

УДК 004.94+725

Опыт разработки цифровой информационной модели промышленных зданий

А. А. Шарафутдинова¹, М. Я. Брынь², Е. Г. Третьякова², Ж. В. Иванова²

¹ООО «Триметари Консалтинг», Российская Федерация, 195197, Санкт-Петербург, Маршала Блюхера пр., 12, корп. 7

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Шарафутдинова А. А., Брынь М. Я., Третьякова Е. Г., Иванова Ж. В. Опыт разработки цифровой информационной модели промышленных зданий // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2025. — Т. 22. — Вып. 3. — С. 776–789. DOI: 10.20295/1815-588X-2025-3-776-789

Аннотация

Цель: Показать необходимость внедрения цифровой информационной модели на всем протяжении жизненного цикла промышленных зданий. **Методы:** В настоящее время использование BIM-технологий становится обязательной составляющей на всех этапах жизненного цикла зданий различного назначения — от момента проектирования, строительства и до полного их сноса. Показать многообразие области практического применения цифровых информационных моделей. Выявить особенности подхода к вопросам, связанным с проектированием, реконструкцией, вариантами подхода к редевелопменту промышленных зданий. Выполнить анализ документов, регулирующих требования к цифровой информационной модели (ЦИМ). Рассмотреть процесс создания цифровой модели с приведением одного из вариантов реализации проекта по разработке ЦИМ для промышленного объекта. **Результаты:** Разработана методика формирования эксплуатационной ЦИМ на основе наземного лазерного сканирования, элементами которой являются архитектурные и конструктивные решения, сопутствующая техническая документация и другие материалы. **Практическая значимость:** На конкретном примере показана необходимость и целесообразность внедрения ЦИМ в проектирование, строительство и реконструкцию промышленных объектов.

Ключевые слова: Цифровая информационная модель, промышленный объект, редевелопмент, наземное лазерное сканирование, программное обеспечение Revit.

Среди объектов капитального строительства промышленные здания занимают особое место, сочетая в себе конструктивные и технологические особенности. На протяжении по меньшей мере двухсот лет сложилась типология этих объектов, появились ансамбли производственных зданий, многие из которых сегодня являются объектами культурного наследия и входят в списки памятников истории и культуры не только регионального, но и федерального значения. Являясь доминантами исторических городов, подчас зани-

мая ведущее положение в городских районах, они не должны деградировать. Однако многие из них сегодня пребывают в катастрофическом положении, нуждаясь в реконструкции и реставрации путем интеграции и социальной адаптации.

Промышленное наследие многообразно. К нему относятся: фабричные, складские здания, электростанции, мельницы, мосты и др. В последние десятилетия сложился новый прием работы с этими объектами, получивший название «редевелопмент». Он позволяет сохранять исто-

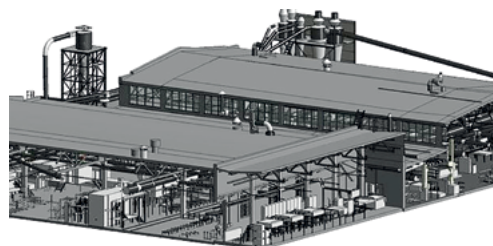
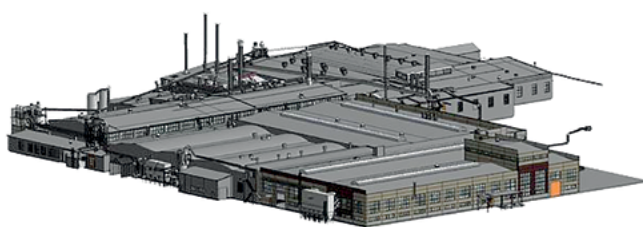


Рис. 1. Трехмерная редактируемая модель производственного корпуса фанерного комбината [6]

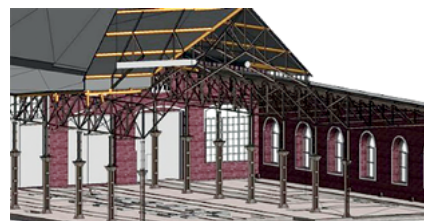
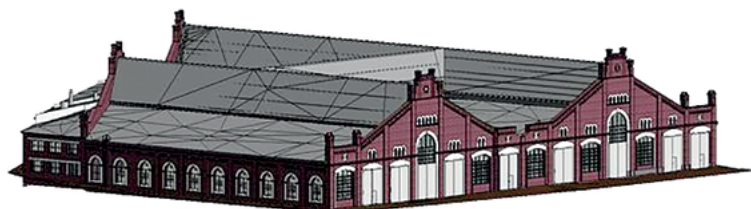


Рис. 2. Построенная BIM-модель бывшего вагоностроительного завода им. И. Е. Егорова [7]

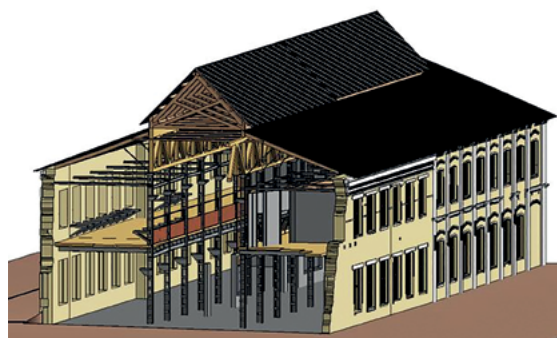
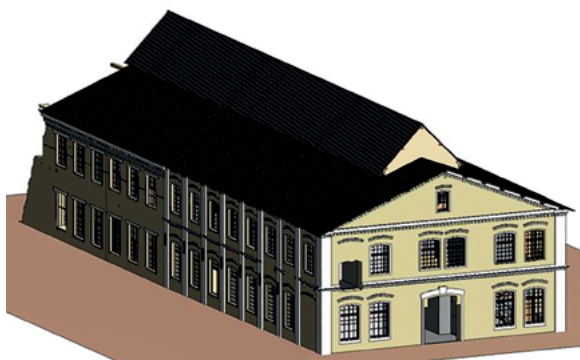


Рис. 3. Созданная на основе трехмерного лазерного сканирования 3D-модель здания токарно-механической мастерской [7]

рически значимые сооружения в рабочем состоянии и интегрировать их в социокультурную жизнь города.

Проекты по перепрофилированию промышленного наследия к современным реалиям имеют определенные особенности и отличаются от других строительных проектов. В последние годы были проведены многочисленные исследования по моделированию информации об исторических промышленных зданиях — памятниках истории и культуры [1–5]. При этом показано, что некоторые соответствующие стандарты обеспечивают основу, которая может применяться в жизненном цикле здания промышленного наследия: от стратегического планирования до предварительного проектирования, строительства, разработки,

документирования и процесса редевелопмента (рис. 1–4).

Все это позволяет констатировать, что для более безопасной реставрации промышленных зданий цифровизация с использованием информационного моделирования зданий (BIM) в настоящее время весьма актуальна.

Сегодня цифровая модель — это не просто наглядная визуализация здания с богатым набором различных данных из множества источников на всех этапах ее жизненного цикла, которая может совместно использоваться всеми заинтересованными сторонами. Это ее цифровой двойник, хранящий атрибутивную информацию о соответствующих элементах здания и его компонентах, которые должны использоваться

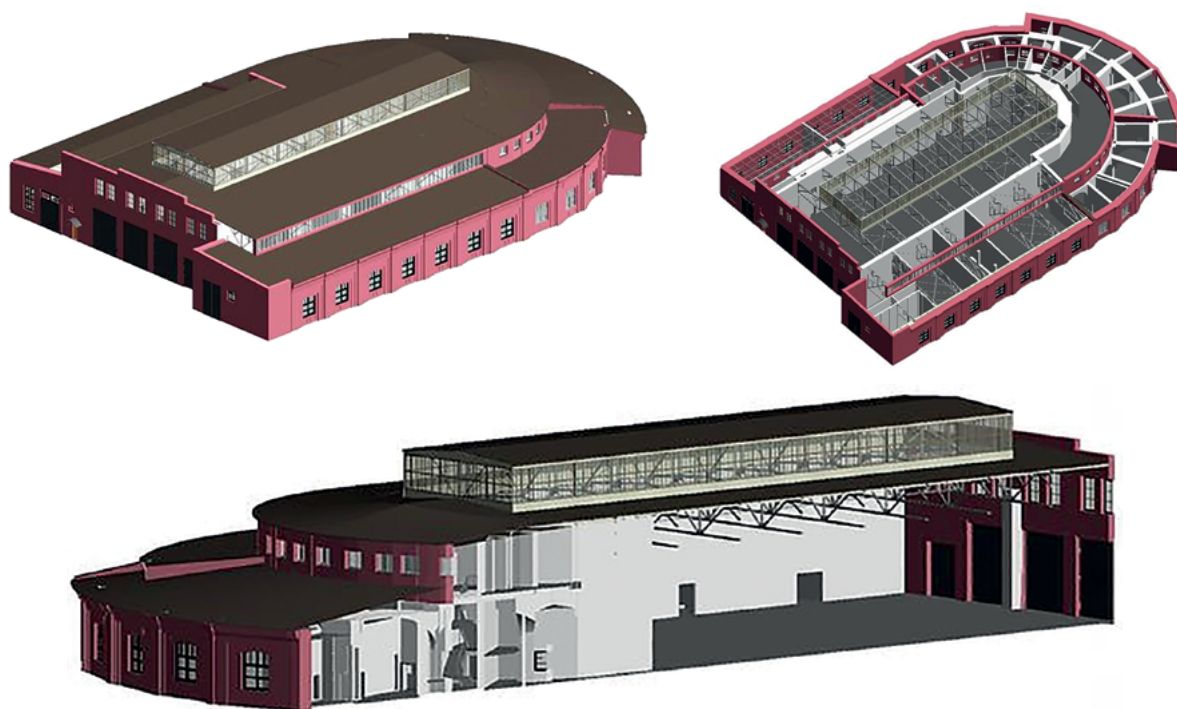


Рис. 4. Созданная трехмерная редактируемая BIM-модель здание депо Балтийского вокзала в системе AutodeskRevit [7]

и храниться в течение всего срока службы здания — от момента постройки до процесса переработки. Так, любая информация, связанная, например, с охраной труда и техникой безопасности (старые элементы, содержащие асбест, в промышленном здании; стальная конструкция с риском падения; поручни на высоте, использовавшиеся ранее, но не соответствующие современным требованиям), может быть перенесена в модель.

Невзирая на преимущества BIM технологии для использования в зданиях промышленного наследия, в последнее время большое внимание уделяется также конструктивной надежности и безопасности вновь возводимых промышленных зданий и сооружений, скорости и качеству их проектирования и строительства.

Повышению этих показателей способствует расширение использования технологии информационного моделирования за счет интеграции новых методов расчета в цифровую модель здания.

Проблемы инновационного развития строительной отрасли требуют комплексного внедрения цифровых технологий в решение различных задач в сфере производства стройматериалов, проектирования и непосредственно строительного производства.

Building Information Modeling (BIM) — это не столько инструмент проектирования, сколько средство создания и управления информацией. Сама модель представляет собой 3D-визуализацию с базой данных, цифровое описание каждого элемента построенного объекта, которое можно расширять, детализировать и усложнять.

Помимо данных о физических свойствах каждого компонента, они могут также включать информацию о строительных программах и стоимости, потребностях в обслуживании и потреблении энергии.

Добавление временного элемента в трехмерную модель превращает ее в модель 4D-BIM, что

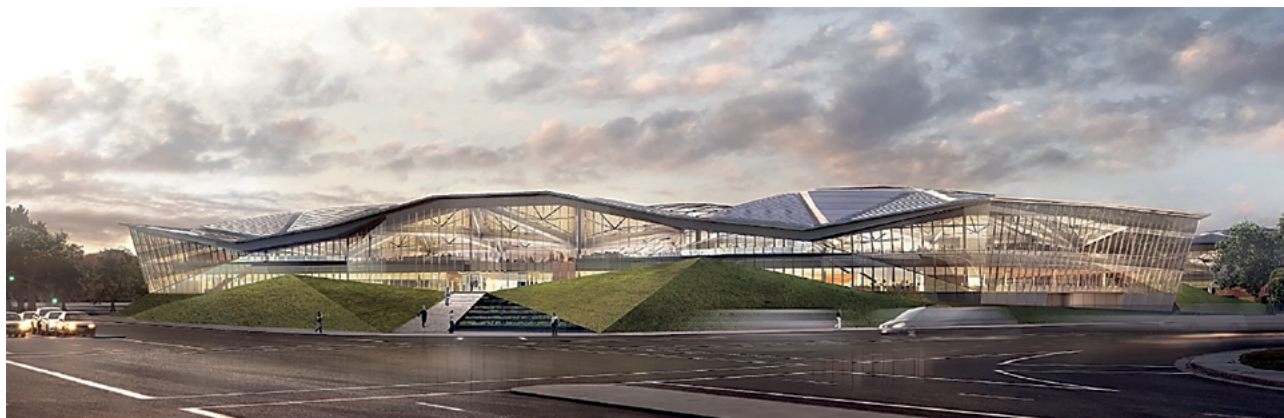


Рис. 5. Треугольная конструкция крыши кампуса Nvidia в Санта-Кларе. Смоделирована с помощью графического процессора, имитирующего реакцию материалов на изменения дневного света (<https://www.hardwareluxx.ru/index.php/news/allgemein/technology/41834-gtc17-nvidia.html>, дата обращения: 30.04.2025)

позволяет увидеть, как будет выглядеть конструкция с течением времени.

Достижения в области 3D-моделирования уже оказали глубокое влияние на форму зданий как гражданского назначения, так и промышленного, и теперь они начинают менять пользовательский опыт. Автоматизированное параметрическое проектирование — это создание цифровой модели в соответствии с серией заранее запрограммированных правил, которые автоматически генерируют определенные элементы, поэтому оно основано на внутренней логике, а не на человеческих манипуляциях. В основном параметрические правила создают отношения между различными элементами, гарантирующими, например, что стена начинается на уровне пола и достигает нижней поверхности перекрытия. Затем, если высота от пола до потолка изменяется, стена автоматически подстраивается под нее. Параметрическое проектирование также позволяет проектировать очень сложные геометрии и структуры (рис. 5), которые такие архитекторы, как Zaha Hadid, Frank Gehry и Daniel Libeskind, использовали для создания отличительных экспрессионистских форм. Эти параметры постоянно расширяются,

охватывая не только форму и структуру здания, но и менее ощутимые факторы, такие как освещение, акустика, энергоэффективность и технологические процессы.

Модели BIM в перспективе станут более интеллектуальными за счет внедрения в процесс проектирования большего количества данных, извлекаемых из подключенных к интернету датчиков. Это даст проектировщикам беспрепятственно получать доступ к показателям, связанным с использованием здания, производительностью и поведением пользователей, в то же время архивные данные по проектам, включая 3D-модели, 2D-чертежи, изображения и текст, могут быть изучены, и эти идеи могут быть перенесены в новые проекты.

С другой стороны, полученные модели зданий можно будет связать вместе, чтобы обеспечить еще более сложное моделирование застроенной среды, в том числе и промышленной. Тем самым проектировщики получают возможность в режиме реального времени видеть картину полностью запроектированного города. По мере того, как эти модели становятся шире по охвату, они становятся все более мощными инструментами, устраняя необходимость дублировать информацию обследований и обеспечивая более полное пони-

мание того, как взаимодействуют здания различного назначения.

Так, например, такие города как Лондон, Гамбург, Сингапур и Хельсинки, уже имеют в своем арсенале разработанные интеллектуальные 3D-модели городской среды, которые упрощают процесс планирования и проектирования различных объектов и инфраструктур. Эти модели можно расширять в реальном времени, добавляя поток данных по любым вопросам: от движения транспорта до эффективности зданий и качества воздуха. Таким образом, это позволит городским властям иметь возможность контролировать и настраивать системы, а застройщикам и архитекторам — проверять влияние образующихся схем на окружающую среду.

Развитие в данном направлении промышленных объектов с внедрением BIM-технологий выводит на новый уровень процесс их проектирования [8–11].

В этом контексте цифровая информационная модель (ЦИМ), а именно такой термин используется в России вместо термина BIM, становится неотъемлемым инструментом в жизненном цикле рассматриваемых объектов, способствующим более качественной и продуктивной их реализации.

В зависимости от стадии жизненного цикла промышленного объекта выделяют следующие виды ЦИМ:

- *Проектная ЦИМ* — информационная модель, создаваемая на этапе проектирования. Объединяет всю проектную документацию в едином пространстве, помогает выявлять междисциплинарные коллизии и формировать чертежи и спецификации для строительства.

- *Исполнительная ЦИМ* — информационная модель, создаваемая после строительства или реконструкции на основе исполнительной документации и лазерного сканирования. Обеспечивает актуальные данные об объекте в реальном времени для его дальнейшей эксплуатации.

- *Эксплуатационная ЦИМ* — информационная модель, разрабатываемая на основе всей проектной, конструкторской, строительной, технологической, экономической и иной информации об объекте со всеми ее взаимосвязями, а также зависимостями одного элемента от другого. Эксплуатационная ЦИМ предполагает, что объекты и все, что имеет к ним отношение, рассматриваются как единый объект. Эксплуатационная ЦИМ — не просто 3D-модель объекта, а инструмент для работы с информацией. Позволяет извлекать, обновлять данные об элементах и обеспечивать взаимодействие между отделами.

Формирование и актуализация ЦИМ обычно выполняются поэтапно — от изысканий до эксплуатации объекта. Проектирование ведется в 3D, модель обновляется на каждой стадии. На практике встречаются такие случаи:

- Проектирование нового объекта выполняется в двумерном виде, затем по окончании строительства по результатам лазерного сканирования и выпущенной рабочей и исполнительной документации создается исполнительная ЦИМ.

- Во время эксплуатации техническая документация теряется или устаревает из-за локальных ремонтов. Проект реконструкции создают по данным лазерного сканирования — либо в облаке точек, либо на основе исполнительной ЦИМ. После реконструкции модель нужно обновить.

- Проектирование нового объекта выполняется в двумерном виде, выпускается рабочая документация для строительства, затем по завершении строительства выпускается исполнительная документация, на основе которой создается исполнительная ЦИМ.

Такие примеры имеют существенные недостатки, влекущие за собой удорожание проекта и получение результирующей ЦИМ, не соответствующей реальному объекту.

Еще одна проблема ЦИМ — участие разных подрядчиков с собственными методиками и ПО.

Российская нормативно-техническая документация

- СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
- СП 331.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах.
- СП 328.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования компонентов информационной модели.
- СП 404.1325800.2018 Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования.
- СП 471.1325800.2019 Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ.
- ГОСТ Р 57310-2016 (ИСО 29481-1:2010) Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат.
- ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершённого строительства.
- ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 «Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений (ISO/TS 12911:2012)».

Зарубежная нормативно-техническая документация**Великобритания**

- BS 8536-1 Указания для проектирования и строительства. Часть 1. Свод правил для эксплуатации зданий и сооружений.
- PAS 1192-2 Спецификация для управления информацией на стадии капитального строительства с использованием информационного моделирования.
- PAS 1192-3 Спецификация для управления информацией на стадии эксплуатации объекта с использованием информационного моделирования.
- SO 19650-1:2018 Организация и оцифровка информации о зданиях и объектах гражданского строительства, включая информационное моделирование зданий (BIM). Управление информацией с использованием информационного моделирования зданий.
- AEC (UK) BIM Technology Protocol v.2.1.1. Практика применения BIM в промышленном и гражданском строительстве Великобритании.

Соединенные Штаты Америки

- Национальный BIM-Стандарт США.
- AIA E203. Представление BIM и цифровых данных.
- Определение уровней проработки.
- USACE BIM. Матрица определения требований.

Канада

- Инструкция по разработке плана исполнения BIM-Проекта.
- AEC (CAN) BIM Protocol. Практика применения BIM в промышленном и гражданском строительстве Канады.

Норвегия: Statsbygg. Руководство по BIM.**Финляндия: COBIM. Общие требования по BIM.****Новая Зеландия: New Zealand BIM Handbook. Руководство по BIM.**

Рис. 6. Нормативно-техническая документация, регламентирующая разработку ЦИМ

Это приводит к несовместимости результатов на этапах проектирования и строительства.

Несмотря на то, что в последние годы активно разрабатываются и улучшаются нормативные документы, регламентирующие требования к ЦИМ, на практике все еще существует разрозненность в понимании процесса разработки, состава ЦИМ и задач, которые возможно решить с ее применением.

Для эффективного внедрения ЦИМ нужно определить:

- задачи для решения с помощью модели;
- состав модели;
- процесс ее создания.

Основные требования к разработке ЦИМ в российской и мировой практике регламентируются документами, приведенными на рис. 6.

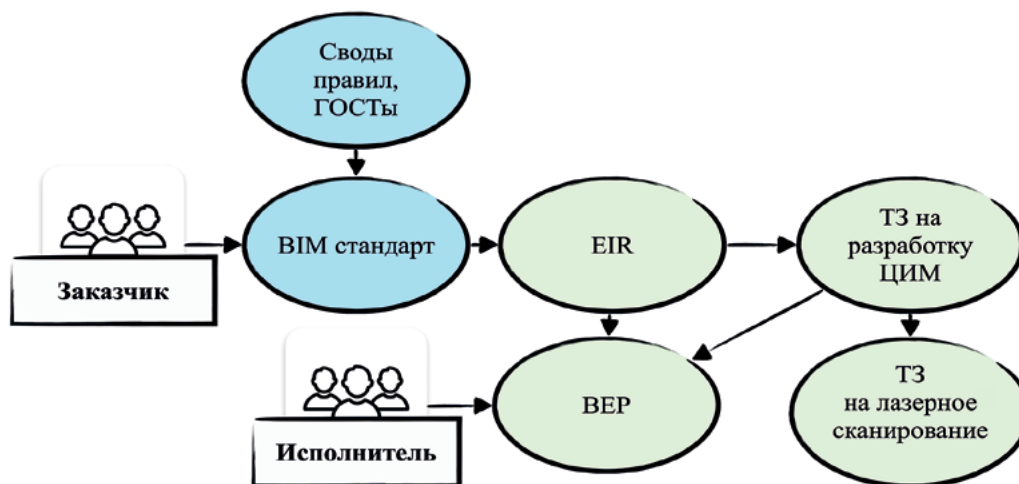


Рис. 7. Схема разработки требований к ЦИМ

На практике организации, внедряющие технологии ЦИМ, все чаще разрабатывают внутренний стандарт моделирования — ВИМ-стандарт. В нем представлены требования к процессу информационного моделирования объекта, не привязанные к конкретному проекту, а определяющие общую стратегию и регламентирующие работу участников процесса с учетом выбранного ПО. Этот документ помогает всем участникам проекта (заказчику, проектной организации, строителям, эксплуатирующим организациям) выстраивать диалог.

Учитывая уникальность каждого объекта, условия разработки ЦИМ меняются. Поэтому невозможно предъявлять единые требования для всех проектов. На практике используют подход на основе нормативно-технической документации или ВИМ-стандарта. Перед началом проектирования, строительства или ввода объекта в эксплуатацию создают детализирующие документы, которые регламентируют все этапы формирования ЦИМ (рис. 7).

Далее для полного понимания представленной на рис. 7 схемы раскроем ее элементы.

Информационные требования заказчика (Employer's information requirements, EIR) содержат детализированные технические требования к разработке ЦИМ и оформляются в виде

приложения к техническому заданию, конкретизируя и дополняя его. При этом устанавливается перечень дисциплин модели, требования к составу каждой из дисциплин и их координации (рис. 8), определяются требования к наименованию файлов и элементов модели. При разработке ЦИМ больших объектов в EIR определяются требования к разделению модели и координации файлов. Одним из важнейших разделов документа являются требования к уровню проработки модели LOD, уровню проработки информации LOI и уровню проработки точности LOA, представляющие собой таблицы категорий элементов, составляющих информационную модель, с указанием уровня проработки каждого элемента [12].

План выполнения проекта информационного моделирования (BIM Execution plan, ВЕР) служит основным протоколом совместной работы всех участников на протяжении жизненного цикла проекта. В документе утверждаются стратегии, рабочие процессы проекта, процессы создания моделей, участники проекта и совместное использование информации.

В техническом задании (ТЗ) на разработку ЦИМ устанавливаются основные цели выполнения работ и задачи, которые необходимо решить с применением результатов работ, а также детальный состав видов выполняемых работ. Здесь же



Рис. 8. Координация элементов ЦИМ

определяются требования к исполнителю работ, например требования к сотрудникам, требования к наличию опыта в определенном секторе и требования к взаимодействию заказчика и исполнителя. В техническом задании также определяются требования к программному обеспечению, в котором разрабатывается ЦИМ и требования к составу, виду и формату отчетной документации по результатам работ.

Техническое задание на выполнение лазерного сканирования определяет его границы, устанавливает систему координат, в которой должна быть выполнена съемка, определяет перечень полевых и камеральных работ, а также перечень передаваемых результатов. Важным пунктом данного документа является разработка методики лазерного сканирования и требования к точности и контролю результатов измерений. Здесь же закрепляются исходные материалы, включающие в себя координаты исходных пунктов, и определяются требования к программному обеспечению для обработки результатов измерений.

Приведем реализацию проекта по разработке ЦИМ на примере формирования эксплу-

атационной цифровой информационной модели промышленного объекта.

В качестве объектов рассмотрены два здания на территории промышленного предприятия: первое — трехэтажное офисное здание площадью 1400 м², построенное в 2020 г.; второе — промышленное здание с крупногабаритным оборудованием и трехэтажной пристройкой с офисами общей площадью 3600 м², введенное в эксплуатацию в 1980 г. Следует отметить, что оба объекта нуждались в актуализации технической документации. Так, анализируя исполнительную документацию по офисному зданию, было выявлено множество несоответствий с фактическим расположением конструкций и коммуникаций. Техническая документация по промышленному зданию практически полностью потеряла актуальность в связи с проведенными ремонтами за время эксплуатации. В связи с этим для дальнейшего управления объектами и разработки проектов реконструкции задача разработки ЦИМ являлась крайне актуальной.

Согласно техническому заданию требовалось выполнить:

1) наземное лазерное сканирование с панорамной фотосъемкой;

2) сбор технической документации об объектах;

3) разработку ЦИМ по результатам сканирования и документации с уточнением через службу эксплуатации;

4) выпуск актуальной техдокументации на основе ЦИМ: поэтажные планы, чертежи разрезов, схемы размещения оборудования, коммуникаций и принципиальные схемы по дисциплинам.

Результатами работ были определены: единая точечная модель; панорамный фототур, позволяющий выполнять измерения и вносить комментарии; эксплуатационная ЦИМ и комплекты технической документации по каждой из дисциплин.

Согласно EIR в ЦИМ должно быть выполнено моделирование следующих дисциплин и соответствующих им элементов, приведенных ниже в таблице.

Требования к составу ЦИМ

№ п/п	Дисциплина	Состав элементов
1	Архитектурные решения	– стены; – потолки; – полы
2	Конструктивные решения	– железобетонные конструкции; – металлические конструкции
3	Технологические решения	– трубопроводы и воздуховоды; – запорно-регулирующая арматура; – опоры трубопроводные и изоляция; – соединительные детали трубопроводов и воздуховодов; – оборудование; – датчики
4	Системы водоснабжения и водоотведения и пожаротушения	
5	Системы отопления, вентиляции и кондиционирования	
6	Электроснабжение и электрическое освещение	– кабельные лотки; – распределительные щиты, щиты освещения, щиты управления оборудованием; – трансформаторы; – светильники; – розетки, выключатели, пульты управления
7	Слаботочные системы	– оборудование пожарной сигнализации; – оборудование охранной сигнализации; – оборудование сетей связи; – оборудование систем автоматизации; – оборудование видеонаблюдения

Приведем этапы выполнения работ по созданию ЦИМ.

1. **Рекогносцировка объекта** была выполнена для уточнения границ съемки, определения наличия исходных геодезических пунктов, конфигурации зданий и их этажности, наличия площадок обслуживания, плотности застройки, состава оборудования и типов инженерных систем, а также состояния технической документации.

2. **Разработка технических требований.** По результатам рекогносцировки и требований заказчика были разработаны EIR (разработчик — заказчик), учитывающие все особенности проекта, ТЗ на разработку ЦИМ и лазерное сканирование (составитель — подрядчик).

3. **Создание геодезической сети.** Для последующего внешнего ориентирования данных лазерного сканирования от исходных пунктов была развита геодезическая сеть [13], включающая в себя опорную и сканерную сеть. Координаты опорных пунктов определили ГНСС-методом в режиме Real

Time Kinematic с поправками от сети референцных ГНСС-станций. Контроль выполнили повторным определением координат всех пунктов в другой день. Сканерную сеть проложили по периметру объектов между пунктами опорной сети.

Взаимное ориентирование точечных моделей выполнено с применением итерационного алгоритма ближайших точек, а внешнее ориентирование — аналитическим методом с использованием специальных марок. При этом был создан каталог координат марок, полученный в ходе уравнивания построенной опорной сети, и трансформирован в единую модель. Дальнейшее трансформирование пространственных координат в заданную систему было выполнено с помощью преобразования Гельмерта.

4. Наземное лазерное сканирование. Съемка объектов была выполнена с применением наземных лазерных сканеров *Leica Scan Station P40* (средняя квадратическая ошибка (СКО) измерения углов — 8", СКО измерения расстояний — 1,5 мм при расстоянии до 100 м) и *Leica RTC360* (СКО измерения углов — 18", СКО измерения расстояний 1,0 мм при расстоянии до 130 м). С учетом высоких требований к детализации ЦИМ места установки приборов определялись с учетом 60–70% области перекрытия со смежных станций для более точной идентификации конструкций и оборудования в процессе постобработки. Измерения с одной станции выполнялись с разрешением сканирования $6,3 \times 6,3$ мм на 10 м. Расстояние между смежными станциями не превышало 5–7 м. При съемке офисного здания использовали 164 станции лазерного сканирования, промышленного — 405 станций. Кроме этого, производилась панорамная фотосъемка, по результатам которой был создан реалистичный панорамный фототур, позволивший упростить идентификацию объектов и сократить трудозатраты на поиск необходимой информации для создания ЦИМ.

Взаимное ориентирование точечных моделей производилось в программном продукте *Cyclone* методом *Visual Registration (2D Scan Thumbnails)*, который основан на итерационном алгоритме ближайших точек. Взаимное ориентирование выполнялось последовательно, каждая последующая точечная модель ориентировалась относительно предыдущей до тех пор, пока все точечные модели не были объединены в единую точечную модель. При этом было выполнено «замыкание» сети станций лазерного сканирования и создание дополнительных «узловых станций», что позволило получить сеть взаимосвязанных станций, которая повысила точность определения положения станций лазерного сканирования. Для взаимного ориентирования станций лазерного сканирования в единую точечную модель была выполнена:

- для офисного здания — 741 взаимосвязь с СКО взаимного ориентирования 0,007 м;
- для промышленного здания — 4332 взаимосвязи с СКО взаимного ориентирования 0,012 м.

5. Сбор технической документации. Для наполнения ЦИМ технической информацией об объектах результатов лазерного сканирования недостаточно. В связи с этим на объектах была собрана вся доступная техническая документация, включающая планы зданий, размещения оборудования и сетей, схемы коммуникаций, принципиальные схемы, однолинейные схемы электроснабжения и спецификации. Так как существующая документация практически потеряла актуальность за время эксплуатации объекта, а исполнительная документация содержала множество неточностей, дополнительно было проведено обследование объектов с составлением:

- перечня типов инженерных систем и подключенного к ним оборудования;
- перечня технологического оборудования;
- перечня щитов распределения электроэнергии и подключенных к ним электропотребителей;

- плана выходов и входов коммуникаций с определением скрытых участков для дальнейшего обследования трассировки трубопроводов и воздуховодов;

- план расположения оборудования пожарной и охранной сигнализации, сетей связи и видеонаблюдения и систем автоматизации.

6. Настройка программной среды. При создании ЦИМ настройки самой программной среды могут быть различными в зависимости от используемого программного обеспечения (ПО). В рассматриваемом примере, согласно требованиям EIR, настоящий проект разрабатывался в ПО Revit версии 2022.

Настройки программной среды выполнялись в следующей последовательности:

- *Создание структуры файлов проекта.*
- *Настройка системы координат.*
- *Создание типов систем для инженерных коммуникаций.*
- *Общие настройки.*

7. Разработка эксплуатационной ЦИМ. Процесс формирования ЦИМ был разделен на два этапа: 1) формирование геометрической 3D-модели, содержащей в себе информацию о габаритах и расположении конструкций, оборудования и коммуникаций; 2) формирование атрибутивной информации, основанной на технической документации и результатах обследований.

Отдельным этапом разработки ЦИМ являлась трассировка скрытых трубопроводов и воздуховодов. Для решения этой задачи были выполнены анализ технической документации и дополнительные обследования здания. Каждый такой скрытый участок анализировался со службой эксплуатации зданий, и на основании вынесенного решения выполнялась трассировка в модели с внесением комментариев.

8. Выпуск документации. По завершении процесса моделирования цифровой информационной модели была выпущена техническая документация

по каждой из дисциплин, включающая поэтажные планы зданий, планы размещения оборудования и электрооборудования, планы размещения коммуникаций, схемы систем коммуникаций, однолинейные схемы электроснабжения, принципиальные схемы автоматизации, структурные схемы и спецификации. Часть документации (планы и схемы) ПО Revit позволяет автоматически создать на основе модели с последующим оформлением по требованиям. Однолинейные и принципиальные схемы создали в полуавтоматическом режиме.

9. Контроль качества ЦИМ. В процессе разработки ЦИМ и по ее завершении выполнялся контроль качества ЦИМ, который включал в себя проверку:

- ЦИМ на наличие всех требуемых объектов путем сравнения модели с единой точечной моделью, фототуром и результатами обследований;
- на коллизии элементов модели;
- на подключение трубопроводов и воздуховодов к оборудованию и назначение систем;
- на полноту заполнения атрибутивной информации;
- на соблюдения правил наименований;
- на дублирующиеся элементы, а также удаление неиспользуемых семейств из проекта.

Таким образом, внедрение ЦИМ в настоящее время весьма актуально. В том числе это относится как к новым, так и к реконструкции старых промышленных зданий.

Рассмотрены различные виды ЦИМ (проектная, исполнительная и эксплуатационная). Приведены общие данные об основных этапах формирования различных цифровых моделей.

Поэтапно рассмотренный вариант реализации эксплуатационной ЦИМ позволяет говорить о сложном и многоэтапном процессе разработки ЦИМ, требующем коммуникации подрядчика с заказчиком на протяжении всего проекта, четко сформированных документов, регламентирующих разработку ЦИМ, и компетентной команды разработчиков.

Список источников

1. Штиглиц М. С. Формирование открытых общественных пространств на основе исторических промышленных комплексов Санкт-Петербурга / М. С. Штиглиц // Искусство и дизайн: история и практика: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. — СПб.: СПГХПА им. А. Л. Штиглица, 2024. — С. 81–88.
2. Nefedov V. European Trends of Industrial Territories Transformation and their Manifestation in Saint Petersburg / V. Nefedov, M. Stiglic // Word Applied Sciences Journal. — 2013. — Iss. 23. — Pp. 70–73.
3. Banerjee R. Reconstruction of Contested Landscape: Detecting Land Cover Transformation Hosting Cultural Heritage Sites from Central India Using Remote Sensing / R. Banerjee, P. K. Srivastava // Land Use Policy. — 2013. — Iss. 34. — Pp. 193–203.
4. Skaloš J. Landscape Memory and Landscape Change in Relation to Mining / J. Skaloš, I. Kašparová // Ecological Engineering. — 2012. — Iss. 43. — Pp. 60–69.
5. Lovell L. J. Building Information Modelling Facility Management (BIM-FM) / L. J. Lovell, R. J. Davies, D. V. L. Hunt // Applied Sciences. — 2024. — Vol. 14. — Iss. 10. — P. 3977.
6. Архитектурная фотограмметрия: официальный сайт. — СПб., 2006. — URL: <https://photogrammetria.ru/386-promyshlennoe-3d-modelirovanie-zdanij-i-sooruzhenij.html> (дата обращения: 30.05.2025).
7. Архитектурная фотограмметрия: официальный сайт. — СПб., 2006. — URL: <https://photogrammetria.ru/356-sozдание-tochnyh-3d-modelej-promyshlennyh-obektov.html> (дата обращения: 30.05.2025).
8. Czerniawski T. Automated digital modeling of existing buildings: A review of visual object recognition methods / T. Czerniawski, F. Leite // Automation in Construction. — 2020. — Vol. 113. — P. 103131.
9. Ovsianikova T. Yu. Building information modelling systems: strategic objectives and realities of digital transformation in construction / T. Yu. Ovsianikova, A. A. Patsukov // Real Estate: Economics, Management. — 2022. — Iss. 1. — Pp. 13–18.
10. Jarzabek-Rychard M. Modeling of 3D geometry uncertainty in Scan-to-BIM automatic indoor reconstruction / M. Jarzabek-Rychard, H.-G. Maas // Automation in Construction. — 2023. — Vol. 154. — P. 105002.
11. Новоселов Д. Б. Применение наземных лазерных сканеров при геодезическом сопровождении строительства горнодобывающих промышленных предприятий / Д. Б. Новоселов // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2022. — Т. 1. — С. 104–112.
12. Sharafutdinova A. A. Asset information model requirements for industrial facility / A. A. Sharafutdinova, M. Ja. Bryn, R. A. Sharafutdinov // Eurasian Mining. — 2023. — Iss. 2. — Pp. 104–109.
13. Шарафутдинова А. А. Методика проектирования и построения геодезической сети при наземном лазерном сканировании крупных промышленных объектов / А. А. Шарафутдинова, М. Я. Брын // Вестник СГУГиТ. — 2022. — Т. 27. — № 2. — С. 72–85.

Дата поступления: 30.05.2025

Решение о публикации: 31.07.2025

Контактная информация:

ШАРАФУТДИНОВА Анжелика Алексеевна — канд.

техн. наук; anzhelikaalexeevna@gmail.com

БРЫНЬ Михаил Ярославович — д-р техн. наук, проф.;

3046921@mail.ru

ТРЕТЬЯКОВА Елена Германовна — канд. арх., доц.;

elena.tretya@yandex.ru

ИВАНОВА Жанна Васильевна — канд. техн. наук,

доц.; symava@mail.ru

Experience in Building Information Model (BIM) for Industrial Buildings

A. A. Sharafutdinova¹, M. Ya. Bryn², E. G. Tretyakova², Zh. V. Ivanova²

¹Trimetari Consulting LLC, 12, bld. 7, Marshal Blucher pr., Saint Petersburg, 195197, Russian Federation

²Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Sharafutdinova A. A., Bryn M. Ja., Tretyakova E. G., Ivanova Zh. V. Experience in Building Information Model (BIM) for Industrial Buildings // *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2025, vol. 22, iss. 3, pp. 776–789. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2025-3-776-789

Summary

Purpose: To demonstrate the necessity of implementing a Building Information Model (BIM) throughout the life cycle of industrial buildings. **Methods:** At present, Building Information Modelling (BIM) technologies have become a mandatory component at all stages of a building's life cycle for various purposes, from design and construction to demolition. In this regard, this paper showcases the diverse range of practical BIM applications. Furthermore, it reveals the peculiarities of the approach to issues related to the design and reconstruction of industrial buildings, as well as alternatives for their redevelopment. Additionally, it analyses the documents that regulate BIM requirements. Finally, it presents a variant for realising a project using BIM development for an industrial object, and considers creating a digital model. **Results:** A methodology for developing an operational Building Information Modelling (BIM) process based on terrestrial laser scanning has been established. This includes architectural and construction solutions, technical documentation and others. **Practical significance:** The necessity and expediency of implementing BIM in the design, construction and reconstruction of industrial facilities is demonstrated using a specific example.

Keywords: Building information model, industrial facility, redevelopment, terrestrial laser scanning, Revit software.

References

1. Shtiglits M. S. Formirovanie otkrytykh obshchestvennykh prostranstv na osnove istoricheskikh promyshlennykh kompleksov Sankt-Peterburga [Formation of open public spaces based on historical industrial complexes of St. Petersburg]. *Iskusstvo i dizain: istoriya i praktika* [Art and design: history and practice]. 2024, pp. 81–88. (In Russian)
2. Nefedov V., Stiglic M. European Trends of Industrial Territories Transformation and their Manifestation in Saint Petersburg. *Word Applied Sciences Journal*. 2013, Iss. 23, pp. 70–73.
3. Banerjee R., Srivastava P. K. Reconstruction of Contested Landscape: Detecting Land Cover Transformation Hosting Cultural Heritage Sites from Central India Using Remote Sensing. *Land Use Policy*. 2013, Iss. 34, pp. 193–203.
4. Skalosh J., Kashparova I. Landscape Memory and Landscape Change in Relation to Mining. *Ecological Engineering*. 2012, Iss. 43, pp. 60–69.
5. Lovell L. J., Davies R. J., Hunt D. V. L. Building Information Modelling Facility Management (BIM-FM). *Applied Sciences*. 2024, Vol. 14, Iss. 10, p. 3977.
6. *Arkhitekturnaya fotogrammetriya* [Architectural photogrammetry]: official website. Available at: <https://photogrammetria.ru/386-promyshlennoe-3d-modelirovanie-zdanij-i-sooruzhenij.html> (accessed: May 30, 2025). (In Russian)
7. *Arkhitekturnaya fotogrammetriya* [Architectural photogrammetry]: official website. Available at: <https://photogrammetria.ru/356-sozдание-tochnykh-3d-modelej-promyshlennykh-obektov.html> (accessed: May 30, 2025). (In Russian)

8. Czerniawski T., Leite F. Automated digital modeling of existing buildings: A review of visual object recognition methods. *Automation in Construction*. 2020, vol. 113, p. 103131.
9. Ovsianikova T. Yu., Patsukov A. A. Building information modelling systems: strategic objectives and realities of digital transformation in construction. *Real Estate: Economics, Management*. 2022, Iss. 1, pp. 13–18.
10. Jarzbek-Rychard M., Maas H.-G. Modeling of 3D geometry uncertainty in Scan-to-BIM automatic indoor reconstruction. *Automation in Construction*. 2023, vol. 154, p. 105002.
11. Novoselov D. B. *Primenenie nazemnykh lazernykh skanerov pri geodezicheskom soprovozhdenii stroitel'stva gornodobyvayushchikh promyshlennykh predpriyatiy* [Application of ground-based laser scanners in geodetic support of mining industrial enterprises construction]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia]. 2022, vol. 1, pp. 104–112. (In Russian)
12. Sharafutdinova A. A., Bryn M. Ja., Sharafutdinov R. A. Asset information model requirements for industrial facility. *Eurasian Mining*. 2023, Iss. 2, pp. 104–109.
13. Sharafutdinova A. A. *Metodika proektirovaniya i postroeniya geodezicheskoy seti pri nazemnom lazernom skanirovanii krupnykh promyshlennykh ob'ektov* [Methodology for designing and constructing a geodetic network for ground-based laser scanning of large industrial facilities]. *Vestnik SGUGiT* [Bulletin of SSUGiT]. 2022, vol. 27, Iss. 2, pp. 72–85. (In Russian)

Received: May 30, 2025

Accepted: July 31, 2025

Author's information:

Anzhelika A. SHARAFUTDINOVA —

PhD in Engineering; anzhelikaalexeevna@gmail.com

Mikhail Ya. BRYN — Dr. Sci. in Engineering,

Associate Professor; 3046921@mail.ru

Elena G. TRETYAKOVA — PhD in Architecture,

Associate Professor; elena.tretya@yandex.ru

Zhanna V. IVANOVA — PhD in Engineering,

Associate Professor; symava@mail.ru