения или монтажа в разные периоды времени, должны быть представлены в ЦИМ в виде отдельных элементов.

На каждый элемент информационной модели назначается, как правило, уникальный идентификационный код, который должен оставаться неизменным на все время реализации Проекта, кроме случаев корректировки элемента вследствие проектных изменений.

Примеры возможных сценариев использования ЦИМ на строительной площадке приведены в Приложении Ж.

### **3.10. Использование информационной модели при определении стоимости строительства**

Использование информационной модели для определения стоимости строительства (5D) обуславливает ряд требований к построению модели и к заполненности параметров элементов

#### **Требования к разделу AP**

##### **Построение модели**

При построении модели должно соблюдаться разбиение элементов по этажам и планировочным отсекам, не допускается некорректное положение элементов относительно уровня их расположения (значительное смещение, превышающее значение высоты уровня).

Каждому элементу модели должен быть присвоен соответствующий материал, в описании материала должны быть указаны наименование материала, класс, марки, обозначение, пр.

##### **Идентификация элементов модели**

Каждый элемент модели должен быть однозначно идентифицирован, для чего данные о назначении элемента, описания свойств и размеры указываются в параметрах элемента; при этом вновь созданные параметры должны соответствовать принятым правилам именования.

Пример наименования элемента:

- Фасад-Утепление-Минвата-150мм;
- Окно-Теплое-ПВХ-1-створ-1600×2000мм.

Если объем структурного элемента (например, элемент фасада) сформирован несколькими элементами модели, то необходимо идентифицировать принадлежность этих элементов модели к данному архитектурному элементу, чтобы сметчик мог правильно определить объем указанного структурного элемента (например, используя название элемента и типоразмера элемента, или при помощи параметра экземпляра элемента).

Элементы модели в составе какой-либо конструкции и/или сборки (сборные лестницы, лифты, лестничные ограждения, конструкции скатной кровли и т. д.) должны иметь общий текстовый параметр, идентифицирующий эту конструкцию и/или сборку (например, «Наименование сборки» / «Наименование конструкции»).

##### **Требования к заполнению параметров элементов раздела**

Для работы при осметчивании проекта необходимо соблюдать следующее:

- Однозначное именование параметров в соответствии с содержащейся в данном параметре информацией, с учетом требований Заказчика;
- Исключение дублирования параметров элемента модели;
- Набор параметров к элементам устанавливается Заказчиком и фиксируется в документах информационного менеджмента –ТОИ, ПИМ (см. пункт 1.4).

## **Требования к разделу КР**

### **Построение модели**

При построении модели должно соблюдаться разбиение элементов по этажам и планировочным отсекам, не допускается некорректное положение элементов относительно уровня их расположения (значительное смещение, превышающее значение высоты уровня).

Каждому элементу модели должен быть присвоен соответствующий материал, в описании материала должны быть указаны: наименование материала, класс, марки, обозначение, пр.

### **Идентификация элементов модели**

Элементы модели должны быть однозначно идентифицированы, для чего данные о назначении элемента, описания свойств и размеры указываются в параметрах элемента; при этом вновь созданные параметры должны соответствовать принятым правилам именованию.

Пример наименования элемента:

- Свая-Сборная-300×300мм-6м;
- Гидроизоляция-Рулонная-Тип2-2 слоя.

Если объем структурного элемента (например, фундаментная плита) сформирован несколькими элементами модели, необходимо идентифицировать принадлежность таких элементов модели к данному архитектурному элементу, чтобы сметчик мог правильно определить объем этого структурного элемента (например, используя название элемента и типоразмера элемента, либо при помощи параметра экземпляра элемента).

Структурные элементы, которые входят в состав какой-либо конструкции (сборная лестница, ферменная конструкция и т.д.) или системы, должны быть идентифицированы по принадлежности к этой конструкции или системе.

### **Требования к заполнению параметров элементов раздела**

Для работы при осмечивании проекта необходимо соблюдать следующее:

- Однозначное именование параметров в соответствии с содержащейся в данном параметре информацией, с учетом требований Заказчика;
- Исключение дублирования параметров элемента модели;
- Набор параметров к элементам устанавливается Заказчиком и фиксируется в документах информационного менеджмента –ТОИ, ПИМ (см. пункт 1.4).

## **Требования к разделу ИС**

### **Построение модели**

Для магистралей, проходящих на разных высотах от уровня опорной поверхности, необходима разбивка на отдельные участки, каждый из которых расположен на одном

уровне. Не допускается некорректное положение элементов относительно уровня их расположения (значительное смещение, превышающее значение высоты уровня).

Каждому элементу модели, имеющему однозначную идентификацию по материалу, должен быть присвоен соответствующий материал, в описании материала должны быть указаны наименование материала, класс, марки, обозначение, пр.

### **Идентификация элементов модели**

Каждый элемент модели должен быть однозначно идентифицирован, для чего данные о наименовании элемента, назначении элемента, описания свойств и размеры указываются либо в наименовании типоразмера экземпляра элемента (см. пример далее), либо в параметрах элемента, при этом вновь созданные параметры необходимо выполнять согласно должны соответствовать принятым правилам именования.

Пример наименования элемента:

- Труба-ВК-Сталь-D100;
- Воздуховод-Дымоудаление-Круглый-D600мм.

Элементы инженерных систем (в том числе соединительные элементы, элементы крепления) должны быть идентифицированы по принадлежности к соответствующей системе.

### **Требования к заполнению параметров элементов**

Для работы при осмечивании проекта необходимо соблюдать следующее:

- Однозначное именование параметров в соответствии с содержащейся в данном параметре информацией, с учетом требований Заказчика;
- Исключение дублирования параметров элемента модели;
- Набор параметров к элементам устанавливается Заказчиком и фиксируется в документах информационного менеджмента –ТОИ, ПИМ (см. пункт 1.4).

### **Требования к оформлению спецификаций**

Эти требования сводятся к следующему:

- Для колонок (полей) с числовой информацией, которая должна суммироваться в строках спецификации, обязательно на вкладке «Форматирование» в окне «Свойства спецификации» должен быть включен режим «Вычислять итоги»;
- При наличии в спецификациях колонок с информацией типа «Длина», «Площадь», «Объем», «Масса», «Мощность» для автоматического использования этих данных в качестве параметров формулы при выборе соответствующих норм в модуле назначения норм необходимо, чтобы в этих колонках у формата атрибутивной части были соответствующие единицы измерения, а наименования совпадали с уже перечисленными. При этом допускается наличие после запятой в наименовании колонки единицы измерения, например, «Площадь, м2»;
- Допускаются многоуровневые заголовки в спецификации, при этом будут использоваться наименования, содержащиеся на самом низком уровне;
- Допускается в спецификациях наличие скрытых колонок, используемых для сортировки/группировки;

- Состояние флажка «Для каждого экземпляра» на вкладке «Сортировка/Группировка» в окне «Свойства спецификации» всегда принимается отключенным при выгрузке спецификаций;
- Если спецификации ссылаются на какие-то изображения (jpeg, bmp и т. д.), использованные в проекте, то графическая информация с этих изображений (размеры, характеристики и прочее) должна быть продублирована в спецификации в текстовом виде;
- При формировании спецификации не допускается расположение однотипных данных (диаметров, толщин и т. п.) в разных колонках спецификации. Однотипные элементы должны располагаться в разных строках спецификации, а их характеристики – в одной и той же колонке;
- Параметры элементов (диаметр трубопровода, толщина бетонных конструкций и т. п.) необходимо располагать в отдельных колонках спецификации, без объединения с наименованиями или другими текстовыми полями. Невыполнение этого условия не позволяет использовать возможности программы по автоматическому подбору сметных норм по параметрам элементов проекта.

## Требования к результатам работ

### Детализация цифровой модели

Минимальный уровень степени проработки модели стадии «Проект» по исполняемым разделам на момент окончания работ – не ниже LOD 300 (для отдельных элементов модели допустимо применять LOD 200). Элемент модели представлен графически в виде конкретно описанной системы, объекта или сборки с указанием точных данных о количестве, форме, пространственном положении и ориентации, а также о точных размерах габарита элемента. К элементу может прилагаться неграфическая информация.

Минимальный уровень степени проработки модели стадии «Рабочая документация» по исполняемым разделам – LOD 400 (для отдельных элементов модели допустимо применять LOD 300). Элемент модели представлен графически в виде конкретно описанной системы, объекта или сборки с указанием точных данных о размерах основных формообразующих частях элемента, форме, пространственном положении, количестве и ориентации, точках подключения. К элементу может прилагаться неграфическая информация.

Минимальный уровень степени проработки модели стадии «Исполнительная документация» по исполняемым разделам на момент окончания работ – LOD 400. Элемент модели представлен графически в виде конкретно описанной смонтированной системы, объекта или сборки с указанием точных данных о фактических размерах основных формообразующих частях элемента, форме, пространственном положении после монтажа, количестве и ориентации. К элементу может прилагаться неграфическая информация. Пояснения к таблицам детализации приведены в таблице 8.

Таблица 8

Атрибут	Описание
Артикул по каталогу	Указан артикул в соответствии с каталогом производителя
Внешний образ/вид	Обозначает, что элемент в модели внешне соответствует реальному прототипу. Элемент должен иметь визуальное

Атрибут	Описание
	представление, т. е. иметь отображаемые на всех видах элементы (3D, план, разрез и т. д.). Пример: Стол, размещенный на уровне +0,000, должен фактически отображаться на уровне +0,000 условным 2D-обозначением или фактической построенной моделью
Граница помещения	Элемент участвует в формировании границы помещения
Группа конструкции	Заполняется для составных элементов сборной конструктивной группы. Пример: сборная стальная лестница будет содержать двутавры, уголки, пластины и профлисты. У всех этих элементов указанный параметр примет значение «Лестница металлическая ЛМ-3»
Давление	Значения давления, полученные в результате анализа
Зона доступа	Зоны доступа, распах дверей (при этом зона открытия двери моделируется отдельным 3D-телом, вложенным в дверь), пространства для обслуживания, доступ к показателям датчиков и их обслуживанию моделируется как часть оборудования с помощью невидимых тел внутри объектов. Эти тела впоследствии участвуют в проверке на коллизии. Пример: Перегородка перед электрическим щитком пересекается с зоной доступа, что означает нарушение правил эксплуатации
Комментарии (расшифровка маркировки)	Текстовый параметр, поясняющий маркировку элемента. Пример: ППС- «Плита пустотная сборная»
Конструкция	В модели представлена точная конструкция элемента (слои, элементы узлов, крепления и т. д.). Элементы, имеющие по проекту составные части, должны точно отображать их в модели. Пример: Окно, состоящее из рамы и стекла, должно содержать в себе и раму, и стекло как два отдельных объекта. Многослойная стена в «пироге» конструкции должна содержать все указанные в ней слои
Концептуальная конструкция	Также, как и в описании выше. Примечание: отличие от понятия «Конструкция» в том, что «Концептуальная конструкция» элемента на стадии АГК может претерпевать изменения
Маркировка	Маркировка Типоразмера должна иметь заполненное поле атрибута, соответствующее действительности. Элементы модели без информации по данному параметру не допускаются. Значение параметра «Марка» используется для идентификации и специфицирования элементов
Масса	Масса определена (в разделе КР применимо для металлических и сборных железобетонных изделий, неприменимо для монолитных)

Атрибут	Описание
Материал	Материал элемента (а также суб-элементов или составных частей) точно определен. Исключается использование материалов без описания (по умолчанию)
Мощность	Значение мощности для элемента (для оборудования, имеющего несколько характеристик, относящихся к мощности той или иной системы, указать все такие характеристики)
Наименование по каталогу	Указано наименование в соответствии с каталогом производителя
Наименование профиля ГОСТ, ТУ	Указывается имя профиля, используемого для типоразмера конструктивного элемента, в виде шифра в соответствии с ГОСТ или ТУ. Пример: типоразмер двутавровой балки содержит отдельный атрибут «10К2» (помимо названия типоразмера элемента)
Огнестойкость	Огнестойкость точно определена для типоразмера элемента
Производитель	Параметр элемента должен содержать информацию о производителе
Принадлежность к системе	Все элементы инженерных сетей должны иметь четкое обозначение принадлежности к системе
Расход	Значения расхода, полученные в результате анализа (воздуха, воды и т.д., в случае нескольких характеристик расходов, например, приточно-вытяжная установка, ТИМ-автором заносятся несколько значений расходов)
Расход арматуры поэлементно	Текстовый параметр, указывающий удельный расход арматуры в элементе. Пример: В элементе «Колонны К-1» параметр «Расход арматуры» принимает значение «160 кг/м3»
Сечение/Профиль	Требование для всех элементов, базирующихся на построении геометрии путем движения профиля по траектории, иметь редактируемый профиль. Пример: если парапет выполнен из квадратного профиля 20×20, то он должен быть физически выполнен из такого профиля соответствующего материала. Пример: металлические балки, воздуховоды
Скорость	Значения скорости, полученные в результате анализа
Тип	Необходимость разделение элементов на типы. элемент должен иметь назначенную категорию в классификаторе конкретного ПО. В «Тип» вносятся все необходимые данные по конкретному элементу необходимые для использования в проекте. Пример: Крыши выполняются категорией «Крыша», перекрытия выполняются категорией «Перекрытия»
Тип арматурного элемента	Элемент должен служить основой для арматуры в соответствующей категории

Атрибут	Описание
Точное положение	Элементы должны быть точно расположены в пространстве модели согласно проектным решениям, его размещение не может трактоваться двояко или с погрешностью. Расположение данного элемента в финальной модели не подлежит корректировке по одностороннему усмотрению Исполнителя. В случае необходимых проектных изменений положений элементов требуется согласование с Заказчиком
Точный габарит	Габарит соответствует фактическим размерам компонента (Длина, Ширина, Высота [мм]). Габаритные размеры элементов модели не подлежат корректировке по одностороннему усмотрению Проектировщика/Исполнителя. В случае необходимых проектных изменений габаритов элементов требуется согласование с Заказчиком
Уклоны	Уклоны объекта, заложенные проектными решениями, отражены в модели либо обозначены аннотациями. Примеры: Пояса фермы на геометрической схеме фермы получают аннотации уклонов. Кровля с малым уклоном в геометрии представляет собой горизонтальное перекрытие/покрытие, а на планах обозначается аннотациями уклонов (следовательно, имеет отдельный текстовый параметр «Уклон»)
Условное положение	Элемент может быть размещен условно в указанном месте без точной привязки (привязка есть, но она может измениться по инициативе проектировщика на следующих стадиях). Пример: Пожарный звуковой извещатель размещается в помещении под потолком
Условный габарит	Габариты элемента представлены в модели условно и могут отличаться от реальных. В процессе развития модели компонент может изменить свой габарит (Длина, Ширина, Высота, Диаметр [мм])
Фурнитура/Оснастка	Элемент должен отображать дополнительные суб-элементы фурнитуры (оконная и дверная фурнитура, ручки регуляторов, кранов, задвижек, лючки и т. п.)

### Перечень обязательных атрибутов

В таблице 9 приведен перечень обязательных общих атрибутов (параметров) для всех элементов. Указанные параметры отвечают за заполнение спецификаций по [16, 17] и дальнейшую проверку со стороны заказчика и являются обязательными к заполнению.

Таблица 9

Наименование графы спецификации (по ГОСТ Р)	Параметр	Примечание
Поз. (Позиция)	Позиция	В графе «Поз.» – позиции (марки) элементов конструкций, установок, элемента. Позиция элемента модели, которая выносится в марку элемента на плане и отображается в спецификациях
Обозначение	Обозначение	В графе «Обозначение» – обозначение основных документов на записываемые в спецификацию элементы конструкций, оборудование, изделия или стандартов (технических условий) на них
Наименование	Наименование	В графе «Наименование» – наименование элементов конструкций, оборудования, изделий, материалов и их обозначения (марки), а также, при необходимости, технические характеристики оборудования и изделий
	Наименование краткое	Наименование в краткой форме, служащее для размещения на графических документах (указывается, при его наличии, в соответствии с РД)
Масса ед., кг	Масса_Текст	В графе «Масса ед., кг» – масса в килограммах. Допускается приводить массу в тоннах, но с указанием единицы массы
	Масса	
Примечание	Примечание	В графе «Примечание» – дополнительные сведения, например, единица массы
	Единица измерения	Единица измерения (кг, м.п., м <sup>2</sup> , м <sup>3</sup> и т.д.)
	Завод-изготовитель	Завод изготовитель оборудования, изделия, материала
	Количество	Количество изделий, конструкций и др. элементов, подлежащих подсчету
	Код изделия	Код оборудования, изделия, материала

Наименование графы спецификации (по ГОСТ Р)	Параметр	Примечание
	Предел огнестойкости	Предел огнестойкости (конструкций, изделий) для типа (указывается при наличии значения)
	Группирование	Параметр для пользовательского группирования элементов в спецификациях
	Размер_Высота	Габаритный размер (высота элемента)
	Размер_Длина	Габаритный размер (длина элемента)
	Размер_Ширина	Габаритный размер (ширина элемента)
	Слой	Параметр необходим для быстрой фильтрации в спецификации (заполняется в соответствии со значением, взятым из поля «Слой»)
	ID_элемента	ID элемента (значение получаем из системного параметра ID)
	Комплект чертежей	Комплект чертежей, в котором разработана конструкция. Параметр передается во вложенные элемента
	Комплект чертежей_Изм	Указывается версия изменений комплекта чертежей
	Номер листа элемента	Номер листа в комплекте чертежей, на котором разработан данный элемент или на котором дана подробная информация об элементе
	Наименование зоны	Информация заполняется из общей базы классов объектов (выдается Заказчиком)
	Идентификатор зоны	Информация заполняется из общей базы классов объектов (выдается Заказчиком)

Также для каждой отдельной модели должны быть заполнены параметры проекта в соответствии с таблицей 10.

Таблица 10

<b>Наименование атрибута</b>	<b>Единица измерения</b>	<b>Описание</b>
Глубина заложения	м	Указывается глубина заложения подземного объекта территории
Наименование проекта		Указывается наименование проекта (выдается Заказчиком)
Идентификатор проекта		Указывается идентификатор проекта (выдается Заказчиком)
Наименование объекта		Указывается наименование объекта (выдается Заказчиком)
Идентификатор объекта		Указывается идентификатор объекта (выдается Заказчиком)

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Абрамчук В. П., Власов С. Н., Мостков В. М.. Подземные сооружения — М.: ТА Инжиниринг, 2005.
2. ГОСТ Р 57363-2016 Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика).
3. Guidance for understanding and using EN ISO 29481-1:2017 Building information models - Information delivery manual. – Part 1: Methodology and format.
4. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-01.2021. Создание и наполнение информационной модели. Тоннельная ассоциация России. – М., 2021.
5. Требования к информационным моделям линейных объектов капитального строительства. Часть 3. Требования к цифровым информационным моделям объектов метрополитена для прохождения экспертизы. Редакция 1.0. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/1672/Prilojenie3\\_TrebovaniyakIMlineinogoobekta-Metropoliten.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/1672/Prilojenie3_TrebovaniyakIMlineinogoobekta-Metropoliten.pdf). (дата обращения 13.10.2021).
6. Требования к информационным моделям объектов капитального строительства. Часть 1. Общие требования к цифровым моделям зданий для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования. Редакция 4.1. – М., 2020.
7. Требования к информационным моделям объектов капитального строительства. Часть 2. Требования к цифровым моделям архитектурных решений зданий для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования. Редакция 4.1. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/6083/02\\_TrebovaniyakCIMAR\\_41.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/6083/02_TrebovaniyakCIMAR_41.pdf) (дата обращения 04.10.2021).
8. Требования к информационным моделям объектов капитального строительства. Часть 3. Требования к цифровым моделям конструктивных решений зданий для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования. Редакция 4.1. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/6083/03\\_TrebovaniyakCIMKR\\_41.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/6083/03_TrebovaniyakCIMKR_41.pdf) (дата обращения 04.10.2021).
9. Требования к информационным моделям объектов капитального строительства. Часть 4. Требования к цифровым моделям инженерных систем и оборудования здания для прохождения экспертизы при использовании технологии информационного моделирования. Редакция 4.1. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/6083/04\\_TrebovaniyakCIMIOS\\_41.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/6083/04_TrebovaniyakCIMIOS_41.pdf) (дата обращения 04.10.2021).
10. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-02.2021. Хранение и актуализация информационной модели. Тоннельная ассоциация России. – М., 2021. [http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/02\\_REGLAMENT.pdf](http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/02_REGLAMENT.pdf)

11. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-04.2021. Обмен информацией на этапе проектирования, строительства и эксплуатации. Тоннельная ассоциация России. – М., 2021.  
[http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/04\\_REGLAMENT.pdf](http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/04_REGLAMENT.pdf)
12. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-03.2021. Создание и актуализация библиотеки элементов. – М., 2021.  
[http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/03\\_REGLAMENT.pdf](http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/03_REGLAMENT.pdf)
13. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-05.2021. Управление утверждаемой частью проектно-сметной документации на этапе государственной экспертизы. – М., 2021.  
[http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/05\\_REGLAMENT.pdf](http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/05_REGLAMENT.pdf)
14. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-06.2021. Обмен информацией при строительстве объектов метрополитена с применением технологий информационного моделирования. – М., 2021.  
[http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/06\\_REGLAMENT.pdf](http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/06_REGLAMENT.pdf)
15. Система регламентов по внедрению технологий информационного моделирования в подземное строительство. Регламент № ТАР Р-01-07.2021. Обмен информацией при применении информационных моделей на этапе эксплуатации объектов метрополитена. – М., 2021.  
[http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/07\\_REGLAMENT.pdf](http://rus-tar.ru/wp-content/uploads/2022/01/07_REGLAMENT.pdf)
16. ГОСТ Р 21.101-2020 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации.
17. ГОСТ Р 21.703-2020 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации проводных средств связи.
18. Стандартные IFC-схемы buildingSMART. URL:  
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications>.
19. Стандартные MVD-схемы buildingSMART. URL:  
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/mvd-database>.
20. Градостроительный кодекс Российской Федерации.
21. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
22. ГОСТ Р 10.0.03-2019/ИСО 29481-1:2016 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат.
23. СП 120.13330.2012 Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003.
24. Указ Президента России от 30.11.1995 № 1203 «Об утверждении перечня сведений, отнесенных к государственной тайне».
25. Федеральный закон от 26.07.1993 № 5485-1 «О государственной тайне».

26. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

27. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2007 № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий».

28. Приказ Москомэкспертизы от 09.09.2020 № МКЭ-ОД/20-45 «О внесении изменения в приказ от 26 июня 2019 года № МКЭ-ОД/19-39 "Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования"».

29. Приказ Москомэкспертизы от 11.10.2021 № МКЭ-ОД/21-77 «Об утверждении требований к информационным моделям линейных объектов капитального строительства».

30. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2020 № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства».

31. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.

32. <https://www.crossrail.co.uk/news/crossrail-in-numbers>.

33. <https://www.metro-rail-nagpur.com/project-profile>.

34. <https://www.techture.global/blog/portfolio/metro>.

35. <https://www.gwprime.geospatialworld.net/case-study/nagpur-metro-rail-projects-use-of-drone-and-5d-bim-helps-with-efficient-project-delivery>.

36. <https://www.mtwocloud.com/case-study-nagpur-metro-rail>.

37. <https://www.constructionweekonline.com/projects-tenders/182117-digital-transformation-to-save-indias-nagpur-metro-222m>.

38. [https://www.researchgate.net/publication/338950114\\_Digital\\_project\\_management\\_in\\_infrastructure\\_project\\_a\\_case\\_study\\_of\\_Nagpur\\_Metro\\_Rail\\_P  
roject](https://www.researchgate.net/publication/338950114_Digital_project_management_in_infrastructure_project_a_case_study_of_Nagpur_Metro_Rail_Project).

39. <https://new.mta.info/projects/east-side-access>.

40. <https://www.autodesk.com/customer-stories/liro>.

41. <https://www.liro.com/projects/mta-east-side-access>.

42. <https://medium.com/autodesk-university/historic-grand-paris-express-employs-bim-on-monumental-scale-398446d0994f>.

43. <https://www.societedugrandparis.fr/gpe/le-grand-paris-express-en-resume>.

44. <https://www.engie-solutions.com/en/actualites/cp-bim-sgp>.

45. <https://www.societedugrandparis.fr/info/actualite/outil-tracabilite-deblais>.

46. <https://www.systra.co.uk/en-projet/the-grand-paris-red-line>.

47. <https://www.societedugrandparis.fr/info/asset-capital-region-catalyst-france-1062>.

48. <https://ambergengineering.com/references/projects/bim-for-metro-stockholm>.

49. [https://ambergengineering.com/fileadmin/user\\_upload/news/\\_BIM\\_Track\\_Case\\_Studies.pdf](https://ambergengineering.com/fileadmin/user_upload/news/_BIM_Track_Case_Studies.pdf) Amberg\_Engineering\_ -
50. <https://ambergtechnologies.com/solutions-services>.
51. <https://www.ssf-ing.de/en/projects/project-details/references/Reference/detail/umbau-u-bahnhof-sendlinger-tor-muenchen.html>.
52. <http://docplayer.org/215394248-Projekt-modernisierung-u-bahnhof-sendlinger-tor-muenchen.html>.
53. <https://ardexpert.ru/article/21278>.
54. <https://www.bentley.com/-/media/files/documents/advancement-insights/2016/ai07v3guangzhou-metro-design-establishes-bim-process-on-new-lines-fir.pdf>.
55. <https://spaces.hightail.com/receive/c6HoH/fi-2bef6329-c924-40e0-b474-750ee1ef8e47/fv-1dd07209-3235-4ca9-92af-348ce9d41f7e/Video%202.mp4>.
56. <https://www.vectorworks.net/news/press-releases/nemetschek-vectorworks-synchro-software-ltd-join-forces-to-support-open-bim>.
57. [http://www.cadtec.com.br/news/bim4d\\_metrosp\\_en.html](http://www.cadtec.com.br/news/bim4d_metrosp_en.html).
58. <https://www.allplan.com/references/engineering/stuttgart-21>.
59. [https://www.zueblin.de/databases/internet/\\_public/content30.nsf/web30?Openagent&id=2EFA6A8B19D718FEC1258106003F26A1](https://www.zueblin.de/databases/internet/_public/content30.nsf/web30?Openagent&id=2EFA6A8B19D718FEC1258106003F26A1).
60. <https://www.wernersobek.com/projects/s21-gridshells>.
61. <https://www.wernersobek.com/de/projekte/s21-verteilerstege>.
62. Виды оболочек их разбивка на сборные элементы. URL: <https://studfile.net/preview/2862531> (дата обращения 06.02.2022)
63. Маковский Л.В. Городские подземные сооружения. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985.
64. Меркин В.Е., Зерцалов М.Г., Петрова Е.Н. Подземные сооружения транспортного назначения: учебное пособие. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020.
65. СП 331.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах.

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ПРИМЕРЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

#### Elizabeth Line, Великобритания

Проект Elizabeth Line, Великобритания, является новым для Лондона и Юго-Востока транспортным сообщением, соединяющим Рединг и Хитроу на западе через центральную часть Лондона с Шенфилдом и Эбби Вудом на востоке. В общей сложности длина новых тоннелей под Лондоном составляет 42 километра, а протяженность всей линии составляет более 100 километров. На линии расположены 41 станция и она будет полностью интегрирована с существующей транспортной сетью Лондона. Ожидается, что линия будет перевозить 200 млн пассажиров в год. Elizabeth Line является крупнейшим транспортным проектом в Европе в настоящее время [32].

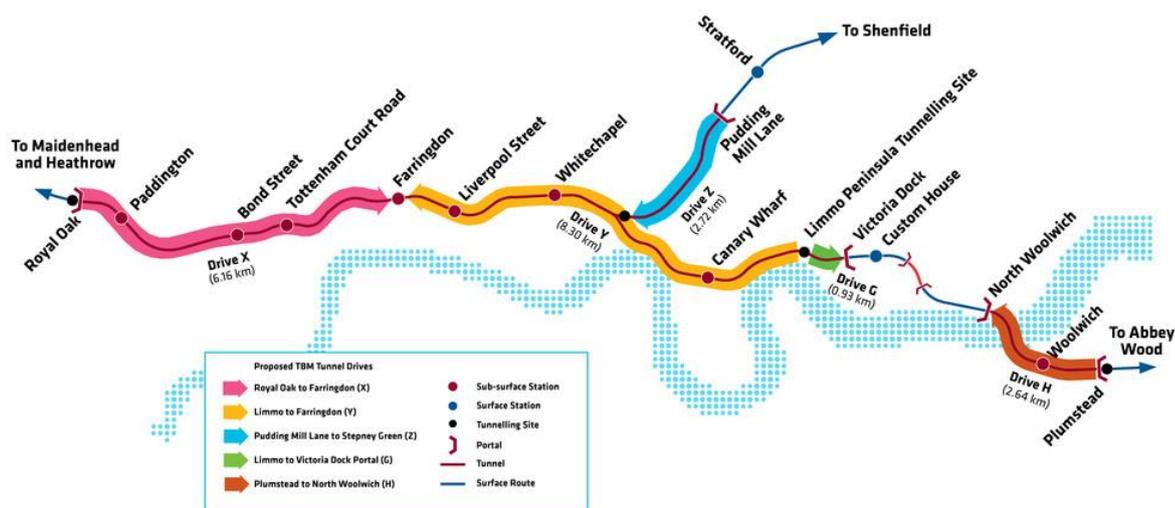


Рис. А.1. Схема Elizabeth Line. Тоннельные и наземные участки линий и станций

Строительство линии ведет компания Crossrail Limited, по завершении строительных работ линия будет передана в эксплуатацию оператору системы общественного транспорта Transport for London. Полный перевод в эксплуатацию запланирован на первую половину 2022 г. Моделирование станций и тоннельных участков ведется в программном обеспечении Bentley Systems, СОД организована на базе Bentley ProjectWise.



Рис. А.2. Визуализация подземного построения станции Liverpool Street.

### **Nagpur Metro Rail, Индия**

Город Нагпур является третьим по величине городом в штате Махараштра, а также зимней столицей штата. Нагпур образует 13-ю по величине городскую агломерацию Индии. Система Nagpur Metro состоит из двух коридоров, проложенных в направлениях с севера на юг (Линия 1) и с запада на восток (Линия 2). Протяженность Линии 1 составляет 19,658 км, Линии 2 – 18,557 км. Общая протяженность линий составляет около 38 км. Число станций – 18 на Линии 1 и 20 на Линии 2 [33]. Оба коридора включают в себя тоннели и виадуки.

При проектировании использовались решения Bentley Systems. Были выполнены следующие работы [34]:

- Архитектурное BIM моделирование
- Конструкторское BIM моделирование
- BIM моделирование сетей инженерно-технического обеспечения
- Календарное планирование и отслеживание хода проекта
- 5D BIM планирование
- Проверки на коллизии
- Фотореалистичная визуализация
- Видео облетов и проходов по объекту

Для 5D-планирования было использовано решение iTWO от компании RIB AG. Это позволило использовать данные BIM-моделей и интегрировать их на платформе iTWO с ERP-системой SAP [35]. В настоящее время это является одним из показательных примеров календарного планирования и контроля проекта с использованием BIM в области транспортного проектирования в мире [36]. Для СОД использовалось решение Bentley Open Rail CDE [37].

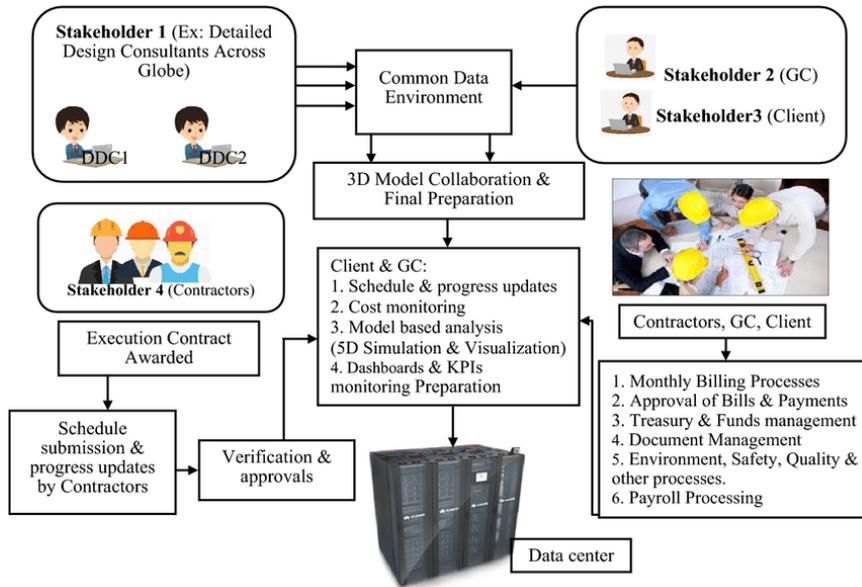


Рис.А.3. 5D BIM экосистема проекта Nagpur Metro [38]

### New York City Subway, США

Линия East Side Access является крупнейшим транспортным проектом в стране в настоящее время. Она соединяет Лонг Айленд и Куинс с Центральным вокзалом Нью-Йорка на Манхэттене. Общая протяженность составляет 64,374 км, из них 19,312 км составляют тоннели Манхэттена и Куинс, в том числе 12,875 км – это новые тоннели, проложенные с использованием четырех ТПМК.

При проектировании были использованы решения Autodesk Inc. Для проектирования архитектурных, конструктивных и инженерных решений станций и переходов применяли Revit, для представления объекта в существующем окружении – InfraWorks, для проектирования линейных объектов – Civil 3D. Также в проекте использовались технологии лазерного сканирования, а для обработки данных сканирования и интеграции с Revit – ReCap. Для СОД использовался BIM360, а для общей координации и контроля коллизий - NavisWorks. В общей сложности было выпущено более 100 тыс. чертежей на основе BIM-моделей [40].



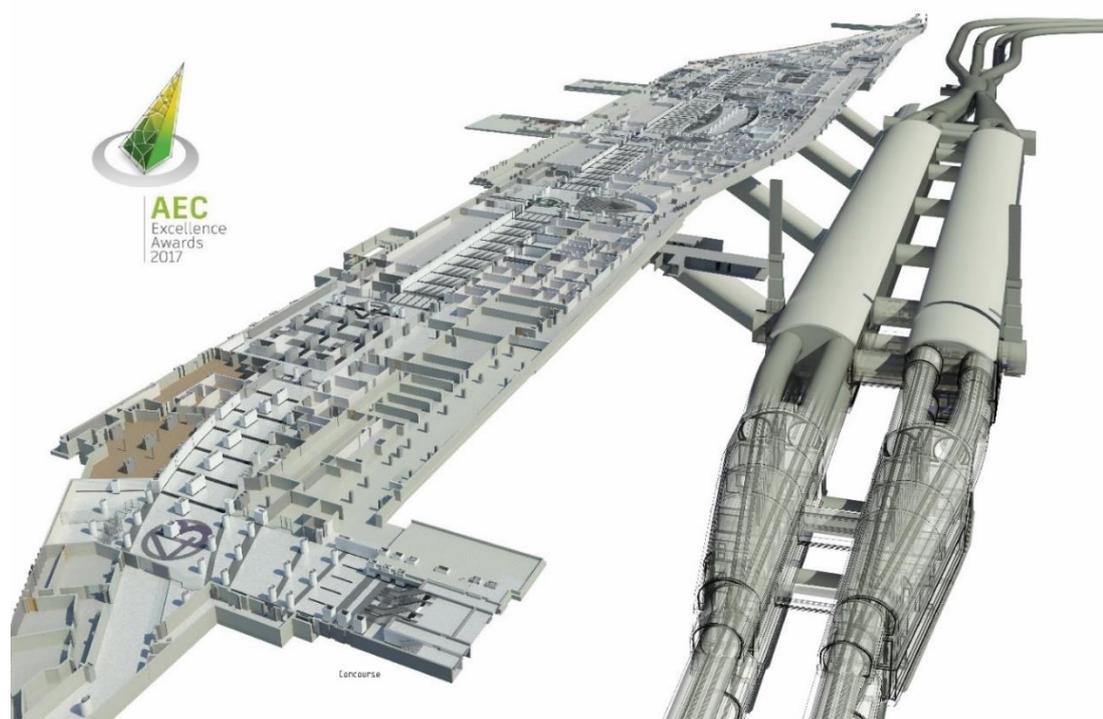


Рис. А.5. East Side Access [41]

### Paris Grand Express, Франция

Проект нового метро Paris Grand Express является первым проектом такого масштаба, выполненным с использованием BIM-технологий от начала и до конца. Шесть различных компаний вовлечены в проект, выполняя архитектурные, конструкторские и инженерные его разделы.

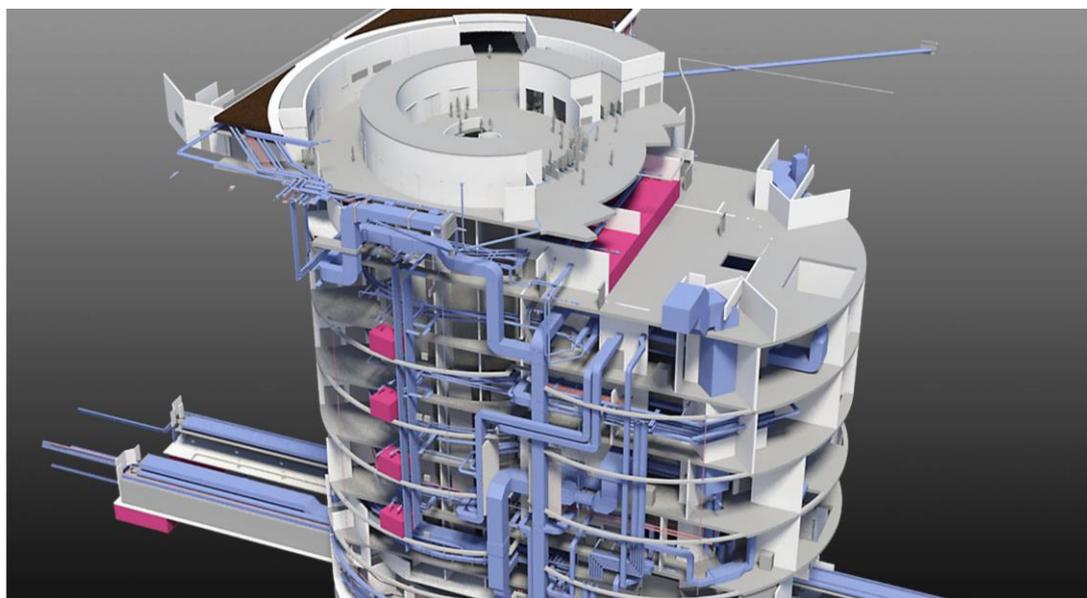


Рис. А.6. Станция Кретей Сен-Мор [42]

В общей сложности новое метро покрывает площадь более 12 тыс. км<sup>2</sup> и включает в себя более 200 км тоннелей. В рамках проекта существующая линия метро Линия 14 будет продлена на север и юг и будут построены четыре новые линии –15-, 16-, 17- и 18-я. Также будет построено 68 новых станций. Фактически проект удваивает размер парижского

метро. Первый участок будет открыт в 2022 г., а полный ввод в эксплуатацию запланирован на 2030 г. [42, 43].

Для управления BIM-данными и организации совместной работы в рамках проекта был создан консорциум, возглавляемый компанией AXIMA Concept (ENGIE Solutions) и включающий в себя ACTH, SXD и VIANOVA SYSTEMS FRANCE. В задачи консорциума входит решение следующих задач информационного моделирования [44]:

- Разработка отдельных моделей и создание сводной модели;
- Управление геометрией и размещением конструкций;
- Разработка календарного плана и управление логистикой поставок материалов и оборудования (4D);
- Выпуск документации и рабочих чертежей на основе BIM-модели;
- Определение объемов работ;
- Контроль и проверка данных;
- Коммуникация;
- Согласованная поддержка принятия решений;
- Операции до приемки;
- Создание и предоставление строительных и исполнительных моделей.

Заказчиком проекта – компанией Société du Grand Paris – было разработано специализированное программное решение T-Rex для учета объема выработанного грунта и его утилизации. Это решение позволяет в реальном времени собирать и отслеживать данные, полученные с ТПМК и вести учет объемов грунта, подлежащих утилизации [45].

Также в проекте принимает участие компания SYSTRA, имеющая опыт выполнения транспортных проектов с использованием BIM-технологий. Для проектирования компания использовала решения Autodesk Inc. – Autocad Civil 3D для проектирования линейных участков метро и Revit – для проектирования вестибюлей и станций, а также для моделирования архитектурных, конструкторских и инженерных разделов в тоннельных участках и взаимодействия в рамках проекта. Помимо этого, компания отвечает за проектирование рельсовых путей и систем автоматизированного управления движением [46].

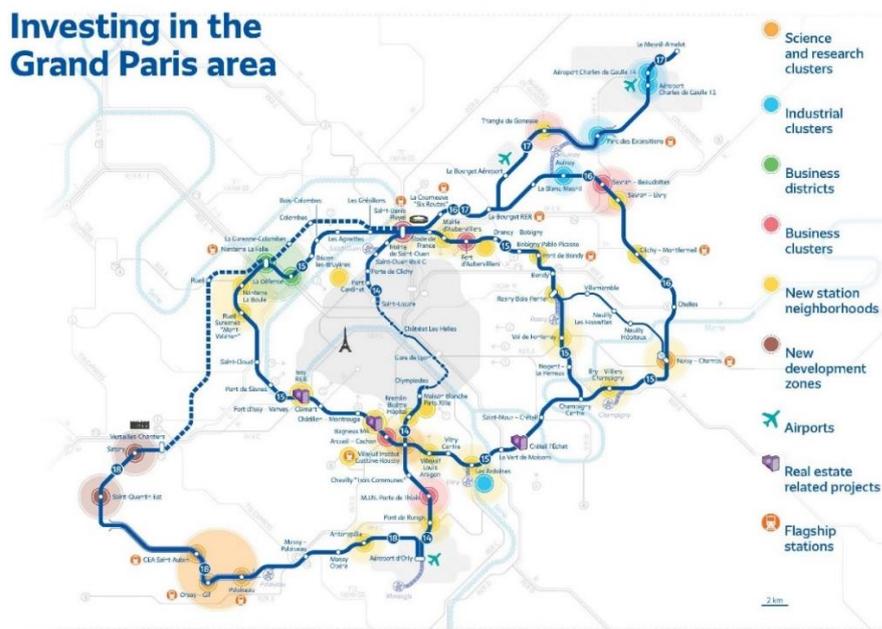


Рис. А.7. Карта охвата инвестиционно-привлекательных областей новыми линиями метро Grand Paris Express

Кроме огромного значения для транспортного сообщения, Grand Paris Express оказывает также значительное влияние на развитие территорий и способствует привлекательности инвестиций в эти территории. В период 2020–2030 гг. около 140 км<sup>2</sup> земель будут переведены в территории смешанного использования. Карта охвата ключевых объектов представлена на рис. А.7 [47].

### Stockholm Metro, Стокгольм



Рис. А.8. Новая линия Tunnelbana показана желтым пунктиром

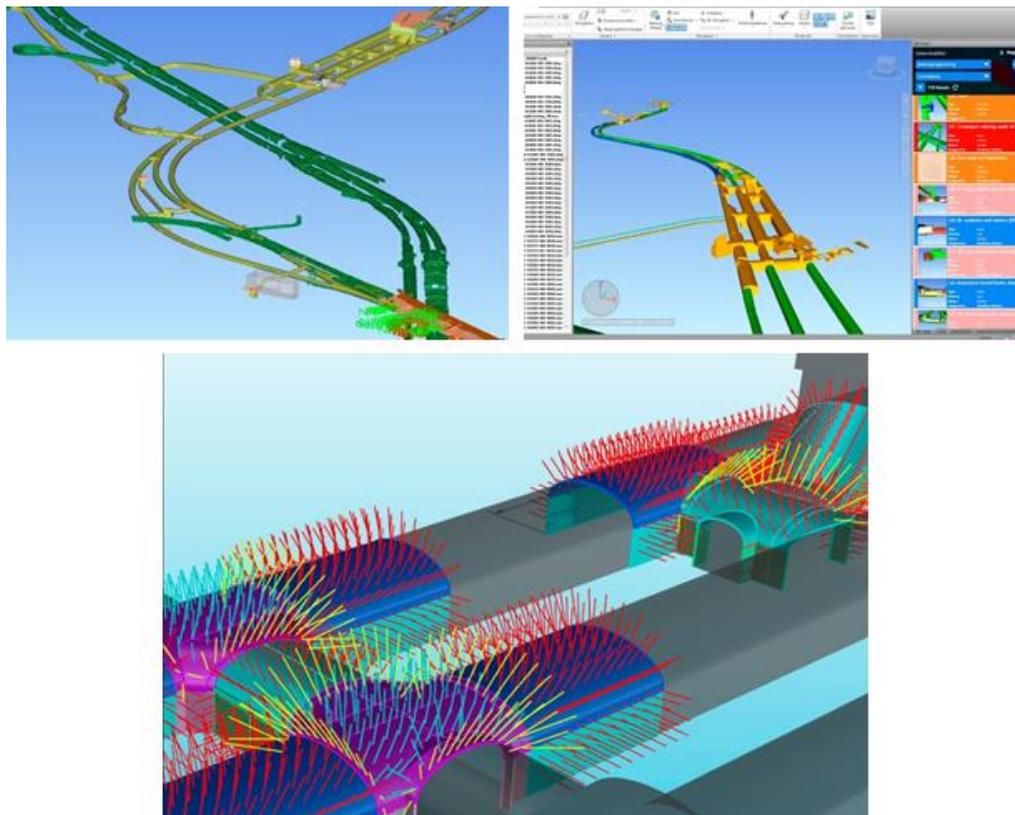


Рис. А.9. Моделирование тоннельных участков и организация взаимодействия по проекту. Amberg Engineering [48]

Расширение метро Стокгольма предусмотрено в виде строительства новой линии Tunnelbana, соединяющей Odeplan и Arenastaden. Линия протяженностью 4 км предусматривает три новые подземные станции [48]. Схема линий показана на Рис. А.8.

Проект ведет компания Amberg Engineering. Для реализации задач проектирования используются такие программные продукты как Novapoint, Rhino, Revit, Dynamo. Для обеспечения взаимодействия применяется BIM Track [49]. На этапе строительства и, в частности, подземного строительства, проходки тоннелей и прокладки рельсовых путей используются собственные программные решения, разработанные ИТ-подразделением компании Amberg Technologies [50]. Примеры информационных моделей показаны на Рис. А.9.

### U-Bahnhof Sendlinger Tor, Германия

Проект станции метро Sendlinger Tor является проектом модернизации ТПУ, соединяющего 6 линий мюнхенского метро. Стадия проектирования длилась с 2012 по 2020 год, окончание стадии строительства запланировано на 2023 год. Примеры информационных моделей станционного комплекса показаны на рисунках А.10-А.11.

Задачами BIM, решаемыми в ходе проекта, являются:

- моделирование существующих конструкций и архитектуры по чертежам 1960-х годов;
- представление существующего состояния, проекта сноса и демонтажа, нового строительства и окончательного вида объекта;
- визуализация отдельных частей проекта;
- использование модели для обсуждения и принятия решений по реконструкции и модернизации объекта;
- проектирование конструкций и конструкторские расчеты [51, 52].

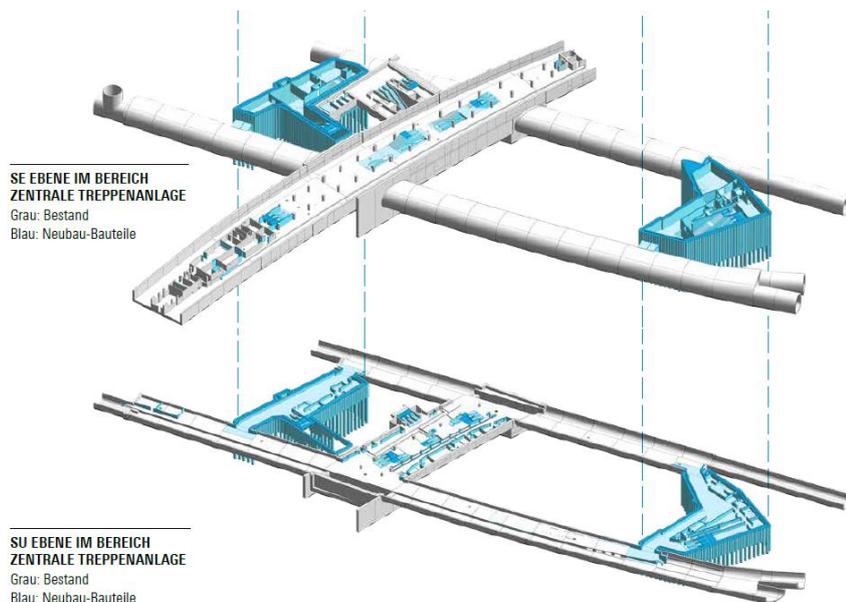


Рис. А.10. Разрезы в области центральной лестницы. Серый – существующие конструкции, синий – новые конструкции

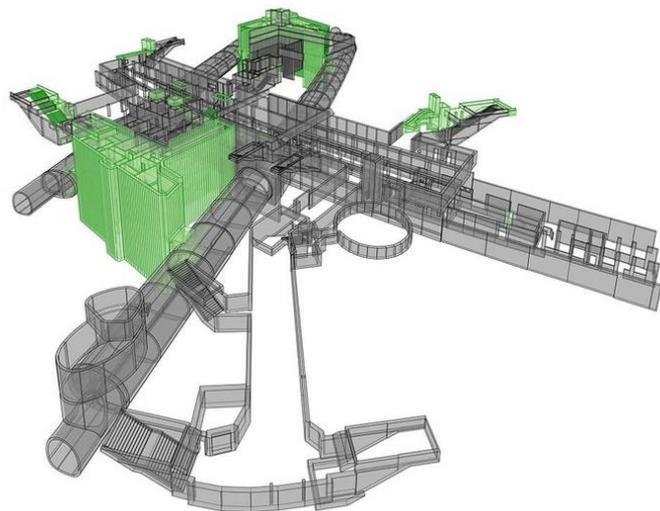


Рис. А.11. Центральная часть. Серый – существующие конструкции, зеленый – новые конструкции

### Московский метрополитен. Троицкая линия метрополитена, Россия

Проектируемый участок строящейся линии Московского метрополитена представляет собой трассу общей протяженностью 13 км, на которой располагаются пять станционных комплексов и перегонные тоннели между ними. Начало участка линии ст. «Новаторов», окончание - примыкание к ст. «Коммунарка» [53].

Линия метрополитена проектируется в тоннелях мелкого и глубокого заложения в технической зоне. Наружный диаметр тоннелей около 6,0 метров.

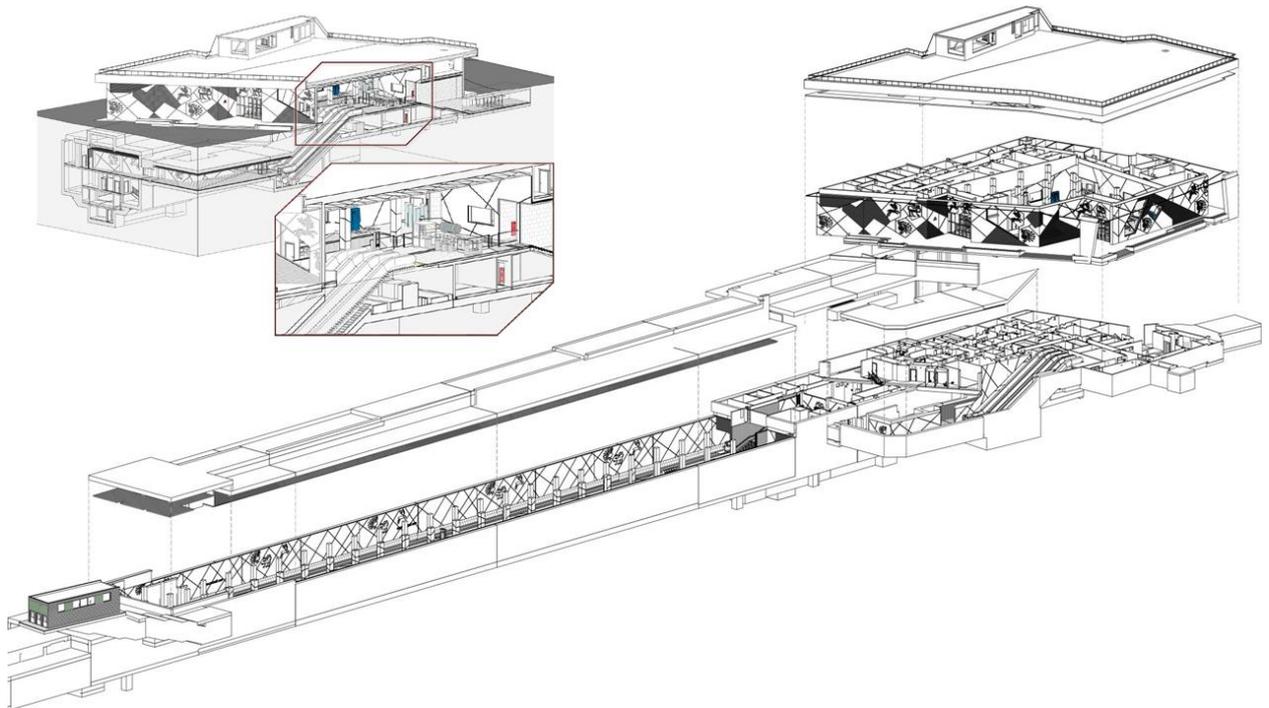


Рис. А.12. Пример архитектурной модели с расстановкой оборудования

Строительство тоннелей ведётся закрытым способом с помощью тоннелепроходческих комплексов с грунтопригрузом или гидропригрузом, что обеспечивает беспросадочную проходку в сложных гидрогеологических условиях, и открытым способом в малозастроенных территориях Новой Москвы.

В качестве основных конструкций перегонных тоннелей применяется высокоточная водонепроницаемая сборная железобетонная обделка.

С помощью ЦИМ организованы совместная работа, разработка объемно-планировочных решений, подробное наполнение модели данными. Что позволило осуществить составление всех необходимых спецификаций, а также выполнять выпуск документации напрямую из информационной модели.

В качестве примера информационной модели на рис. А.12 показана информационная модель одной из станций данного участка.

Были разработаны семейства каркасов, стяжек, металлоизоляции. Вся арматура и опалубка выводятся в спецификацию и автоматически рассчитываются в соответствии с нормативными требованиями.

Вентиляционное оборудование, воздухораспределители и арматура воздуховодов содержат информацию для проведения необходимых расчетов и формирования спецификаций.

Системы вентиляции и дымоудаления распределены по типам и классифицированы по назначению, что позволяет проводить проверку на их целостность и выявить неприсоединённое оборудование.

При построении трасс учитывались архитектурные и конструктивные решения, а также прохождение трасс ОВК, что позволило предупредить некорректную трассировку и избежать пересечения кабеленесущих систем с трубопроводами и воздуховодами.

В шкафы, помимо их основной информации, были заложены зоны обслуживания, которые регламентируются ПУЭ. Включение такой зоны дает возможность оценить насколько правильно размещен шкаф и насколько обеспечен доступ к нему.

Осветительные приборы размещены с показом их крепления на стены, потолки, в подвесных потолках и на лотках.

Выполнение раздела СС с использованием ТИМ позволило наглядно размещать средства СКУД у дверей, автоматически подсчитывать количество установленного оборудования, собирать оборудование в стоечных шкафах.

Благодаря усовершенствованной программе по объединению параметров, было упрощено заполнение спецификаций по шкафам с большим количеством данных по каждому оборудованию, с возможностью обновления информации при изменении параметров в семействе.

При разработке систем были учтены все необходимые требования НТД.

Были разработаны модели трубопроводных систем и подключенного к ним оборудования. Распределение участков сетей по рабочим наборам позволило эффективно управлять отдельными ЦИМ и сведением их в сводную ЦИМ.

Были разработаны специализированные библиотеки оборудования для метрополитена. При их создании учитывались технические характеристики и система идентификации, что существенно ускоряет выдачу спецификаций. Большинство элементов библиотеки разработано с уровнем проработки LOD 300.

Моделирование трассы велось по пикетажу заданных участков, с учетом профиля с вертикальными отметками при помощи ПО Autocad Civil 3D .

При моделировании перегонных тоннелей были разработаны специальные скрипты на Dymapo. Каждый объект в этом тоннеле является отдельным элементом ЦИМ, который копируется по заданной траектории и включает сопутствующие элементы, такие как тубинги, рельсы, кронштейны и т.п.

Визуализация проекта была выполнена с использованием ЦИМ.

### **Guangzhou Metro, КНР**

Первый проект ПСТН в Китае с использованием ТИМ был выполнен НИПИ Метро Гуанчжоу (China Guangzhou Metro Design & Research Institute) и состоял из проектов двух станций – Chishajiao и Shiliugang и перегонного тоннеля между ними. Протяженность перегонного тоннеля составляет около 1540 метров. Тоннель состоит из участков подземной проходки и открытого способа строительства.

Станция Chishajiao является пересадочной станцией Линий 11 и 12, расположенной в районе Хайжу в Гуанчжоу. Общая площадь строительства составляет 32087 м<sup>2</sup>.

Пиковый объем пассажиропотока после завершения строительства составит 29376 чел./ч.

Сложности проекта заключались в:

- большом объеме проекта;
- комплексном проектировании пересадочной станции;
- сжатых сроках проектирования;
- междисциплинарном взаимодействии;
- больших временных затратах на обсуждения решений и их взаимное согласование;

- огромном количестве инженерных коммуникаций и сложности координации их размещения.

В проекте использовалось различное программное обеспечение Bentley Systems для проектирования станций [54].

Были созданы архитектурная и конструкторская модели станций, включающие в себя подземную часть, вестибюли и платформы. Помимо этого была создана модель реконструкции существующей станции.

В конструкторском разделе проекта были использованы Bentley AECOsim Building Designer для создания конструкций станции и ProStructure для армирования конструкций и выпуска рабочих чертежей из модели.

Для проектирования перегонного тоннеля была создана библиотека элементов обделки, обеспечивающая сборку сегментов из стандартных и индивидуальных доборных блоков. Каждый блок включал в себя пазы и монтажные отверстия, а также болты и другие крепежные элементы.

Для моделирования тоннелей использовался Bentley GenerativeComponents - решение для генеративного дизайна (алгоритмического моделирования), широко известного в архитектурном проектировании. Были созданы алгоритмы сегментирования трассы тоннелей и раскладки блоков обделки из предварительно созданной библиотеки элементов.

В разделе вентиляции и кондиционирования были созданы системы станционной и тоннельной вентиляции, а также системы кондиционирования общественных зон. Это включало в себя воздуховоды, клапаны, фильтры, оборудование и пр.

Раздел водоснабжения и водоотведения включал в себя модели трубопроводов систем водоснабжения, пожаротушения и холодоснабжения, водоотвода и дренажа, канализации, а также оборудование.

В разделе электроснабжения были созданы модели кабельных линий, кабеленесущих систем и оборудования.

Раздел систем автоматики включал в себя четыре подраздела:

- системы контроля оборудования и состояния окружающей среды;
- система автоматического пожаротушения;
- системы мониторинга;
- системы продажи билетов и контроля прохода пассажиров.

Путь и контактный рельс. Для выполнения этого раздела проекта использовались Bentley Power Civil и Microstation. Были разработаны модели элементов верхнего строения пути - шпал, крепежа рельсов, подрельсовых подушек, тупиковых упоров и пр. Также была создана модель сигнальной сети, включая проводные соединения.

В процессе работы над проектом была также решена задача стандартизации проектирования с ТИМ:

1. В соответствии со стандартами отрасли:

- проектирование в единой среде и разработка файлов шаблонов для разделов проекта;
- развертывание и настройка рабочего пространства и СОД.

2. В соответствии со стандартами ТИМ:

- разработана система классификации и кодирования элементов ПСТН.

3. В соответствии с используемым программным обеспечением были разработаны корпоративные стандарты:

- Единые регламенты для проектирования метро с применением ТИМ
- Стандарты разработки информации при моделировании метро с применением ТИМ
- Рабочий процесс проектирования метро и взаимодействия участников
- Руководство по проектированию и взаимодействию в среде Bentley Project Wise

За счет применения ТИМ срок проектирования был сокращен на 42 дня, экономия составила 1,6 миллионов юаней [55].



Рис. А.13. Визуализация станции Chishajiao

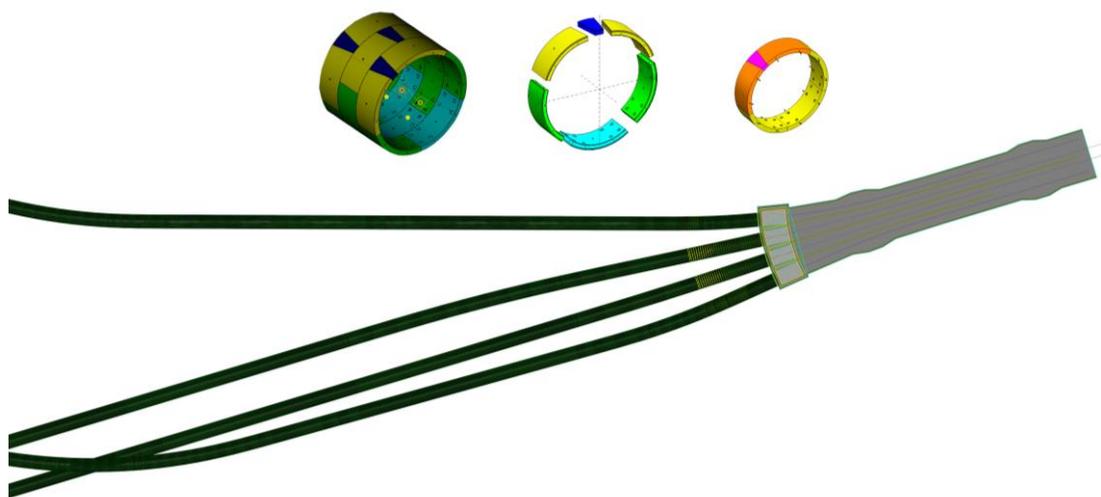


Рис. А.14. Элементы обделки тоннелей и их сборка

### **São Paulo Metro, Бразилия.**

Проект двух станций метро Сан-Паулу Eucaliptos и Моета является частью проекта расширения Линии 5.

Проект был выполнен консорциумом компаний Heleno & Fonseca и TIISA в 2014-2015 годах.

Для реализации проекта было выбрано программное обеспечение Nemetschek Vectorworks и Synchro [56].

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

Vectorworks Architect использовался для моделирования объемно-планировочных решений, конструкций, архитектурных решений интерьеров вестибюлей и станций, а также для точного определения объемов и площадей различных элементов моделей.

Synchro использовался для связи элементов модели с календарным планом и 4D анализа.

Особенностью проекта было непосредственное участие разработчиков программного обеспечения в консультировании пользователей и обеспечении взаимодействия между программными продуктами.

### Stuttgart 21, Германия

Краткая информация о проекте [58]:

Заказчик: DB Projektbau GmbH, Штутгарт, Германия (<https://db-engineering-consulting.com>)

Архитектурное проектирование: ingenhoven architects (<https://www.ingenhovenarchitects.com>)

Конструкторское проектирование: Werner Sobek AG (<https://www.wernersobek.com>)

Проект фасадов: Werner Sobek AG

Строительные работы: Ed. Züblin AG (<https://www.zueblin.de>)

Стадия проектирования: 2010 – 2020, некоторые работы были продлены до весны 2021

Стадия строительства: 2011 – 2025

Программное решение для архитектурных решений: Rhino, Grasshopper, Allplan

Программное обеспечение для конструктивных решений: Allplan

Программное решение для координации: облачная СОД Allplan Vimplus

Stuttgart 21, как часть железнодорожного проекта Штутгарт-Ульм, является одним из крупнейших транспортных проектов в Европе. В рамках всего проекта будет построено 5 новых станций, около 120 километров новых железнодорожных путей и два новых квартала застройки.



Рис. А.15. Визуализация ТПУ Stuttgart 21 [58]

Одной из сложных инженерных задач проекта стало проектирование подземного транспортного пересадочного узла (ТПУ) в Штутгарте. Архитектурный раздел проекта был выполнен архитектурным бюро ingenhoven architects. Наиболее выдающимся архитектурным решением проекта стала крыша-оболочка, поддерживаемая 28 железобетонными колоннами в форме чаш. Без использования высокопроизводительного программного обеспечения реализовать такой проект было бы очень трудоемко. Поэтому

конструкторское бюро Werner Sobek AG (использовало программный комплекс Allplan в связке с Rhino для моделирования оболочки, конструкций и их армирования. Далее, на основе созданной цифровой информационной модели, компания Ed. Züblin AG приступила к строительству. Для взаимодействия проектировщиков, строителей и заказчика использовалась облачная среда общих данных Allplan Bimplus.

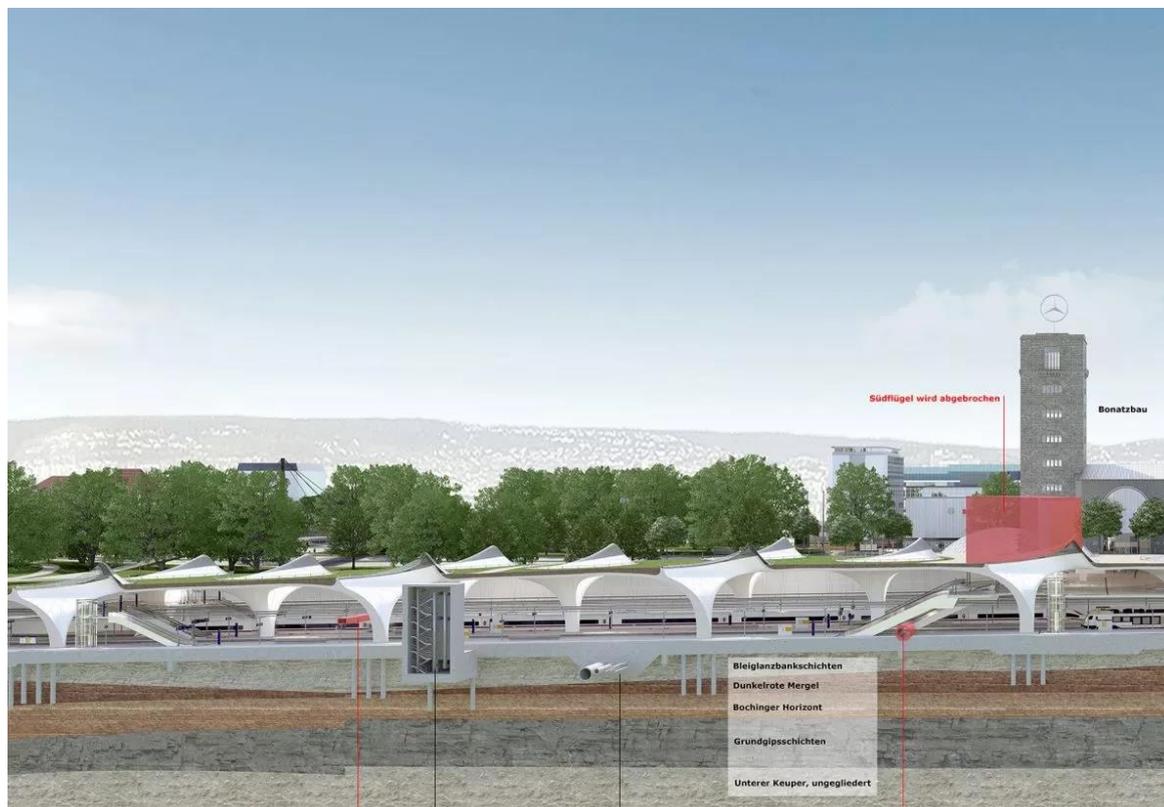


Рис. А.16. Визуализация 3D-разреза по подземной платформе в Штутгарте © Werner Sobek AG [61]

Вестибюль подземного ТПУ составляет около 420 метров в длину и 80 метров в ширину. Оболочка крыши – сверхсложная седловидная (антикластическая) поверхность – математически может быть описана как «свободной формы», так как здесь отсутствуют какие-либо математические зависимости. При этом форму нельзя назвать «произвольной», так как она четко следует направлению сил и за счет этого реализует конкурсное требование о создании длиннопролетного и заполненного естественным светом вестибюля с оптимально подобранными материалами конструкций. Оболочку поддерживают 28 чашеобразных колонн, которые можно разделить на 23 стандартные колонны с армированными краями горловины, 4 плоские колонны без армированных краев и одну большую специальную колонну, открывающуюся своей формой, как выход в центр города.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

# РОССИЙСКИЙ РЫНОК ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СОД ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Рекомендуемые к опытно-промышленной эксплуатации системы организации СОД:**Enovia, Союз-PLM, Pilot-BIM, Неосинтез, 1С. BIM 6D (условно рекомендована)

Вышеприведенные системы рекомендованы к опытно-промышленной эксплуатации в рамках пилотного ИСП по созданию ПСТН с применением ТИМ.

Полный перечень проанализированных систем и их характеристики приведены в таблице 2.

### **Описание рекомендованных систем:**

**ENOVIA\*** – система управления жизненным циклом изделий в том числе инфраструктурных объектов. Имеет широкий функционал для реализации концепции управления ЖЦ на всех стадиях ЖЦ. Платформа имеет свою собственную технологическую основу 3DEXPERIENCE. Имеются плагины-коннекторы для связи с САПР Autodesk. Имеется полноценная работа с форматом IFC. Данная система

**Союз-PLM** – это программный комплекс, который обеспечит хранение и управление инженерной и технической информацией на всех этапах жизненного цикла объекта. Это полностью российский продукт, разработанный под специфику бизнес-процессов предприятий, работающих в РФ. В базовой поставке реализована функциональность, позволяющая объединить используемые информационные системы, создав единый центр управления инженерными данными.

**Pilot-BIM** – СОД для BIM-проектов и автоматического формирования и коллективной экспертизы консолидированной модели.

Система предназначена для решения следующих задач:

- Автоматизированной сборки и экспертизы консолидированной BIM-модели в мульти-инструментальной среде;
- Доступа к актуальной модели объекта строительства с самого начала проектирования;
- Легкого обмена информацией о проекте между его участниками;
- Автоматические проверки модели на коллизии;
- Ведения истории изменения модели;
- Сравнения версии модели;
- Создания замечаний к BIM-объектам;
- Ведения коммуникаций по замечаниям и модели;
- Использования модели на этапах строительства и эксплуатации.

**Неосинтез** – система управления инженерными данными, которая обеспечивает управление данными на протяжении всех жизненных циклов ОКС: проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации. СУИД включает в себя информационную модель (ИМ/ВМ) объекта, которая содержит динамически настраиваемые структуру объекта и атрибуты, множественные связи и позволяет выполнять многокритериальные запросы. Доступ к системе осуществляется через веб-портал, что обеспечивает оперативность получения необходимой информации в любое время из любой точки и с любого устройства.

По информации разработчика СУИТ «Неосинтез» имеет лицензию ФСБ РФ.

**1С. ВМ 6D** – модульный программный комплекс, предназначенный для:

- оценки сроков и инвестиций в проект строительства;
- 3D-проектирования зданий, сооружений, несущих конструкций и внутренних инженерных сетей (ВМ 3D);
- определения сроков и план-фактного анализа выполнения строительно-монтажных работ (ВМ 4D);
- определения стоимости, составления, расчета, хранения и печати сметной документации (ВМ 5D);
- автоматизации процессов технической эксплуатации объектов недвижимости (ВМ 6D), продажи и сдачи объектов в аренду.

1С. ВМ 6D имеет в своем составе модуль САПР для создания ИМ и выпуска документации на промышленно гражданские объекты,

Данная система условно рекомендована к тестовому применению на пилотных проектах из-за отсутствия готовых решений по интеграции со сторонними САПР, что значительно затрудняет ее применение в ИСП ПСТН т.к. при разработке ИМ данных сооружений не применяется ПО Renga. В практике проектирования ПСТН отсутствуют примеры, реализованные в ПО Renga Software. В случае заинтересованности в применении системы 1С: ВМ 6D рекомендуется сначала выполнить пилотный проект ПСТН в ПО Renga. По результатам данного пилота принимать окончательное решение о возможности применения при реализации ИСП по созданию ПСТН. При этом стоит отметить широкие возможности данного комплекса по интеграции с различными прикладными модулями ПО на платформе 1С. Программное обеспечение 1С широко распространено в предприятиях строительного комплекса РФ.

На данном этапе своего функционального развития 5 из 10-ти рассмотренных систем не могут быть рекомендованы к эксплуатации при реализации ИСП по созданию ПСТН, это «Siemens Teamcenter» и «Arpius PLM» из-за ориентации своего функционала сугубо на машиностроительное направление, а также Vitro-CAD, Autodesk Vault и Bentley ProjectWise из-за отсутствия или слабого функционала PLM необходимого для эффективной реализации ИСП на всех его стадиях. Это скорее системы PDM, которые могут показать высокую эффективность на этапах проектирования, но их функционала недостаточно для управления ЖЦ на нескольких этапах.

Таблица Б.1

Анализ российского рынка программно-управляемых СОД

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Наименование</b>	Autodesk Vault*	Siemens Teamcenter *	Enovia*	Союз-PLM	Vitro-CAD.	ProjectWise *	Appius PLM	Pilot-BIM	НЕОСИНТЕЗ	1С BIM 6D
<b>Класс системы</b>	PDM	PLM	PLM	PLM	PDM	PDM	PLM	PLM	PLM	PLM
<b>Архитектура системы</b>	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная	Клиент-серверная
<b>Организация хранения информации</b>	Метаданные в базе данных, файлы на сервере					Метаданные в базе данных, файлы на сервере				
<b>Интеграция PDM с прикладными системами</b>	Высокая интеграция с ПО Autodesk, Navisworks, Revit, Inventor, MicroStation Solidworks MS Office	NX, I-deas NX, AutoCAD, CATIA V4 и V5, Inventor	CATIA V4, V5, AutoCAD, Revit (через коннекторы), Inventor, UGS, Pro/E	AutoCAD, Inventor, Revit, Navisworks, SolidWorks	AutoCAD, Inventor, Revit, Navisworks	AutoCAD, Microstation и др. продукты Bentley syst.	Компас-3D, SolidWorks, Autodesk Inventor Solid Edge T-FLEX CAD Altium Designer EPLAN	Aveva Shneider Electric, MicroStation Bentley, Autodesk, Revit, Tekla Trimble, Renga Software, MS Word,	Aveva Shneider Electric MicroStation Bentley Autodesk Revit Tekla Trimble Renga Software	Renga Software AutoCAD Revit - отдельный проект интеграции

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								Excel в рамках базовой функциональности		
	Интегр. с Civil 3D не удовлетворительная (по результатам эксплуатации)	Интегр. с Civil 3D нет	Интегр. с Civil 3D нет	Интегр. с Civil 3D выполняется в настоящее время	Интегр. с Civil 3D выполняется в настоящее время	Интегр. с Civil 3D не удовлетворительная (по отзывам крупной эксплуатирующей организации)	Интегр. с Civil 3D нет	Интегр. с Civil 3D нет	Интегр. с Civil 3D нет	
<b>Интерфейсы к прикладным пакетам</b>	AutoCAD и вертикальные решения, Revit, Inventor, MS Office	NX, I-deas NX, AutoCAD, CATIA V4 и V5, Inventor, Mentor Graphics, Pro/Engineer, Solid Edge, SolidWorks, MS Office,	CATIA V4, V5, AutoCAD, Inventor, UGS, Pro/E, MS Office & Project, ERP адаптеры для SAP R/3, ведущие ERP,	AutoCAD и вертикальные решения, Revit, Inventor MS Office & Project	AutoCAD и вертикальные решения, Revit, Inventor MS Office & Project	продукты Bentley syst, AutoCAD и вертикальные решения, Revit, Inventor MS Office & Project	MS Word – да, настраиваются шаблоны с закладками Excel – нет необходимости. Печатные формы делаются в 1С	MS Office 1C Microsoft Outlook	MS Office 1C Microsoft Outlook	1С решения

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Acrobat, многие ERP	SCM, CRM систем				автоматическим сохранением в формате Excel, Microsoft Outlook			
<b>Хранилище объектов и средства управления документами</b>	Microsoft SQL Server 2012 - 2016 Standard, Enterprise	Oracle, Microsoft SQL Server	DB2, Oracle	Microsoft SQL Server	Microsoft SharePoint Products	Microsoft SharePoint Products	1С:Предприятие 8.3	No SQL	Разработчик отказался сообщить	1С:Предприятие 8.3
<b>Операционные системы</b>	Windows Server 2012 -2016 Foundation, Essentials, Standard, Datacenter Microsoft Windows 7, 8.1, 10 Проф, Корп (с SP1)	Unix (HP, Sun, AIX), и Windows (2000, XP, 2003), клиентская работа через интернет-браузер	Windows Server 2012 -2016 Foundation, Essentials, Standard, Datacenter Microsoft Windows 7, 8.1, 10 Проф, Корп (с SP1)	Windows Server 2012 -2016 Foundation, Essentials, Standard, Datacenter Клиентская часть: Windows, Android, iOS, а также Web-клиент	Windows Server 2012 -2016 Foundation, Essentials, Standard, Datacenter, клиентская часть: Windows	Windows Server 2012 -2016 Foundation, Essentials, Standard, Datacenter Microsoft Windows 7, 8.1, 10 Проф, Корп. (с SP1)	Windows 7 – 10 Windows Server 2003 – 2016 (x64) Windows Vista, XP+ SP3 Linux Ubuntu 12.04 LTS, Mint 12, Fedora 17 Alt Linux СПТ 6.0 Astra Linux	Серверная часть : Windows 7 Service Pack 1, Windows 8.1, Windows 10, Windows Server 2008R2 и выше, GNU/Linux, клиентская часть: Windows 7 Service Pack 1, Windows	Серверная часть: Windows 7 Service Pack 1, Windows 8.1, Windows 10, Windows Server 2008R2 и выше, клиентская часть: Windows 7 Service Pack 1, Windows	Windows 7 – 10 Windows Server 2003 – 2016 (x64) Windows Vista, XP+ SP3 Linux Ubuntu 12.04 LTS, Mint 12, Fedora 17 Alt Linux СПТ 6.0 Astra Linux

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							Special Edition 1.5 Astra Linux Special Edition 1.4 Mac OS X 10.8 и выше	Windows 7 Service Pack 1, Windows 8.1, Windows 10	8.1, Windows 10	Special Edition 1.5 Astra Linux Special Edition 1.4 Mac OS X 10.8 и выше
<b>Системные требования Серверные (рекомендуемые).</b> Клиентские в соотв. с требованиями прикладного ПО	Intel Xeon® E7 или экв 3ГГц, 32 ГБ ОЗУ, 300 ГБ							Процессор 32-разрядный (x86) или 64-разрядный (x64) 1 ГГц и выше	Процессор 32-разрядный (x86) или 64-разрядный (x64) 1 ГГц и выше	
<b>Разграничение прав доступа к информации и защита документов в системе</b>	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
<b>Полнота русификации</b>	Да	Да	Есть неточности	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Наличие технической поддержки</b>	Неудовлетворительно* (по результатам эксплуатации)	На уровне условий стандартного договора	На уровне условий стандартного договора			На уровне условий стандартного договора	В рамках договора подписки	Гарантийная ТП (осуществляется через специализированный портал Service Desk, расширенная гарантийная ТП (условия согласовываются с заказчиком)	Гарантийная ТП (осуществляется через специализированный портал Service Desk, расширенная гарантийная ТП (условия согласовываются с заказчиком)	В рамках договора подписки
<b>Поддержка стандартов обмена данными</b>	Microsoft.Net, XML, MMC	WS-I Basic Profile, CMII, STEP	Microsoft.Net, XML, MMC			Microsoft.Net, XML, MMC	Microsoft.Net, XML, MMC	XPS, XML, HTML		Microsoft.Net, XML, MMC
<b>Возможность настройки системы под</b>	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да, гибкий интерфейс	Да	Да

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>требования заказчика</b>										
<b>Легкость адаптации и простота освоения системы персоналом заказчика</b>	Средний уровень сложности	Сложная система	Сложная система	Средний уровень сложности	Средний уровень сложности	Средний уровень сложности	Средний уровень сложности	Средний уровень сложности	Средний уровень сложности	Средний уровень сложности
<b>Интерфейсы прикладного программирования и трансляторы</b>	API		SDK API от разработчика	SDK - комплект разработчика	SDK API от разработчика	API	API 1С	SDK API от разработчика	SDK API от разработчика	API 1С
<b>Генерация изображений для предварительного просмотра</b>	DWF Viewer	Да	3D Experience	Встроенный просмотрщик моделей	Нет	Project Viewer	Нет	Встроенный просмотрщик моделей	Встроенный просмотрщик моделей	Встроенный просмотрщик моделей
<b>Предоставляет данные «Где используется файл и какие файлы использует»</b>	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Да	Да	Да

Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	Программно-управляемые СОД									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Наличие модуля выдачи заданий и поручений</b>	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
<b>Формирование и отслеживание производственных планов проектных подразделений</b>	Нет	Да								
<b>Автоматизированное составление отчетов о выполнении производственных планов проектных подразделений (до исполнителя)</b>	Нет	Да								
<b>Автоматизированное согласование и регистрация выпускаемой документации (ПСД и ОРД) в соответствии со</b>	Да, через запросы на изменение и изменение статусов документов	Да								

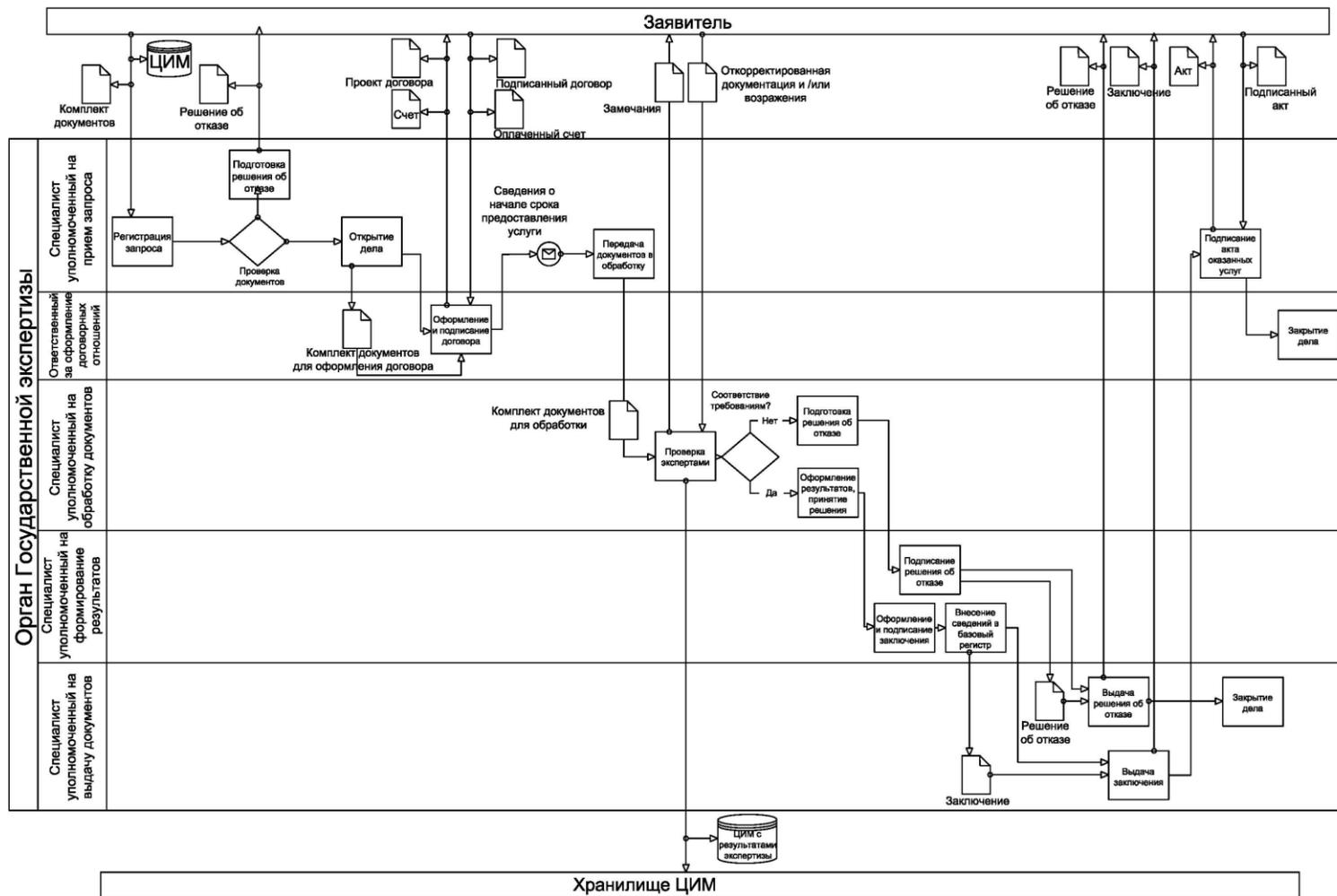
Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве

	<b>Программно-управляемые СОД</b>									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>структурой предприятия</b>										
<b>Сайт производителя</b>	www.autodesk.ru	www.plm.automation.siemens.com	https://www.3ds.com/ru	http://constructor.ru/store/plm/	http://www.vitro-cad.ru/	www.bentley.com /ru/	http://www.appius.ru	https://pilots.com/ru/products/pilot-bim/	http://www.neolant.ru/neosynte/	https://solutions.1c.ru/catalog/bim6d
<b>Страна происхождения</b>	США	Германия - Франция	Франция	Россия	Россия	США	Россия	Россия	Россия	Россия
<b>Рекомендация к применению ПСТН</b>	Нет	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да (условно)
<b>Примечание</b>	Нет полноценного PLM-функционала. Высокая интеграция с ПО Autodesk, Navisworks, Revit MS Office	Высокая цена. Машиностроительный функционал не подходящий для инфраструктурных объектов	Высокая цена. Широкий PLM-функционал	Российская PLM-система с высокой степенью интеграции с САПР Autodesk	Нет полноценного PLM-функционала. Российская PLM-система с высокой степенью интеграции с САПР Autodesk	Нет полноценного PLM-функционала. Высокая интеграция с ПО Bentley. Есть интеграция с ПО Autodesk, Navisworks, Revit	Машиностроительный функционал, не подходящий для инфраструктурных объектов	Российская PLM-система с высокой степенью интеграции с САПР Autodesk	Российская PLM-система с высокой степенью интеграции с САПР Autodesk. Наличие лицензии ФСБ РФ	Российская PLM-система с высокой степенью интеграции с решениями 1С. Нет готовой интеграции со сторонним и САПР

\* Принимая решение о внедрении СОД целесообразно выполнить проверку на доступность лицензий иностранного ПО на территории Российской Федерации

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ С ГАУ «МОСТГОСЭКСПЕРТИЗА» ДЛЯ ЭТАПА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### ШАБЛОН ТИПОВОГО ПЛАНА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. План реализации ТИМ-проекта
2. Информация о проекте
3. Стандарты, правила, нормативные ссылки
4. Термины и сокращения
5. Общие данные
6. Исходные данные
7. Состав и объем работ
  - 7.1. Необходимость моделирования разделов (подразделов)
  - 7.2. Минимальные объемы моделирования и требуемые уровни проработки элементов ЦИМ для стадии проектной документации
  - 7.3. Минимальные объемы моделирования и требуемые уровни проработки элементов ЦИМ для стадии рабочей документации
8. Дополнительные требования
  - 8.1. Общие требования к ЦИМ
  - 8.2. Требования к качеству ЦИМ
  - 8.3. Требования к форматам передачи файлов Заказчику
  - 8.4. Требования к обмену информацией
9. Контакты проекта
  - 6.1. Ключевые контакты команды ТИМ
  - 6.2. Ключевые контакты ведущих специалистов проекта
10. Основные этапы проекта
11. Программное обеспечение
12. Форматы обмена данными
13. Уровни проработки элементов ЦИМ
14. Правила именования файлов
15. Геолокация и система координат

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

### **МЕТРИКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

#### **Д.1 Программно-аппаратных комплексов:**

- Время загрузки ПО, сек.;
- Относительное время открытия цифровой модели, Мб/с;
- Работа в видовом экране (скорость обновления в кадрах в секунду или FPS);
- Скорость выполнения операций при перемещении, копировании и редактировании объектов);
- Визуализация, в том числе рендеринг;
- Время синхронизации совместной работе;
- Моделирование физических расчетов;
- Экспорт модели в открытые форматы;

#### **Д.2 Цифровой модели (Model Health):**

- Размер файла(ов) цифровой модели в Мб.
- Общее количество элементов цифровой модели;
- Количество предупреждений и ошибок;
- Коэффициент предупреждений (кол-во на 100 Мб.)
- Количество элементов, которые могут быть удалены;
- Количество импортированных элементов САПР;
- Количество растровых изображений;
- Количество дубликатов элементов;
- Количество групп в модели;
- Количество групп детализации;
- Количество элементов в контексте (без связей)
- Общее количество листов;
- Общее количество видов;
- Количество видов, не размещенных на листах;
- Количество скрытых элементов;
- Количество рабочих наборов (слоев);
- Количество вариантов дизайна.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Е**

### **ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ ИНЖЕНЕРНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ**

Состав данных ИЦММ должен соответствовать заданию на выполнение инженерных изысканий.

ИЦММ для расчетных задач и для разработки проектной документации должна содержать векторную топологическую модель пространственных данных. В состав ИЦММ должны входить ЦМР, ЦМС, цифровая модель инженерных коммуникаций и, при необходимости, цифровые модели геологического строения.

ИЦММ должны содержать все объекты, соответствующие их масштабу и состоянию описываемой ими местности. Все объекты должны быть классифицированы и снабжены кодами. Кодировка объектов ИЦММ должна принадлежать следующим классам пространственных объектов: математическая основа, опорные пункты, рельеф суши, гидрография и гидротехнические сооружения, населенные пункты, промышленные, сельско-хозяйственные и социально-культурные объекты, дорожная сеть и дорожные сооружения, растительный покров и грунты, границы, ограждения и прочие объекты, подписи собственных названий объектов, элементы автомобильной дороги (ось, кромки проезжей части, бровки земляного полотна, основание откосов и т.д.) и элементы искусственных сооружений.

#### **Требования к атрибутивному составу элементов инженерной цифровой модели местности**

Атрибутивный состав элементов ИЦММ определяется таким образом, чтобы обеспечить полноту сведений, предусмотренных действующими нормами. Атрибутивный состав элементов ИЦММ может быть расширен техническим заданием заказчика.

Перечень групп обязательных атрибутов, характеризующих элементы ИЦММ, должен быть отражен в документах информационного менеджмента –ТОИ, ПИМ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

### ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
1	Общестроит. АР, КР	Посмотреть актуальный ОНР (так как модель меняется раньше выпуска альбома с изменениями)	Геометрия (визуально)		
2	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие защитных стенок для инженерных систем (не вентиляционные ветки) в обратной засыпке	Геометрия (визуально)		
3	Общестроит. АР, КР	Проверить габариты открывания дверей в отношении пересечений с инженерными системами и конструкциями	Геометрия (визуально)		
4	Общестроит. АР, КР	Проверить габарит демонтажного проёма под выкатку частей эскалатора в отношении попадания инженерных сетей	Геометрия (визуально)		
5	Общестроит. АР, КР	Проверить расположение надписи названия станции в отношении пересечений с оконечными устройствами	Геометрия (визуально)		
6	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие в пассажирской зоне закладных труб для кабеля в стяжке полов	Геометрия (визуально)		
7	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие и расположение в пассажирских зонах архитектурных решеток на увязку с системами ОВиК	Геометрия (визуально)		
8	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие и расположение в пассажирских зонах лючков доступа на увязку с распаечными коробками ЭО, СС	Геометрия (визуально)		

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
9	Общестроит. АР, КР	Обнаружить проёмы без инженерных систем (для омоноличивания)	Геометрия (визуально)		
10	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие подвесных потолков в помещениях и увязку инженерных систем в запотолочном пространстве	Геометрия (визуально)		
11	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие кирпичных шахт под инженерные системы	Геометрия (визуально)		
12	Общестроит. АР, КР	Проверить расположение вентиляционных веток в отношении пересечений с монолитом	Геометрия (визуально)		
13	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие лестниц для доступа на кровлю вентиляционных киосков	Геометрия (визуально)		
14	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие проемов под инженерные системы в лифтовой шахте	Геометрия (визуально)		
15	Общестроит. АР, КР	Посмотреть объем бетона монолитных конструкций и кирпича в перегородках, шахтах	Параметры	Перекрытия/ колонны/ стены/...	Объем
16	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие и расположение рым-петель и монорельсов (в УТВ, в МВУ и т. д.)	Геометрия (визуально)		
17	Общестроит. АР, КР	Обнаружить места для бурения в монолите под проёмы инженерных систем	Геометрия (визуально)		
18	Общестроит. АР, КР	Проверить на платформе наличие лючков для розеток для поломочных машин	Геометрия (визуально)		
19	Общестроит. АР, КР	Проверить наличие и расположение напольных люков в полах	Геометрия (визуально)		

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
20	Общес троит. АР, КР	Проверить наличие фальшполов в помещениях и увязку инженерных систем под фальшполом	Геометрия (визуально)		
21	Общес троит. АР, КР	Проверить наличие водоотводных лотков и прямков в конструкции пола	Геометрия (визуально)		
22	Общес троит. АР, КР	Проверить наличие водоотводных лотков под дренажными стояками от зонтов	Геометрия (визуально)		
23	ОВиК	Проверить наличие доступа к клапанам ОЗК	Геометрия (визуально)		
24	ОВиК	Посмотреть расположение блоков кондиционирования в помещениях	Геометрия (визуально)		
25	ОВиК	Проверить наличие зонтов под блоками кондиционирования	Геометрия (визуально)		
26	ОВиК	Проверить наличие конвекторов в кабинах ДУЭ, АКПП	Геометрия (визуально)		
27	ОВиК	Проверить наличие и конфигурацию фундаментов под вентиляционными машинами	Геометрия (визуально)		
28	ОВиК	Проверить трассы лотков фреонопровода	Геометрия (визуально)		
29	ОВиК	Проверить расположение вытяжных и приточных решеток в помещениях	Геометрия (визуально)		
30	ОВиК	Посмотреть значения типоразмеров воздуховодов	Параметры	Воздуховоды/ Арматура воздуховодов	Размер / Диаметр

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
31	ОВиК	Посмотреть принадлежность элемента к системе (по имени)	Параметры	Воздуховоды/ Арматура воздуховодов/ Оборудование	Имя системы
32	ОВиК	Посмотреть принадлежность элемента к системе (по классификации)	Параметры	Трубопроводы/ Арматура трубопроводов/ Оборудование	Классификация системы
33	ВК	Обнаружить места, где трубопровод проходит над лотками ЭОМ	Геометрия (визуально)		
34	ВК	Проверить расположение вентилях задвижек (могут попасть в габарит открывания дверей)	Геометрия (визуально)		
35	ВК	Проверить наличие водоотводных лотков под дренажными стояками	Геометрия (визуально)		
36	ВК	Проверить и оценить расположение шкафов ПК	Геометрия (визуально)		
37	ВК	Посмотреть принадлежность элемента к системе (по имени)	Параметры	Трубопроводы/ Арматура трубопроводов/ Оборудование	Имя системы
38	ВК	Посмотреть принадлежность элемента к системе (по классификации)	Параметры	Трубопроводы/ Арматура трубопроводов/ Оборудование	Классификация системы

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
39	ВК	Проверить наличие трапов и водоотводных лотков в вентиляционных камерах	Геометрия (визуально)		
40	ВК	Проверить наличие люков для доступа к ревизиям шахты ВК	Геометрия (визуально)		
41	ЭОМ	Проверить расположение и увязку шкафов в щитовой	Геометрия (визуально)		
42	ЭОМ	Проверить наличие зонтов над шкафами в ТПП	Геометрия (визуально)		
43	ЭОМ	Проверить наличие металлоизоляции на потолке в щитовой	Геометрия (визуально)		
44	ЭОМ	Проверить наличие, расположение и конфигурацию светильников	Геометрия (визуально)		
45	ЭОМ	Проверить трассы лотков в коридорах	Геометрия (визуально)		
46	ЭОМ	Проверить трассу силового кабеля в зоне платформы на отсутствии архитектурных панелей	Геометрия (визуально)		
47	ЭОМ	Оценить расположение в пассажирских зонах элементов навигации в отношении подвода питающего кабеля	Геометрия (визуально)		
48	ЭОМ	Посмотреть название шкафа и его принадлежность к РД	Параметры	Электрооборудование	Примечание
49	ЭОМ	Посмотреть значения типоразмеров кабельных лотков	Параметры	Кабельные лотки	Размер
50	ЭОМ	Посмотреть отсутствие блоков кондиционирования над шкафом	Геометрия (визуально)		
51	ЭОМ	Проверить наличие на платформе розеток для поломочных машин	Геометрия (визуально)		

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
52	ЭОМ	Проверить наличие доступа к распаечным коробкам за архитектурной отделкой в пассажирской зоне	Геометрия (визуально)		
	ЭОМ	Проверить увязку элементов навигации с настенными светильниками	Геометрия (визуально)		
53	СС	Проверить расположение и увязку шкафов в ЛАЦ, кроссовой, радиоузле и аппаратной СС	Геометрия (визуально)		
54	СС	Проверить в пассажирских зонах расположение пожарных линейных извещателей и отражателей	Геометрия (визуально)		
55	СС	Проверить расположение кронштейнов и волновода поездной радиосвязи	Геометрия (визуально)		
56	СС	Проверить расположение часов для машиниста и оценить их видимость	Геометрия (визуально)		
57	СС	Проверить и оценить расположение колонн экстренного вызова, автоматов по продаже билетов, зоны досмотра и т. д. (шифры КЭВ, АСОП, КСОБ) в пассажирских зонах	Геометрия (визуально)		
58	СС	Проверить и оценить расположение баллонов АУППТ (например, в кабельном коллекторе)	Геометрия (визуально)		
59	СС	Посмотреть категорию помещений по пожарной безопасности	Параметры	Помещение	Категория помещения
60	СС	Проверить трассы лотков в коридорах	Геометрия (визуально)		
61	СС	Посмотреть название шкафа и его принадлежность к РД	Параметры	Электрооборудование	Примечание

№ п/п	Разделы	Что можно проверить, обнаружить, посмотреть	Способ проверки		
			Геометрия / Параметры	Через параметры	
				Элемент категории	Название параметра
62	СС	Проверить расположение и наличие доступа к шкафам автоматики	Геометрия (визуально)		
63	СС	Проверить расположение и наличие оконечных устройств (ГГО, СВН, СОИ) в пассажирских зонах	Геометрия (визуально)		
64	СС	Посмотреть значения типоразмеров кабельных лотков	Параметры	Кабельные лотки	Размер
65	ВСЕ	Разработка и визуализация различных вариантов проектных предложений при изменении технологии производства работ	Визуально, параметры	все	Тип работ по КСИ
66	ВСЕ	Расстановка визуальных статусов выполнения строительно-монтажных работ и работ по подготовке строительного производства	Визуально, параметры	все	Доставлено, Выполнено, Принято строительным контролем

## ПРИЛОЖЕНИЕ И

### ТИПОВЫЕ ОШИБКИ/НЕДОЧЕТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКА СМР

#### 1. На элементах отсутствует заполненный атрибут шифра РД

Диаграмма Ганта

ID	Имя	Длит ел...	Начало	Окончание	3D р...	Шифр РД
4433	MP 10520	20d	6:00 21.04.2022	19:00 17.05.2022	1558	12-4018-П-33-2918р-207-ГК
4434	MP 10660	20d	6:00 25.04.2022	19:00 21.05.2022	1	12-4018-П-33-2918р-207-ГК
4435	MP 10780	10d	6:00 22.05.2022	19:00 31.05.2022		12-4018-П-33-2918р-207-ГК
4436	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120	341d	6:00 16.08.2021	19:00 09.08.2022	(11383)	
4437	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120.8	265d, 1m	6:00 16.08.2021	6:01 25.05.2022	(7652)	
4438	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	210d	6:00 16.08.2021	19:00 23.03.2022	(581)	
4439	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	25d	6:00 16.08.2021	6:00 10.09.2021	(234)	
4440	A200214290	25d	6:00 16.08.2021	0:00 10.09.2021	(A) 234	
4441	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	160d	0:00 05.10.2021	19:00 23.03.2022	(327)	
4442	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	121d	0:00 05.10.2021	19:00 08.02.2022	(73)	
4443	RPZ 7170	47d	6:00 09.12.2021	19:00 28.01.2022	71	
4444	RPZ 7180	50d	0:00 06.12.2021	19:00 28.01.2022		
4445	A200214330	121d	0:00 05.10.2021	19:00 08.02.2022	2	
4446	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	131d	0:00 03.11.2021	19:00 23.03.2022	(254)	
4447	RPZ 7190	17d	0:00 12.01.2022	19:00 28.01.2022	122	12-4018-П-33-3027р-05-1022-AC2
4448	RPZ 7180	29d	6:00 19.02.2022	19:00 23.03.2022	16	12-4018-П-33-3027р-05-1022-AC2
4449	A200214340	81d	0:00 03.11.2021	19:00 28.01.2022	116	12-4018-П-33-3027р-05-1022-AC2
4450	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	176d, 1m	0:00 15.11.2021	6:01 25.05.2022	(840)	
4451	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	72d, 1m	0:00 15.11.2021	6:01 30.01.2022	(613)	
4452	A200214240	72d, 1m	0:00 15.11.2021	6:01 30.01.2022	613	12-4018-П-33-3027р-05-1005-AC1
4453	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	131d, 1...	0:00 30.11.2021	18:00 18.04.2022		
4454	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	72d	0:00 30.11.2021	19:00 13.02.2022		
4455	RPZ 7070	56d	0:00 30.11.2021	19:00 28.01.2022		
4456	RPZ 7060	29d	6:00 27.12.2021	19:00 28.01.2022		
4457	A200214250	59d	0:00 13.12.2021	19:00 13.02.2022		
4458	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.120...	74d, 11h	6:00 30.01.2022	18:00 18.04.2022		
4459	RPZ 7150	30d	6:00 09.02.2022	19:00 14.03.2022		12-4018-П-33-2918р-05-1717-AP2
4460	RPZ 7140	29d	6:00 02.03.2022	19:00 02.04.2022		12-4018-П-33-2918р-05-1717-AP2

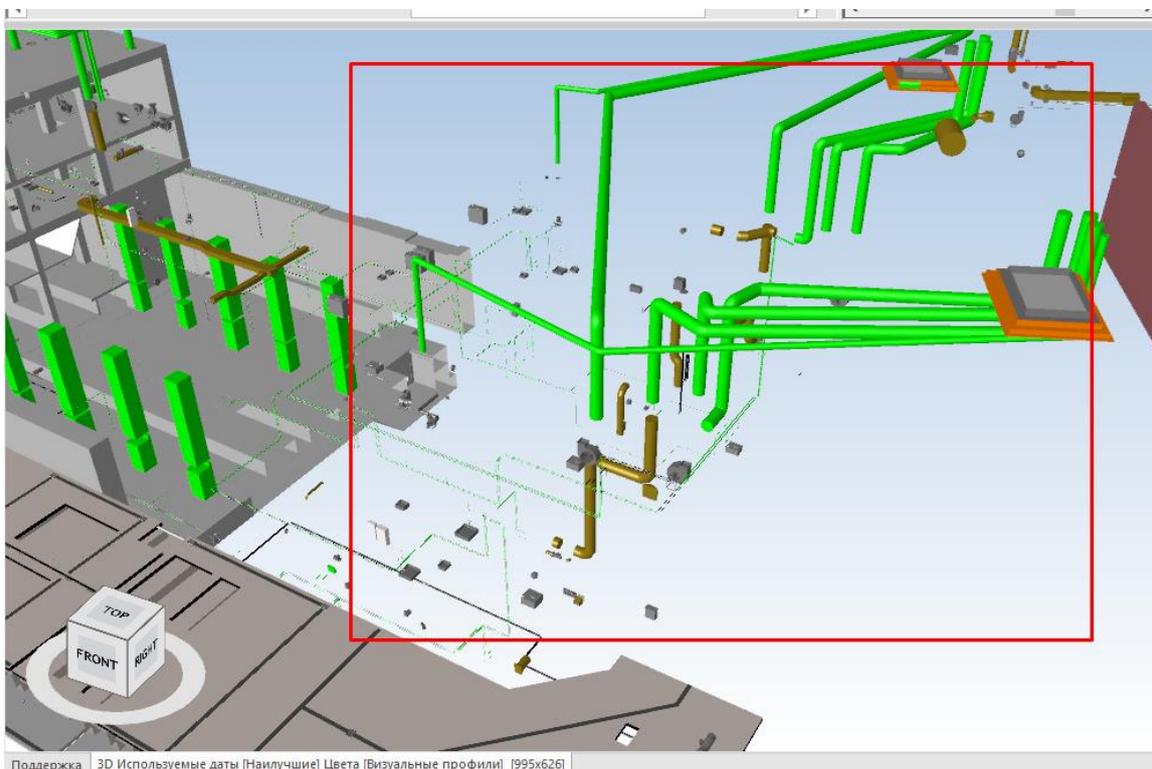
#### 2. Отсутствует разбивка работ по уровням. Из-за этого возникают моменты, когда стены не присоединены к основанию.

Диаграмма Ганта

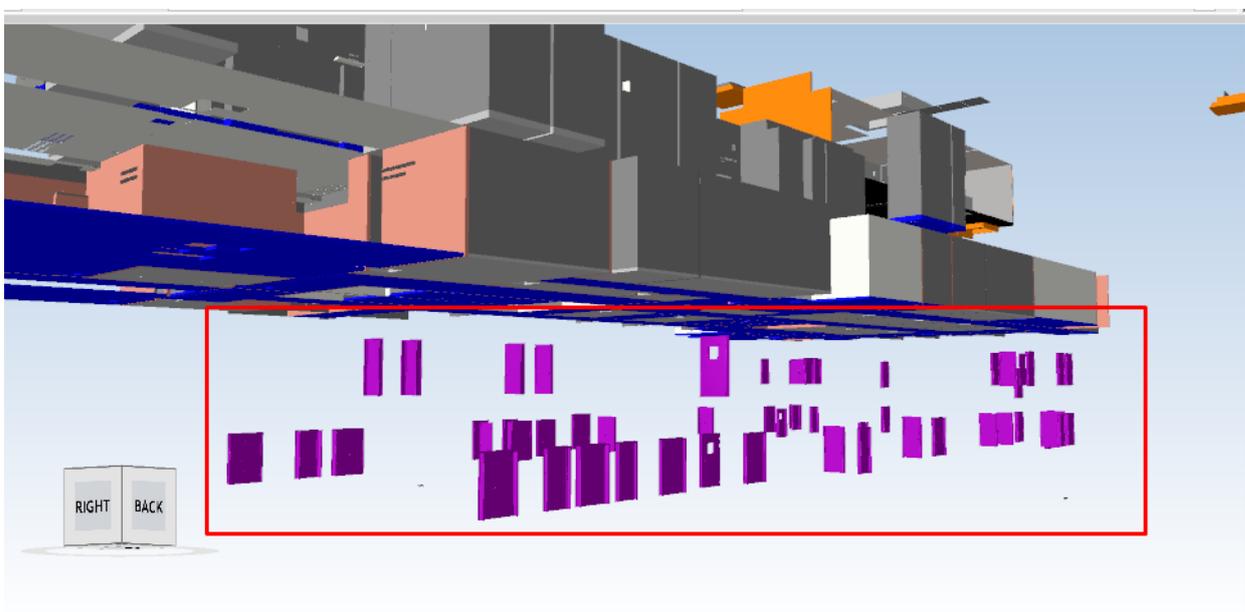
ID	Имя
4306	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.2.7.1.30.1
4307	MP 11630
4308	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.2.7.1.1
4309	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.2.7.1.1.3
4310	MP 11640
4311	MP 11660
4312	A21470
4313	A21480
4314	A21490
4315	БКЛ-ВУ-ТЕ-КЛ-А.СМРОП.РСН10.1410.2.7.1.1.2
4316	MP 11650
4317	A21500

Присоедините позже стен

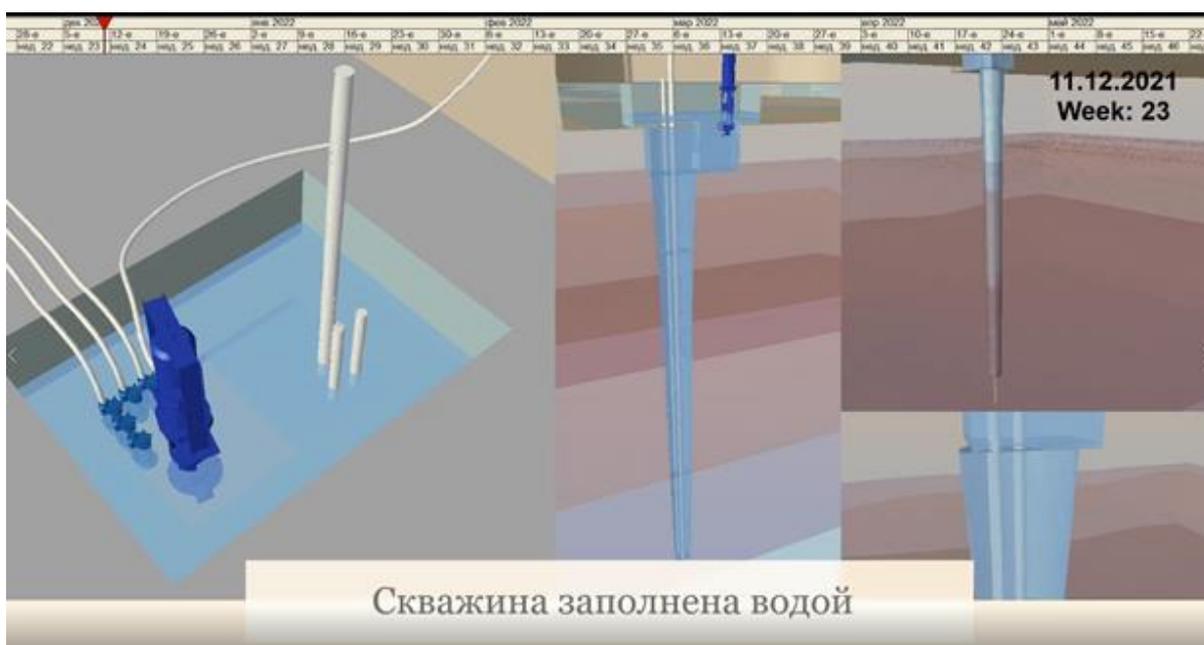
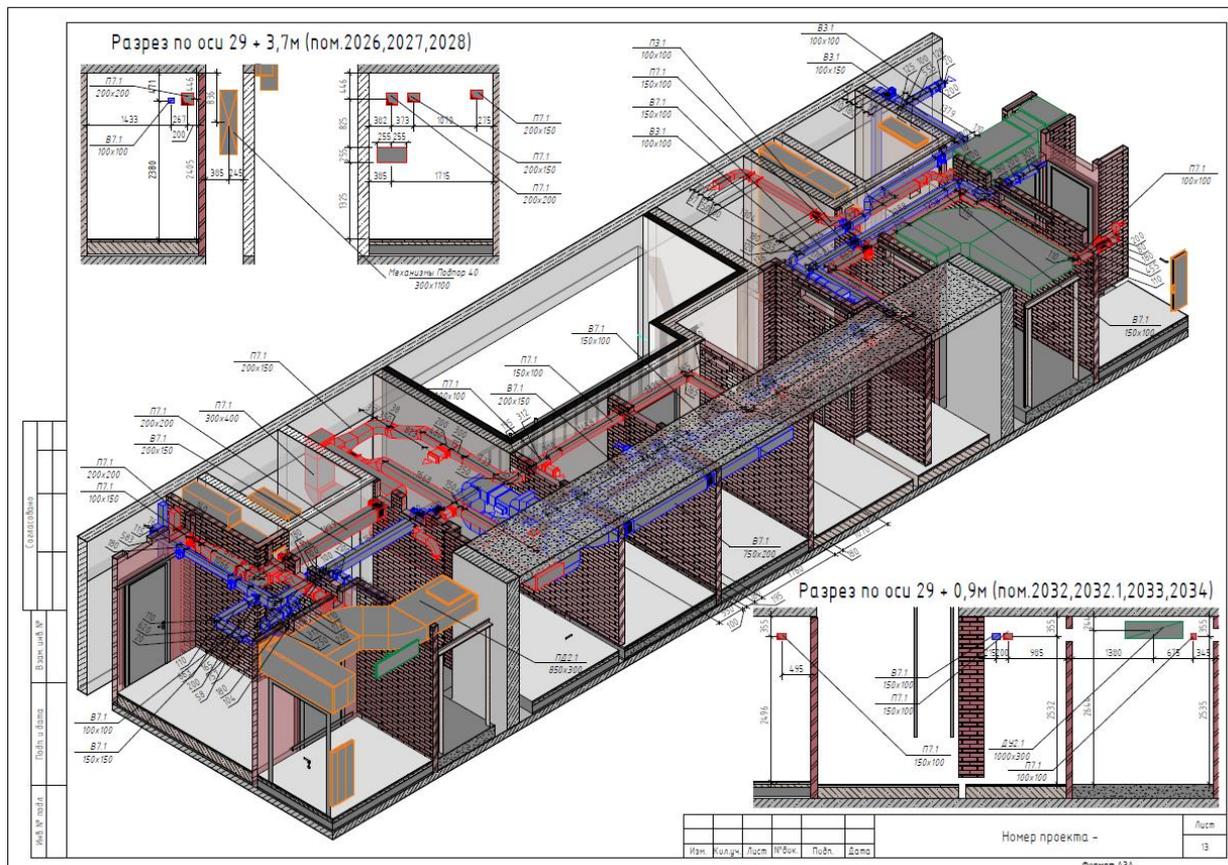
3. Работы по монтажу инженерных систем не детализированы (например, по осям, уровням). Из-за этого возникают визуальные коллизии, когда монтаж инженерных систем отображается там где еще не возведены основные конструкции.



4. Работы по части шифров отсутствуют в графике.

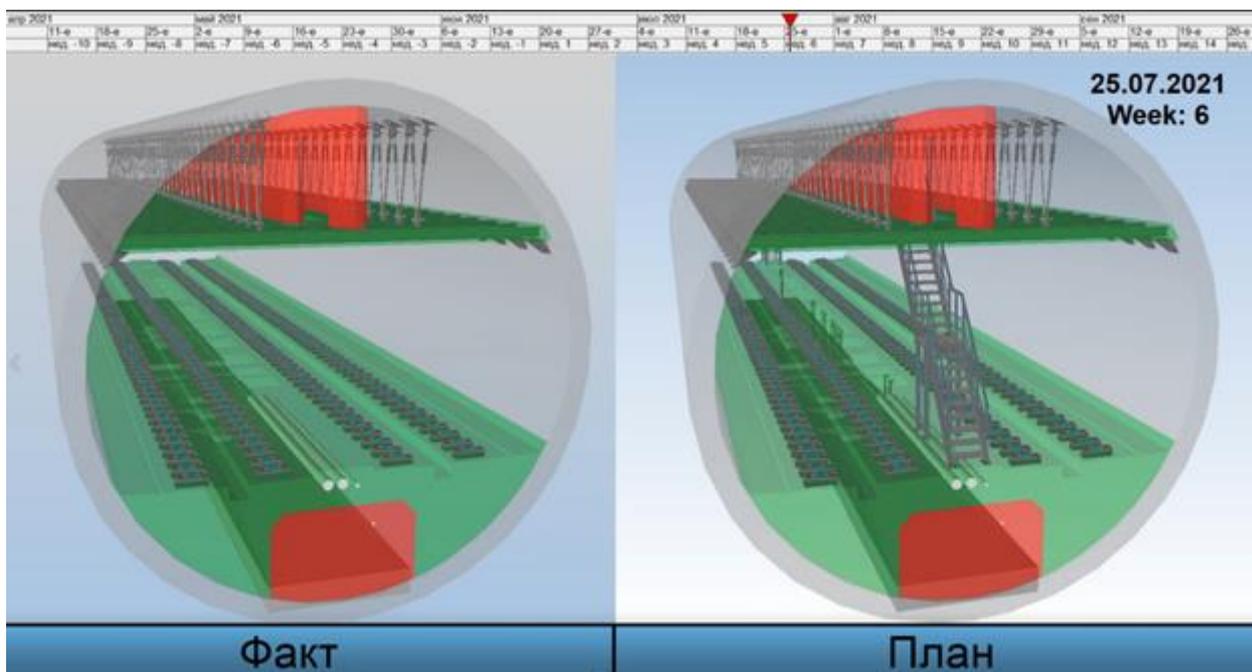
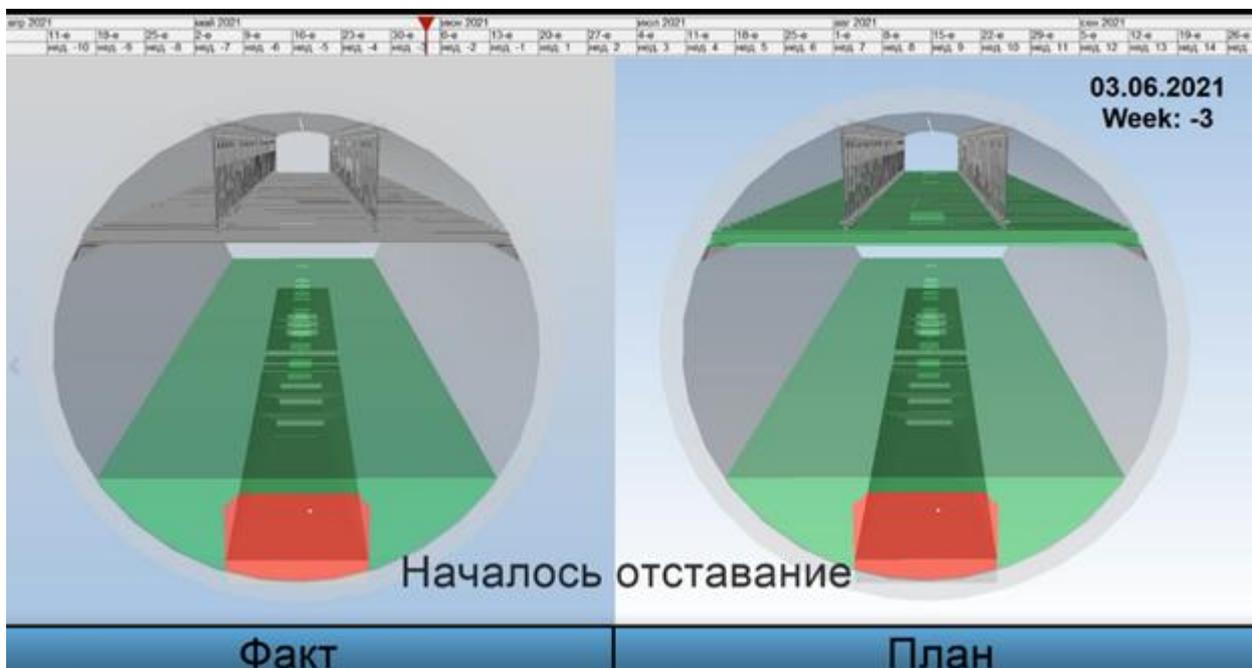


## ПРИЛОЖЕНИЕ К ПРИМЕР ВЫПУСКА МОНТАЖНЫХ СХЕМ ИЗ МОДЕЛИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОРСКОЙ ЗАПИСИ

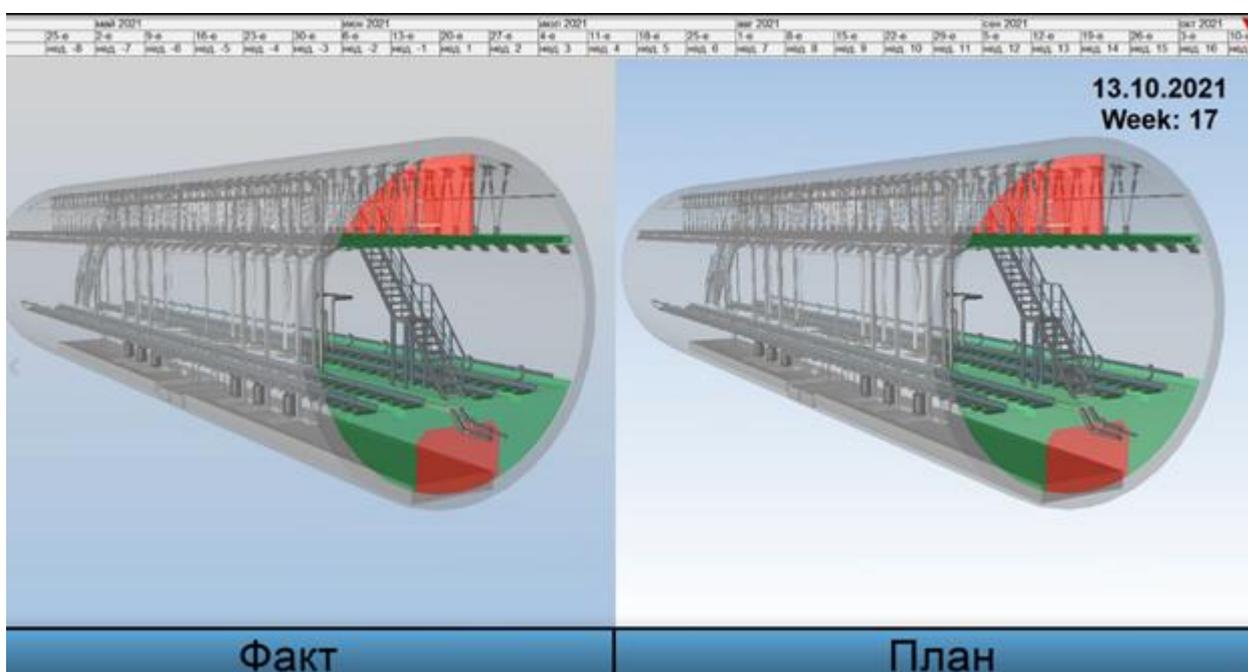
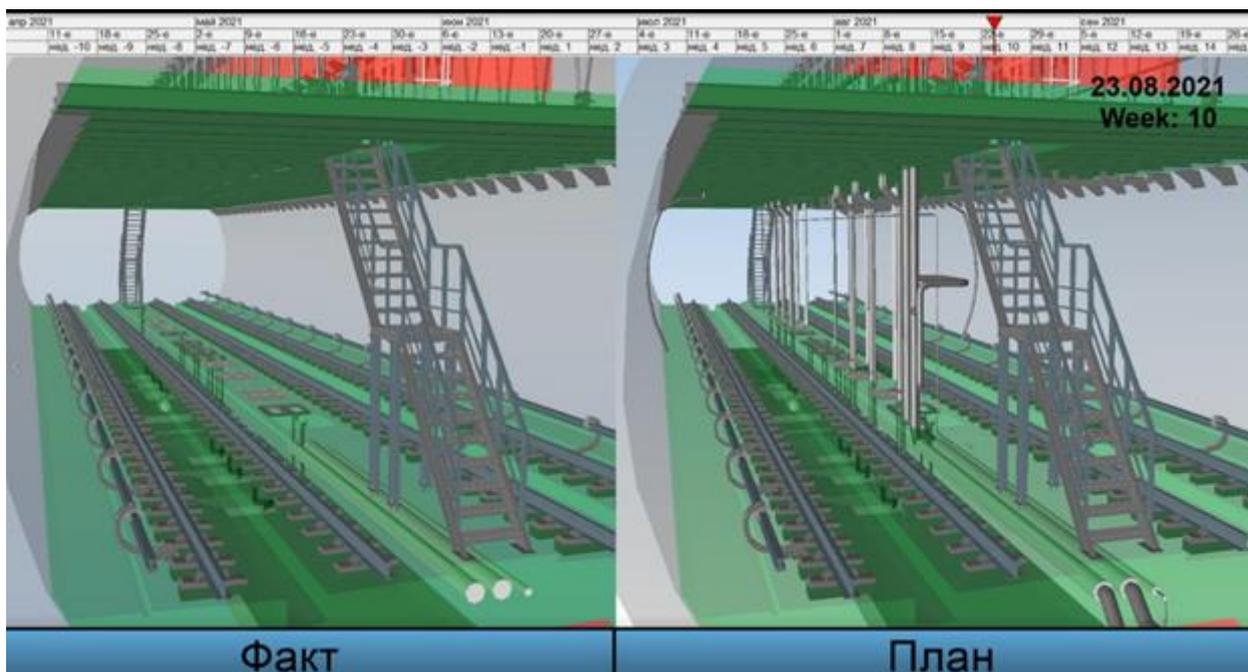


## ПРИЛОЖЕНИЕ Л

### ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ПЛАН-ФАКТНОГО АНАЛИЗА



Справочно-методическое пособие по информационному моделированию подземных сооружений транспортного назначения и использованию их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве



## ПРИЛОЖЕНИЕ М

### ПРИМЕР ОЦЕНКИ СРОКОВ СОЗДАНИЯ 4D-МОДЕЛИ

1. Создание 4D-модели без разбиения по осям/уровням/системам (разбивая работы только по Шифру РД)

№	Наличие параметров			Срок разработки		
	Наименование	Шифр РД	Код вида работ	КЖ	АС	ИОС
1	-	-	-	15-20 дней	невозможно	невозможно
2	+	-	-	10-12 дней	невозможно	невозможно
3	+	+	-	4-5 дней	4-5 дней	7-10 дней
4	+	+	+	3-4 дня	3-4 дня	6-8 дней

2. Создание 4D-модели с разбиением по уровням, системам и Шифру РД

№ п/п	Наличие параметров					Сроки разработки		
	Наименование	Шифр РД	Уровень	Имя системы	Код вида работ	КЖ	АС	ИОС
1	-	-	-	-	-	25-30 дней	невозможно	невозможно
2	+	-	-	-	-	20-25 дней	невозможно	невозможно
3	+	+	-	-	-	15-20 дней	15-20 дней	невозможно
4	+	+	+	-	-	5-10 дней	5-10 дней	30-40 дней
5	+	+	+	+	-	5-10 дней	5-10 дней	10-15 дней
6	+	+	+	+	+	4-6 дней	4-6 дней	8-12 дней

### 3. Создание 4D-модели с разбиением по осям, уровням, системам и Шифру РД

№ п/п	Наличие параметров						Сроки разработки		
	Наименование	Шифр РД	Уровень	Принадлежность к осям	Имя системы	Код вида работ	КЖ	АС	ИОС
1	-	-	-	-	-	-	35-40 дней	невозможно	невозможно
2	+	-	-	-	-	-	25-30 дней	невозможно	невозможно
3	+	+	-	-	-	-	20-25 дней	25-30 дней	невозможно
4	+	+	+	-	-	-	15-20 дней	20-25 дней	50-70 дней
5	+	+	+	+	-	-	10-15 дней	10-15 дней	30-40 дней
6	+	+	+	+	+	-	10-15 дней	10-15 дней	20-25 дней
7	+	+	+	+	+	+	8-10 дней	8-10 дней	15-20 дней

#### Примечание:

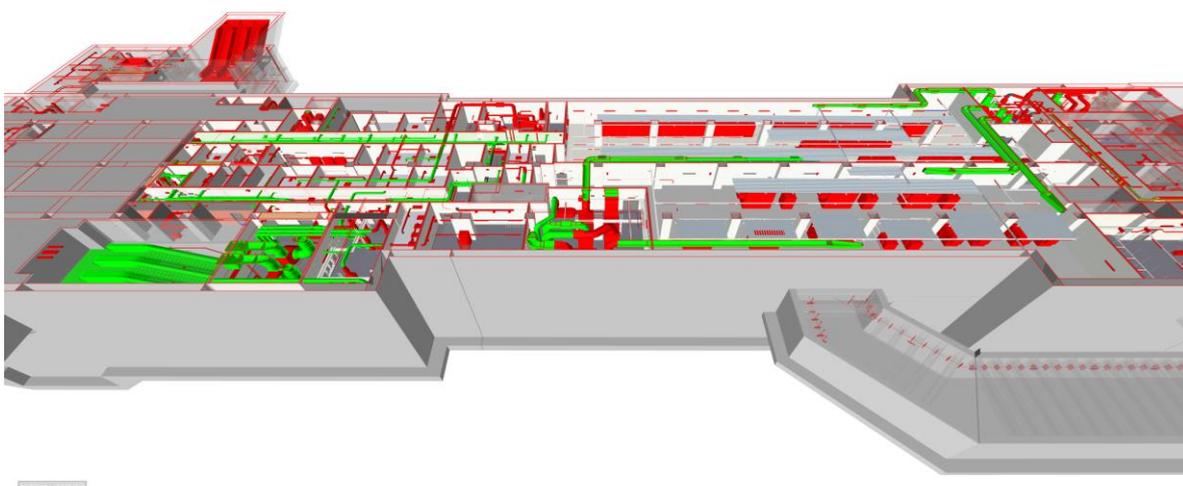
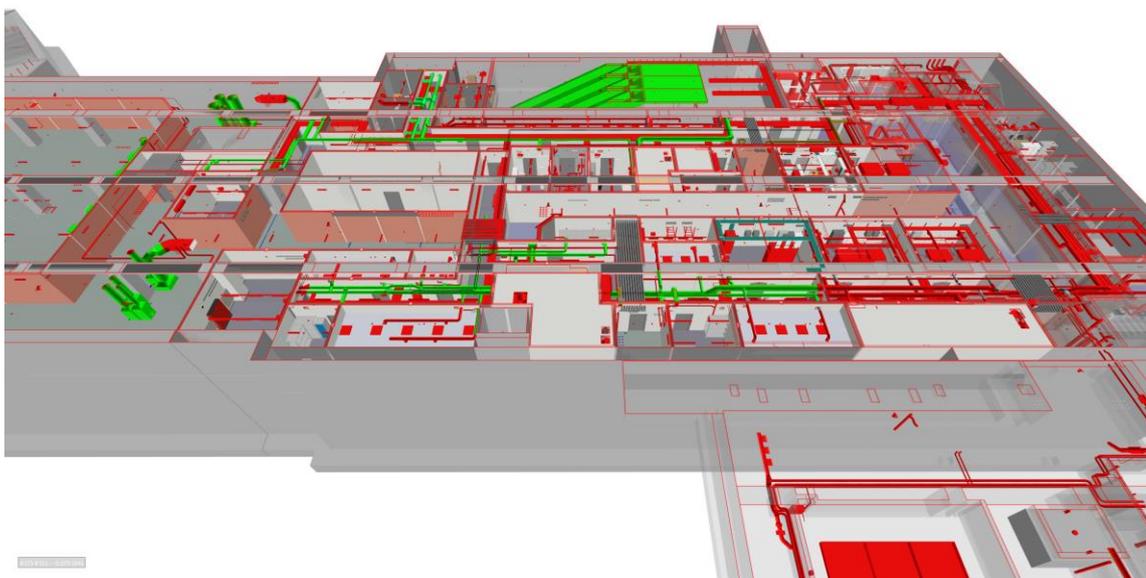
3. Сроки указаны с учетом полного наличия параметров в КСГ: Шифр РД, уровень, принадлежность к осям, код вида работ.

4. Сроки указаны для станционных комплексов, для других объектов сроки могут быть изменены.

5. При добавлении новых уровней детализации графика сроки разработки 4D-модели увеличиваются.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Н

### ПРИМЕР ОЦЕНКИ СРОКОВ СОЗДАНИЯ 4D-МОДЕЛИ. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



## ПРИЛОЖЕНИЕ О

### ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛАССИФИКАТОРОВ И IFC4

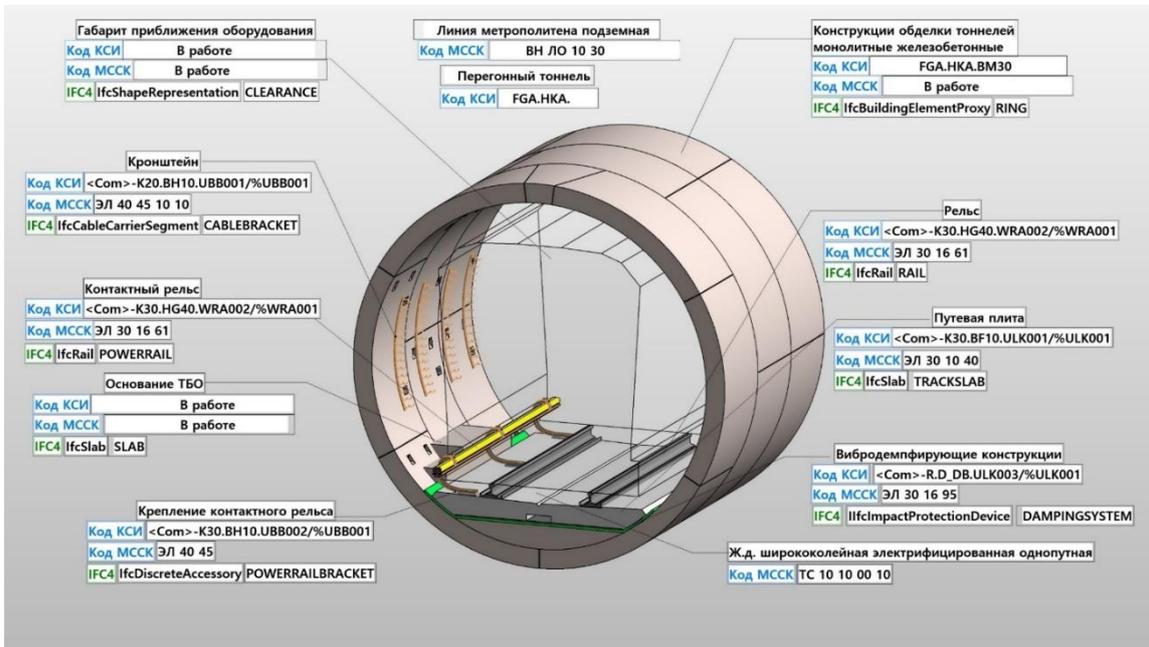


Рис. О.1 Пример использования классификаторов МССК и КСИ совмещенный с назначением категорий IFC4

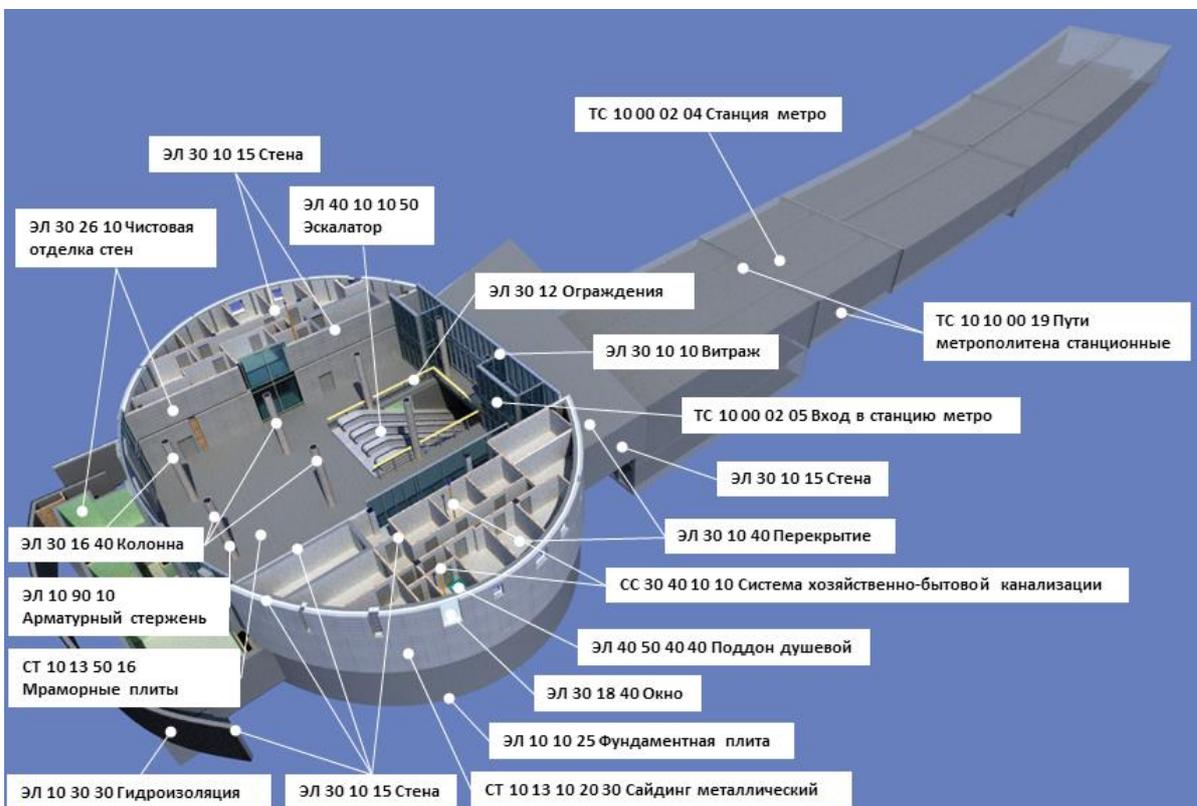


Рис. О.2 Пример кодирования элементов ПСТН г. Москвы кодами МССК

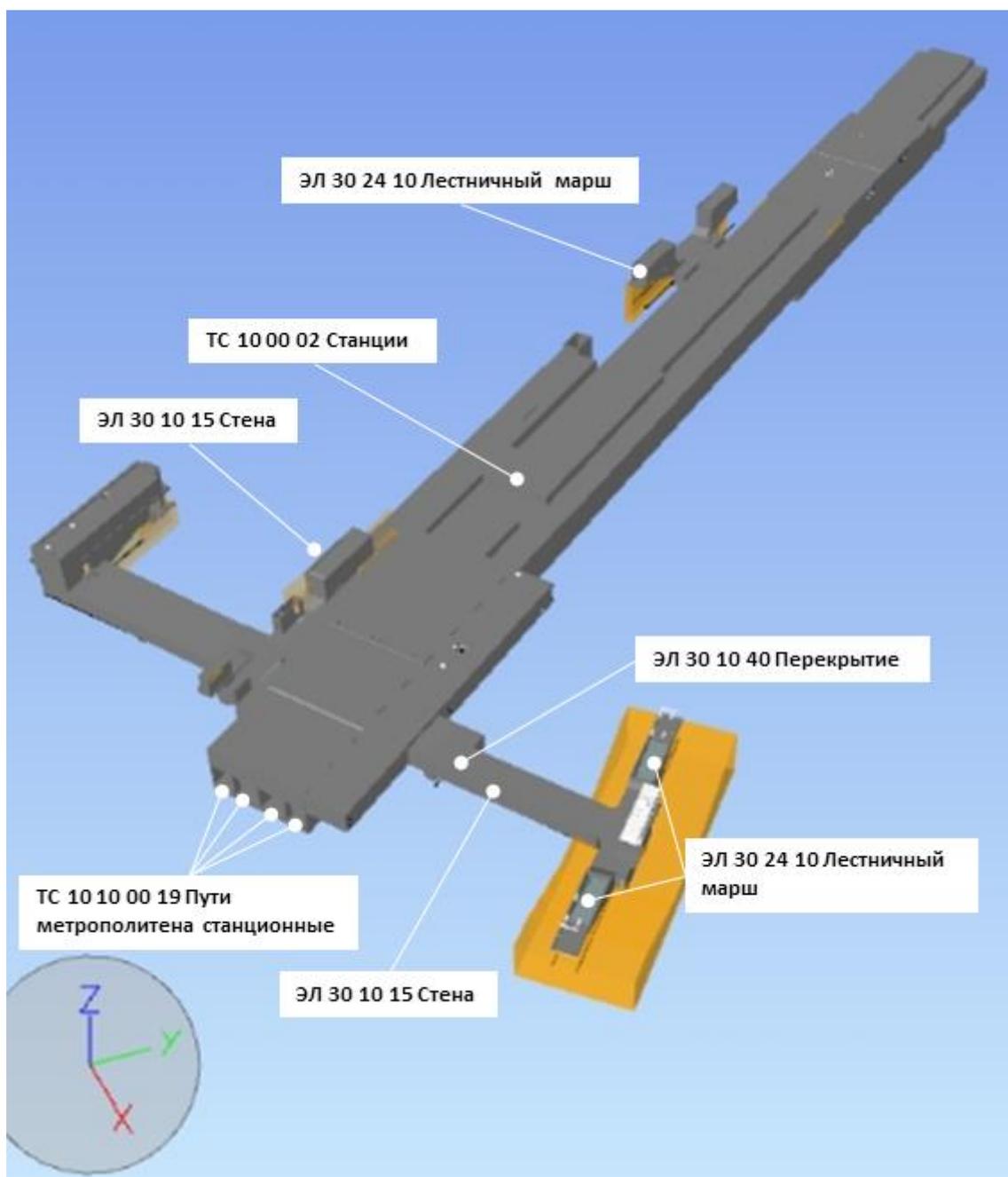


Рис. О.3 Пример кодирования элементов ПСТН г. Москвы кодами МССК

## ПРИЛОЖЕНИЕ П

### СОПОСТАВЛЕНИЯ АТРИБУТОВ, КЛАССОВ ИГС И ЗНАЧЕНИЙ КЛАССИФИКАТОРОВ КСИ И МССК

*Таблица П.1. Основные атрибуты.*

<b>Требуемые атрибуты для ИЦММ</b>	
1.	Тип точки (слой)
2.	Наименование точки съемки
3.	Высотная отметка точки
4.	Длина линейного объекта
5.	Площадь участка
6.	Тип участка
<b>Требуемые атрибуты для ЦИМ стадии П</b>	
7.	Единица измерения массы/объема/площади/длины/количества
8.	Обозначение (ГОСТ)
9.	Описание
10.	Идентификатор раздела документации
11.	Идентификатор и наименование инженерных систем (функциональная декомпозиция)
12.	Идентификатор и наименование зоны WBS (два параметра)
13.	Марка элемента
14.	Уровень (высотная отметка)
15.	Код КСИ
16.	Код МССК
17.	Код материала (по КСИ)
18.	Масса
19.	Класс пожарной опасности конструкции
20.	Тип по восприятию нагрузки (несущ/не несущ)
<b>Требуемые атрибуты для ЦИМ стадии Р (включая пункты 1-11)</b>	
21.	Позиционное обозначение (тег)

22.	Шифр РД
23.	Идентификатор и наименование линии/участка (например, номер линии для трубопровода или код кабеля/тЭГ клеммной коробки, крана, манометра и т.п.)
24.	Идентификатор и наименование инженерных систем (функциональная декомпозиция)
25.	Код КСМ
26.	Стадия возведения/сноса
27.	Код дисциплины
28.	Наименование дисциплины
29.	Код вида работ
30.	Наименование вида работы
31.	Код операции
32.	Наименование операции
33.	Идентификатор участка работ
34.	Наименование участка работ
35.	Идентификатор вида работ
36.	Наименование вида работ
37.	Идентификатор пакета работ
38.	Наименование пакета работ

Таблица П.2. Соответствие элементов ПСТН классам и типам классов IFC

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
<b>ПЕРЕГОН</b>						
	Сооружение перегонного тоннеля			ВН ЛО 10 30/ НКА		
	Кольцо обделки ЖБ	IfcBuildingSystem		ЭЛ 30 16 30 / ВМ30		
	Тюбинг			GEA040/		
Контроль прохода/проезда	Шлагбаум	IfcDoor	IfcDoorTypeEnum.BOOM_BARRIER			
	Турникет		IfcDoorTypeEnum.TURNSTILE			
Столб	Стойка / Столб	IfcMember	IfcMemberTypeEnum.POST			
Плита	Путевая плита / Путевой бетон	IfcSlab	IfcSlabTypeEnum.TRACKSLAB			
Рельсы	Остряк	IfcRail	IfcRailTypeEnum.BLADE			
	Контррельс		IfcRailTypeEnum.CHECKRAIL			
	Охранный контррельс		IfcRailTypeEnum.GUARDRAIL			
	Зубчатый рельс		IfcRailTypeEnum.RACKRAIL			
	Рельс, путевой рельс		IfcRailTypeEnum.RAIL			
	Рамный рельс		IfcRailTypeEnum.STOCKRAIL			
Элементы пути	Путевой автостоп	IfcTrackElement	IfcTrackElementTypeEnum.BLOCKINGDEVICE			
	Башмак		IfcTrackElementTypeEnum.DERAILER			
	Сердечник (крестовины)		IfcTrackElementTypeEnum.FROG			
	Комплект рамного рельса с остряком и креплением		IfcTrackElementTypeEnum.HALF_SET_OF_BLADES			
	Шпала		IfcTrackElementTypeEnum.SLEEPER			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Вагонный замедлитель		IfcTrackElementTypeEnum.SPEEDREGULATOR			
	Предельный столбик, предельная рейка		IfcTrackElementTypeEnum.TRACKENDOFALIGNMENT			
	Тупиковый упор		IfcTrackElementTypeEnum.VEHICLESTOP			
Сигнализация	Локомотивная сигнализация "крокодил"	IfcAlarm	IfcAlarmTypeEnum.RAILWAYCROCODILE			
	Железнодорожная петарда		IfcAlarmTypeEnum.RAILWAYDETONATOR			
Аудио-видео связь	Телефон	IfcAudioVisualAppliance	IfcAudioVisualApplianceTypeEnum.TELEPHONE			
	Телефон тоннельной связи		TRACKSIDE_TELEPHONE			
	Тоннельный телефон экстренной связи		TUNNEL_EMERGENCY_TELEPHONE			
	Переговорное устройство		IfcAudioVisualApplianceTypeEnum.RAILWAY_COMMUNICATION_TERMINAL			
Элементы кабеленесущих систем	Кабельный кронштейн	IfcCableCarrierSegment	IfcCableCarrierSegmentTypeEnum.CABLEBRACKET			
	Продольно-несущий трос		IfcCableCarrierSegmentTypeEnum.CATENARYWIRE			
	Труба электротехническая		IfcCableCarrierSegmentTypeEnum.CONDUITSEGMENT			
	Струна		IfcCableCarrierSegmentTypeEnum.DROPPER			
Кабельные соединения	Разветвительная кабельная сборка	IfcCableFitting	IfcCableFittingTypeEnum.FANOUT			
	Клемник		IfcCableFittingTypeEnum.JUNCTION			
	Соединитель кабельный		IfcCableFittingTypeEnum.CONNECTOR			
	Переход кабельный		IfcCableFittingTypeEnum.TRANSITION			
Участки кабельной линии	Контактный провод	IfcCableSegment	IfcCableSegmentTypeEnum.CONTACTWIRESEGMENT			
	Оптическое волокно		IfcCableSegmentTypeEnum.FIBERSEGMENT			
	Оптический модуль		IfcCableSegmentTypeEnum.FIBERTUBE			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Оптоволоконный кабель		IfcCableSegmentTypeEnum.OPTICALCABLESEGMENT			
	Усиливающий провод		IfcCableSegmentTypeEnum.STITCHWIRE			
	Медная пара		IfcCableSegmentTypeEnum.WIREPAIRSEGMENT			
Передача данных	Антенна	IfcCommunication sAppliance	IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.ANTENNA			
	Автомат		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.AUTOMATON			
	Компьютер		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.COMPUTER			
	Периферийное оборудование		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.INTELLIGENT_PERIPHERAL			
	Сетевое оборудование		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.IP_NETWORK_EQUIPMENT			
	Модем		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.MODEM			
	Сетевой концентратор, хаб		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.NETWORKHUB			
	Устройство оптической сети		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.OPTICAL_NETWORK_UNIT			
	Телеуправление		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.TELECOMMAND			
	Телефонная станция, коммутатор		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.TELEPHONYEXCHANGE			
	Преобразователь сигнала		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.TRANSITIONCOMPONENT			
	Транспондер		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.TRANSPONDER			
	Оборудование сети передачи данных		IfcCommunicationsApplianceTypeEnum.TRANSPORT EQUIPMENT			
Контроллер	Плавающий	IfcController	IfcControllerTypeEnum.FLOATING			
	Программируемый		IfcControllerTypeEnum.PROGRAMMABLE			
	Пропорциональный		IfcControllerTypeEnum.PROPORTIONAL			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Многопозиционный		IfcControllerTypeEnum.MULTIPOSITION			
	Двухпозиционный		IfcControllerTypeEnum.TWOPOSITION			
Электрический распределительный щит	Распределительная коробка	IfcElectricDistributionBoard	IfcElectricDistributionBoardTypeEnum.CONSUME RUNIT			
	Распределительный щит		IfcElectricDistributionBoardTypeEnum.DISTRIBUTIONBOARD			
	Щит управления электродвигателями		IfcElectricDistributionBoardTypeEnum.MOTORCONTROLCENTRE			
	Коммутатор		IfcElectricDistributionBoardTypeEnum.SWITCHBOARD			
Распределительный щит	Распределительная коробка	IfcDistributionBoard	IfcDistributionBoardTypeEnum.CONSUMERUNIT			
	Распределительный щит		IfcDistributionBoardTypeEnum.DISTRIBUTIONBOARD			
	Распределительная рама		IfcDistributionBoardTypeEnum.DISTRIBUTIONFRAME			
	Щит управления электродвигателями		IfcDistributionBoardTypeEnum.MOTORCONTROLCENTRE			
	Коммутатор		IfcDistributionBoardTypeEnum.SWITCHBOARD			
Накопитель заряда	Конденсатор	IfcElectricFlowStorageDevice	IfcElectricFlowStorageDeviceTypeEnum.CAPACITOR			
	Компенсатор		IfcElectricFlowStorageDeviceTypeEnum.COMPENSATOR			
	Индуктор		IfcElectricFlowStorageDeviceTypeEnum.INDUCTOR			
	Зарядное устройство		IfcElectricFlowStorageDeviceTypeEnum.RECHARGER			
Фильтр сети	Сетевой фильтр	IfcElectricFlowTreatmentDevice	IfcElectricFlowTreatmentDeviceTypeEnum.ELECTRONICFILTER			
КИП	Индикатор	IfcFlowInstrument	IfcFlowInstrumentTypeEnum.COMBINED			
	Вольтметр		IfcFlowInstrumentTypeEnum.VOLTMETER			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
Теплообменник	Обогреватель стрелочного перевода	IfcHeatExchanger	IfcHeatExchangerTypeEnum.TURNOUTHEATING			
Мобильная связь	Точка доступа	IfcMobileTelecommunicationsAppliance	IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.ACCESSPOINT			
	Блок обработки базовых частот		IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.BASEBANDUNIT			
	Базовая станция сети		IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.BASETRANSCEIVERSTATION			
	Узел В E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)		IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.E_UTRAN_NODE_B			
	Главный блок ретранслятора		IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.MASTERUNIT			
	Выносной радиомодуль		IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.REMOTE_RADIO_UNIT			
	Приемо-передающий модуль		IfcMobileTelecommunicationsApplianceTypeEnum.REMOTEUNIT			
Розетка	Коммутационная розетка	IfcOutlet	IfcOutletTypeEnum.COMMUNICATIONSOUTLET			
	Электрическая розетка		IfcOutletTypeEnum.POWEROUTLET			
Устройства защиты	Устройство обнаружения дугового разряда	IfcProtectiveDevice	IfcProtectiveDeviceTypeEnum.ANTI_ARCING_DEVICE			
	Разрядник		IfcProtectiveDeviceTypeEnum.SPARKGAP			
	Регулятор напряжения		IfcProtectiveDeviceTypeEnum.VOLTAGELIMITER			
Датчик	Датчик землетрясения	IfcSensor	IfcSensorTypeEnum.EARTHQUAKESENSOR			
	Датчик падения посторонних предметов на несущий трос и/или контактный провод		IfcSensorTypeEnum.FOREIGNOBJECTDETECTIONSENSOR			
	Датчик обнаружения объектов		IfcSensorTypeEnum.OBSTACLESENSOR			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты	
				КСИ	МССК		
	Датчик дождя		IfcSensorTypeEnum.RAINSENSOR				
	Датчик высоты снежного покрова		IfcSensorTypeEnum.SNOWDEPTHSENSOR				
	Датчик прохода поезда		IfcSensorTypeEnum.TRAINSENSOR				
	Датчик положения остряка стрелки		IfcSensorTypeEnum.TURNOUTCLOSURESENSOR				
	Датчик колёсной пары		IfcSensorTypeEnum.WHEELSENSOR				
Сигнал	Визуальный сигнал	IfcSignal	IfcSignalTypeEnum.VISUAL				
	Звуковой сигнал		IfcSignalTypeEnum.AUDIO				
	Комбинированный сигнал		IfcSignalTypeEnum.MIXED				
	Пользовательский тип		IfcSignalTypeEnum.USERDEFINED				
	Неопределённый тип		IfcSignalTypeEnum.NOTDEFINED				
Переключатель	Реле	IfcSwitchingDevice	IfcSwitchingDeviceTypeEnum.RELAY				
	Пост кнопочный		IfcSwitchingDeviceTypeEnum.START_AND_STOP_EQUIPMENT				
Емкость	Поддон для сбора масла	IfcTank	IfcTankTypeEnum.OILRETENTIONTRAY				
Трансформатор	Преобразователь постоянного тока	IfcTransformer	IfcTransformerTypeEnum.CHOPPER				
	Трансформатор комбинированный		IfcTransformerTypeEnum.COMBINED				
	Автотрансформатор		PEnum_VolategAndCurrentTransformerType				
	Вспомогательный трансформатор						
	Тяговый трансформатор						
	Разделительный трансформатор						

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Вольтодобавочный трансформатор					
Унитарный контроллер	Комбинированный контроллер	IfcUnitaryControlElement	IfcUnitaryControlElementTypeEnum.COMBINED			
	Контрольный щит		IfcUnitaryControlElementTypeEnum.CONTROLPANEL			
Сборочная единица	Мачта	IfcElementAssembly	IfcElementAssemblyTypeEnum.MAST			
	Сетка		IfcElementAssemblyTypeEnum.GRID			
	Укрытие		IfcElementAssemblyTypeEnum.SHELTER			
	Опора линии передачи		IfcElementAssemblyTypeEnum.SUPPORTINGASSEMBLY			
	Подвеска		IfcElementAssemblyTypeEnum.SUSPENSIONASSEMBLY			
	Сборка переключения тяги		IfcElementAssemblyTypeEnum.TRACTION_SWITCHING_ASSEMBLY			
	Рельсошпальная решётка		IfcElementAssemblyTypeEnum.TRACKPANEL			
	Участок стрелочного перевода		IfcElementAssemblyTypeEnum.TURNOUTPANEL			
	Уравнительный прибор, лафет		IfcElementAssemblyTypeEnum.DILATATIONPANEL			
	Комплекс управления торможением поезда		IfcElementAssemblyTypeEnum.RAIL_MECHANICAL_EQUIPMENT_ASSEMBLY			
Деталь сборочной единицы	Противоприсадное устройство, птицевозное устройство	IfcDiscreteAccessory	IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.BIRDPROTECTION			
	Кабельный организатор		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.CABLEARRANGER			
	Изолятор		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.INSULATOR			
	Замок		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.LOCK			
	Замок переводного механизма		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.POINT_MACHINE_LOCKING_DEVICE			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Переводная тяга		IfcDiscreteAccessory.POINTMACHINEMOUNTINGDEVICE			
	Компенсатор натяжения проводов		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.TENSIONINGEQUIPMENT			
	Подрельсовая прокладка		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.RAILPAD			
	Стрелочная подкладка скольжения		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.SLIDINGCHAIR			
	Усиление участка		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.PANEL_STRENGTHENING			
	Связь рельсовая		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.RAILBRACE			
	Упругая подушка		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.ELASTIC_CUSHION			
	Вибродемпфирующая накладка на шейку рельса		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.SOUNDABSORPTION			
	Стационарный путевой рельсосмазыватель		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.RAIL_LUBRICATION			
	Путевое механическое устройство контроля за движением поезда		IfcDiscreteAccessoryTypeEnum.RAIL_MECHANICAL_EQUIPMENT			
Соединение	Сварной шов	IfcFastener	IfcFastenerTypeEnum.WELD			
Устройство защиты	Тупиковый упор	IfcImpactProtectionDevice	IfcImpactProtectionDeviceTypeEnum.BUMPER			
	Подрельсовая упругая прокладка		IfcImpactProtectionDeviceTypeEnum.DAMPINGSYSTEM			
	Отбойник		IfcImpactProtectionDeviceTypeEnum.FENDER			
	Энергопоглощающее ограждение		IfcImpactProtectionDeviceTypeEnum.CRASHCUSHION			
Механическое соединение	Стыковое скрепление рельсов	IfcMechanicalFastener	IfcMechanicalFastenerTypeEnum.RAILJOINT			
	Промежуточное скрепление рельсов		IfcMechanicalFastenerTypeEnum.RAILFASTENING			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
Знаки	Маркер	IfcSign	IfcSignTypeEnum.MARKER			
	Графический знак		IfcSignTypeEnum.PICTORAL			
	Зеркало		IfcSignTypeEnum.MIRROR			
	Пользовательский тип		IfcSignTypeEnum.USERDEFINED			
	Неопределенный тип		IfcSignTypeEnum.NOTDEFINED			
Элемент мебели	Монтажный шкаф	IfcFurnishingElement	IfcFurnitureTypeEnum.TECHNICALCABINET			
	Блочный каркас		IfcSystemFurnitureElementTypeEnum.SUBRACK			
Земляные работы. Выемка грунта.	Выемка грунта под фундамент	IfcEarthworksCut	IfcEarthworksCutTypeEnum.BASE_EXCAVATION			
	Дренаж		IfcEarthworksCutTypeEnum.DREDGING			
	Дополнительная выемка грунта		IfcEarthworksCutTypeEnum.OVEREXCAVATION			
	Траншея		IfcEarthworksCutTypeEnum.TRENCH			
	Снятие плодородного слоя почвы		IfcEarthworksCutTypeEnum.TOPSOILREMOVAL			
	Выемка грунта		IfcEarthworksCutTypeEnum.EXCAVATION			
	Ступенчатая выемка грунта		IfcEarthworksCutTypeEnum.STEPEXCAVATION			
	Выемка		IfcEarthworksCutTypeEnum.CUT			
	Снятие слоя дорожной одежды		IfcEarthworksCutTypeEnum.PAVEMENTMILLING			
Земляные работы. Насыпь грунта.	Переходное сечение (берма)	IfcEarthworksFill	IfcEarthworksFillTypeEnum.TRANSITIONSECTION			
	Основание земляного полотна		IfcEarthworksFillTypeEnum.SUBGRADEBED			
	Насыпь, вал, грунтовая/армогрунтовая подпорная стенка		IfcEarthworksFillTypeEnum.EMBANKMENT			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Земляное полотно		IfcEarthworksFillTypeEnum.SUBGRADE			
	Откос		IfcEarthworksFillTypeEnum.SLOPEFILL			
	Упорная призма, контрбанкет		IfcEarthworksFillTypeEnum.COUNTERWEIGHT			
	Обратная засыпка		IfcEarthworksFillTypeEnum.BACKFILL			
Элемент территории	Территория	IfcGeographicElement	IfcGeographicElementTypeEnum.TERRAIN			
	Местоположение шурфа		IfcGeographicElementTypeEnum.SOIL_BORING_POINT			
	Пользовательский тип		IfcGeographicElementTypeEnum.USERDEFINED			
	Неопределенный тип		IfcGeographicElementTypeEnum.NOTDEFINED			
Укрепление грунта	Трамбовка	IfcReinforcedSoil	IfcReinforcedSoilTypeEnum.DYNAMICALLYCOMPACTED			
	Инъекционный метод		IfcReinforcedSoilTypeEnum.GROUTED			
	Замена грунтовой подушки		IfcReinforcedSoilTypeEnum.REPLACED			
	Укатка		IfcReinforcedSoilTypeEnum.ROLLERCOMPACTED			
	Предварительное обжатие грунтов		IfcReinforcedSoilTypeEnum.SURCHARGEPRELOADED			
	Вертикальный дренаж грунта		IfcReinforcedSoilTypeEnum.VERTICALLYDRAINED			
Дорожная одежда	Укрепление откосов	IfcCourse	IfcCourseTypeEnum.ARMOUR			
	Фильтрующий слой		IfcCourseTypeEnum.FILTER			
	Балластный слой		IfcCourseTypeEnum.BALLASTBED			
	Основной слой дорожной одежды		IfcCourseTypeEnum.CORE			
	Покрытие дороги		IfcCourseTypeEnum.PAVEMENT			
	Защитный слой		IfcCourseTypeEnum.PROTECTION			

Группа	Элемент	Класс IFC (IfcEntity)	Тип класса IFC (IfcEnumeration)	Классификатор		Основные атрибуты
				КСИ	МССК	
	Пользовательский тип		IfcCourseTypeEnum.USERDEFINED			
	Неопределенный тип		IfcCourseTypeEnum.NOTDEFINED			
Бордюры	Бордюры	IfcKerb	IfcKerbType			
Элементы крепления котлована	Шпунт	IfcWall	IfcWallTypeEnum.SHEAR			
	Свая	IfcColumn	IfcColumnTypeEnum.PILE			

## Приложение Р

### Анализ отечественного программного обеспечения для реализации цифровой информационной модели

Критерии	NanoCad	Renga	НЕОЛАНТ Сервис	Топоматик	Технология Credo	Sarex	Malinin Soft	Scad Office
Назначение ПО	ВМ ПО	ВМ ПО	ВМ ПО	ВМ ПО (линейные)	ВМ ПО (линейные)	Мониторинг и аналитика	Расчетное ПО	Расчетное ПО
Краткое описание ПО. Особенности	Это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей: СПДС, Механика, Топоплан, 3D, Растр, Организация	Renga – российская ВМ-система для комплексного проектирования с необходимой функциональностью, интуитивно-понятным интерфейсом и доступной стоимостью. Вся документация, создаваемая в программе, соответствует используемой в России нормативно-технической документации. Созданная информационная модель объекта строительства используется на всем его ЖЦ	Polinom – российский ВМ-инструмент для создания и актуализации информационных моделей сложных технологических объектов на всех этапах ЖЦ: проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции	Топоматик Robur Топоматик Robur – Изыскания Топоматик Robur – Автомобильные дороги. Топоматик Robur – Железные дороги Топоматик Robur – Дорожная одежда Топоматик Robur – Искусственные сооружения Инспектор проектов Топоматик Robur Топоматик Robur Инженерные сети	Применение комплекса КРЕДО позволяет создать единую технологическую цепочку для решения различных инженерных задач в области геодезии, геологии, транспортного строительства, маркшейдерского обеспечения работ, землеустройства, создания генеральных и дежурных планов, ведения сметной документации	Платформа предназначена для непрерывного мониторинга и формирования прогнозной аналитики по ключевым показателям инвестиционных проектов, а также данные управления проектом, такие как календарно-сетевые графики и проектная документация. Создание 3D моделей при помощи аэрофотосъемки с последующей фотограмметрической обработкой, а также лазерного сканирования	Программное обеспечение Malinin soft для расчета различных видов подземных сооружений включает модули: GeoWall – Расчёт ограждения котлованов, Alterra – Конечно-элементная программа для геотехнических расчётов, GeoPlate – Расчёт осадки плитных фундаментов, насыпей. GeoStab – Расчёт устойчивости откосов и котлованов. GeoPile – Расчёт несущей способности свай по грунту. GeoPlug – расчёт противofильтрационных завес. GeoBook – интерактивный справочник по нормативным документам	В состав ПО включены производительный вычислительный комплекс SCAD, а также дополнительные компоненты, способствующие решению задач по проектированию конструкций, выполненных из железобетона и стали

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Принадлежность к разделу проекта	КР, ВК, ОВ, ЭМ, ЭО, ЭН, ОПС, СКС	АР, КР, ОВ, ВК, ЭОМ, ЭО	АР, КР, ОВ, ВК, ЭОМ, ЭО	ТР, ВСП, ВК, СС	ГП, АД, АР	Все разделы	ГТ	КЖ, КЖИ, КМ, КМД, ГТ
Организация работы между разделами	Проведение совместной работы при помощи ПО CadLib Веб-сервер (CSoft Development) в режиме реального времени. Все подгружаемые файлы хранятся в отдельных папках в формате dwg	Единая модель для всех разделов	Единая модель для всех разделов	Совместная работа нескольких отделов в рамках единого хранилища проектов Robur в формате среды общих данных (СОД)	Имеет 35 модулей для разных направлений деятельности. Импортируется	На основе подгруженной BIM-модели проставляются статусы элементов, добавляются фото- и видеоматериалы. Далее идет оповещение ответственных лиц и выдача предписаний, если требуется	Имеет модули для разного вида расчетов, импорт геометрии из AutoCad, импорт расчётной модели из модуля в модуль. Графические отчеты в форматах MS Word, Excel	SCAD обеспечивает обмен данными с другими программами

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Удобство Интерфейса	Есть возможность выбора между классическим интерфейсом и современным (ленточным). Можно легко ориентироваться в выборе инструментари я	Интерфейс понятен, однако имеет существенные отличия в сравнении с привычными ПО от Autodesk. Для пользователя потребуется небольшой период для адаптации к новому представлению рабочего пространства Renga	Интерфейс сложный. Для примерного понимания: представляет гибри д AutoCAD и Revit	Все команды, помимо стандартного меню, представлены в виде интуитивно понятного ленточного интерфейса	<b>Интерфейс устаревший и не очень понятный.</b> Для пользователя потребуется некоторый период для адаптации в этой программе	Интерфейс удобный, интуитивно понятный. Небольшое число функций для пользователя	Простота и удобство интерфейса, есть подробная справка по работе с вкладками	Простота и удобство интерфейса. Программа снабжена подробной справочной информацией, которая включает описание пользовательского интерфейса и правил работы с программой
Удобство работы с моделями	У NanoCAD нет отдельного модуля для раздела АР, в остальных случаях возможна работа в отдельных модулях с подобранным набором инструментов	Renga удобна в использовании при работе с большими объектами, так как оптимизирована часть графического отображения модели, существенно уменьшая торможения при работе с проектом	<b>Для разделов АР и КР работа с моделью очень затруднительна.</b> Для разделов ОИС приемлемая, однако отсутствует возможность автоматической трассировки систем и автоматической расстановки фитингов	Работать с несколькими окнами (мозаичное расположение) . Модель можно разбить на участки, чтобы с ними работали отдельные исполнители, эти участки будут автоматически стыковаться	Credo состоит из большого числа модулей, каждый из которых отвечает за небольшую часть проекта. Например, Credo съезды и Credo организация движения – это дополнения в Credo дороги. Из-за того, что каждая программа отвечает за небольшой фрагмент, работать удобно	Пользователь вручную должен определять ограничения, ведется проработка словарей автоматического назначения ограничений на основе технической документации. Работа в ПО осуществляется через web-интерфейс, есть возможность экспорта измерений	Удобное использование, определена структура (аналог диспетчера проекта), окно свойств и пространство модели, инструменты распределены по вкладкам	Можно импортировать геометрию из других ПО и дорабатывать в программе, можно в самой программе создавать необходимую аналитическую модель

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Сложность работы с ПО (необходимы навыки, обучение). Доступность обучающих материалов	Имеются понятные руководства пользователя и архивы с руководствами для тест-драйва, обучающие видеоматериалы. Для работы в программе требуется время на обучение	Renga хорошо понятна рядовому пользователю. Практика показывает, что пользователи Renga быстрее Revit. Имеются хорошие обучающие видеоматериалы. Проводятся обучения от Askon	Polinom сложен для работы. Имеется небольшой набор обучающего материала. НЕОЛАНТ проводит регулярные обучения по своему продукту	Требуется обучение. (у компании есть 5-дневные курсы по проектированию автомобильных дорог). Мало обучающей информации в открытом доступе	Интуитивно не очень понятно, требуется обучение или просмотр видеуроков. Есть обучающие видео, дистанционные курсы, мастер-классы, индивидуальные курсы, очно-заочные курсы. Также необходимо уметь работать сразу в нескольких программах	Проводится обучение по работе в ПО. Также компания проводит обучение управлению дронами для аэромониторинга, чтобы заказчик самостоятельно создавал облака точек объекта	Необходим навык работы с расчетными программами и специализация геотехник. <a href="https://www.geoset.pro/education">https://www.geoset.pro/education</a> Семинар проводят Павел Малинин, основатель и директор компании GeoSet.pro, сертифицированный геотехник в области струйной цементации, и Павел Струнин, главный инженер, к.т.н.	Необходим навык работы с расчётными программами, понимание процесса расчётов для контроля результата. Обучение по работе в ПО проводится
Библиотеки и возможность самостоятельной доработки/разработки элементов	Можно наполнять и сохранять параметрические элементы в библиотеку и использовать их из проекта в проект. Отсутствие библиотек, пользователю требуется разрабатывать самостоятельно (Напр., разд. Отопление)	<b>Существующая библиотека элементов для Renga на порядок меньше библиотеки Revit. Renga не позволяет создавать пользовательские элементы информационной модели.</b>  Работа в Renga происходит в единой модели для всех разделов, что требует разработки общего шаблона для всех дисциплин проектируемого объекта	Есть возможность создавать пользовательские семейства. Существующая библиотека семейств крайне мала и требует больших доработок	Есть библиотека типовых элементов, библиотека сортамента по ГОСТ, есть электронные каталоги	Все библиотеки и справочники подгружены	Отсутствует	Все библиотеки и справочники подгружены	Есть встроенный справочник инженера-проектировщика

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Возможность сетевой (групповой) работы	Проекты создаются в формате dwg. Каждый пользователь сохраняет в отдельную папку файл, над которым работает и который будет публиковать в ПО CadLib Веб-сервер. Совместная работа между файлами одного раздела осуществляется через подложки	В Renga существует возможность совместной работы в единой модели для всех дисциплин	Отсутствует информация о совместной работе	Один исполнитель редактирует, для других участников модель в режиме чтения. Есть инструменты для проставления комментариев к частям модели, постановка задач, назначение ответственных	В Credo реализована совместная параллельная работа (ничего конкретного, в найденных источниках, написано достаточно поверхностно)	Неограниченное число пользователей	В файле работает 1 человек	Теоретически есть возможность работы нескольких пользователей, если пользователи просматривают или обрабатывают результаты расчётов. Создавать модель удобно только одному, иначе появляются коллизии (пропадают нагрузки, проблемы с таблицами РСУ)

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Интеграция с другими ПО	Работа в AutoCAD в форматах *.dwg, *.dxf Для взаимодействия с Revit, Navisworks используется формат IFC	Интероперабельность Renga с ПО от разработчиков Autodesk будет очевидно ниже, так как Revit является продуктом Autodesk, а Renga таковым не является. Однако несмотря на это, Renga поддерживает большинство форматов, необходимых для экспорта и импорта чертежей, моделей, шаблонов, семейств и видов	Возможность импорта и экспорта почти всех современных форматов для работы с моделями, чертежами, семействами	Возможна подгрузка статических моделей, разработанных в других ПО через IFC. Реализован экспорт данных плана и продольного профиля в ПК ЭРА 2.0	Имеются форматы IFC, dxf, dwg, экспорт в Excel, MIF, TXF, XML, KML, KMZ, HTML, RTF, CPPGN, CPVOL, CPDRL, CPDRW, TXT (точки хуз-модели), SRTM. Поддерживается работа с растровыми файлами карт, планов, аэрофотоснимков во всех форматах (CRF, BMP, TIFF, JPEG, PNG и т.д.)	Sarex работает с входными данными BIM-объекта в формате Civil 3D, dwg, rvt (остальные нужно уточнять)	Импорт геометрии из AutoCAD в формате DXF, графический отчет с результатами расчета в формате MS Word и Excel	SCAD обеспечивает обмен данными с другими программами используя: - универсальные форматы (IFC, CIS/2, DXF, DWG); - форматы данных программ Advance Steel ANSYS, STAAD, Abacus, Femap, GMSH, NetGen; - плагины для программ Revit ArchiCAD Tekla AllPlan

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Плюсы ПО	1. Поддержка IFC4; 2. Невысокие системные требования (Renga, AutoCAD, Revit)	см. лист Renga	см. лист Polinom	1. Чертежи и спецификации хранят связь с исходными объектами через формат динамического документа. Он обновляется при изменении модели. 2. Ручная и автоматическая раскладка колодцев. 3. Динамические сечения в любом месте линейного объекта	Очень низкие системные требования (Intel i3,i5,i7. ОЗУ не менее 4 Гб, Windows 7, 8 ,10)	Контроль объемов работ за период. Контроль сроков работ. Контроль соответствия проекту. Сравнение облака точек лазерного сканирования и BIM-модели, поиск расхождений	Удобный ленточный интерфейс, техническая поддержка, встроенные справочники, наглядность расчетной схемы, расчет с разными типами ограждений, расчеты в соответствии с действующими нормами, стадийное моделирование расчетов, формирование отчетов в автоматическом режиме	1. МКЭ. Возможность формирования сложных расчетных моделей путем сборки из различных схем. 2. Автоматическая генерация произвольной сетки конечных элементов на плоскости. 3. Результаты расчета отображаются как в графической, так и в табличной форме. 4. Высокая скорость расчета. 5. Развитая библиотека конечных элементов. 6. Эффективные методы оптимизации матрицы жесткости. 7. Программ-сателлиты для проектирования узлов металлоконструкций по СНиП и ДБН. 8. Подбор арматуры в элементах ж.-б. конструкций по СНиП. 9. Программ-сателлиты по подбору сечений (составных, произвольных, эквивалентных, тонкостенных)

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Минусы ПО	<p>1. Отсутствие раздела АР (приблизительно к 2025 г.);</p> <p>2. Отсутствие возможности совместной работы для инженеров одного раздела;</p> <p>3. Для сборки единой модели необходимо использовать стороннее ПО;</p> <p>4. Тотальное прекращение работы программы при возникновении ошибок без информирования пользователя о причине</p>	см. лист Renga	см. лист Polinom	<p>1. Чертежи генерируются, нельзя через них вносить изменения</p>	<p>Большое число модулей (35), все платные и по отдельности они неполноценны. Степень прорисовки низкая</p>	<p>Периодическое сканирование объекта и аэрофотосъемки для создания обновленной 3D модели.</p> <p>Ограничения для аэромониторинга: снег, погода, растительность, нельзя проводить внутри объекта земляные работы. Высокая стоимость внедрения лазерного сканирования, более 2 млн руб.</p> <p>Элементы, расположенные под землей, алгоритм считает как не построенные, что выделяется в сводной модели соответствующим цветом</p>	<p>Не считает напряженно-деформируемое состояние системы сооружение-грунт с использованием нелинейных моделей грунта (одна из основных задач в работе ГТ МПП)</p>	<p>1. Теоретически есть возможность работы нескольких пользователей, если пользователи просматривают или обрабатывают результаты расчётов. Создавать модель удобно только одному, иначе появляются коллизии (пропадают нагрузки, проблемы с таблицами РСУ).</p> <p>2. Программа-сателлит Монолит предназначена для проектирования ж.-б. монолитных ребристых перекрытий, образованных системой плит и балок, опирающихся на колонны и(или) стены.</p> <p><b>Итог – выдача комплекта оформленных чертежей (опалубка, армирование, спецификации) формата А4, А3. В объектах метрополитена не встречается (или редко).</b></p> <p>3. Есть модуль по анализу устойчивости откосов и склонов. Крайне редкая задача. Поэтому задачи ГТ расчётов решать не может</p>

Справочно-методическое пособие «Информационное моделирование подземных сооружений транспортного назначения и использование их информационных моделей на этапе строительства в городе Москве»

<i>Критерии</i>	<i>NanoCad</i>	<i>Renga</i>	<i>НЕОЛАНТ Сервис</i>	<i>Топома-тик</i>	<i>Технология Credo</i>	<i>Sarex</i>	<i>Malinin Soft</i>	<i>Scad Office</i>
Лёгкость адаптации к специфике проектирования МПП	<b>Неприменим для раздела АР</b> , в связи с этим не может быть адаптирован к специфике проектирования МПП	<b>Неприменим к специфике работы ПСТН</b> , так как на данный момент не имеет требуемых инструментов для работы проектировщиков	<b>Неприменим для разделов АР и КР</b> . Для ОИС может быть адаптирован для работы в МПП	Подходит для ТР, возможно – ВСП, сетей связи, сетей ВК. Неприменим для АР, КР	<b>Больше подходит для ГП и АД</b>	Создание 3D-моделей такого вида больше подходит для надземного строительства	Расчет напряженно-деформированного состояния системы «основание-фундамент-сооружение», оценки прочности и устойчивости геотехнических сооружений методом конечных элементов в плоской постановке. Программные модули можно использовать только для решения части задач	Развитые графические средства формирования и корректировки геометрии расчетных схем, описания физико-механических свойств материалов, задания условий опирания и примыкания, а также нагрузок. Подбор арматуры в сечениях элементов железобетонных конструкций для стержневых и пластинчатых элементов по предельным состояниям первой и второй групп. В МПП используется для расчёта ЖБ конструкций метрополитена в КО
Возможность резервирования	Создание двух резервных копий с разными расширениями (*.original, *.bak)	Существует система резервного копирования	Существует система резервного копирования	Работа ведется в локальных файлах, затем изменения отправляются в родительский файл на сервере	Имеется	Нет. Только сохранение пользователем	Нет. Только сохранение пользователем	Нет. Только сохранение пользователем