

УДК 681.5:004.04

**ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ BIM-ПРОЕКТА
ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТА****Шалина Д.С., Тихонов В.А., Степанова Н.Р.***ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет**имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург,**e-mail: d.shalina2011@yandex.ru, vlad-tikhonov-1990@mail.ru, n.r.stepanova@urfu.ru*

Цифровизация в современном мире – неотъемлемый процесс и драйвер роста и трансформации бизнеса. Однако внедрение цифровых технологий требует определенной стратегии и компетенции от лиц, внедряющих эти технологии в организацию. Статья посвящена анализу применения технологий информационного моделирования (BIM) в строительном проекте. Проблема исследования представлена как одна из трудностей внедрения и использования BIM и определена как сложность управления жизненным циклом BIM-проекта и неосведомленность сотрудников. С опорой на анализ практики применения BIM-технологий авторы доказывают актуальность и необходимость увеличения количества стадий жизненного цикла (ЖЦП) с применением BIM. Для этого требуется решить указанную проблему с помощью визуального представления реализации BIM-проекта. Характеристики структуры ЖЦП BIM-проекта, определение роли и цели BIM на каждой стадии ЖЦП определяются на основе анализа российских и зарубежных научных публикаций. Это позволяет выявить основные действия, контроль и мониторинг, входные и выходные данные на каждой стадии реализации проекта. Авторы представляют результаты исследования в виде блок-схем реализации строительного проекта с применением BIM-технологий на каждой стадии ЖЦП. Достоверность представленных результатов определена анализом научных публикаций и анализом практики применения BIM-технологий в строительстве.

Ключевые слова: BIM-технологии, реализация BIM-проекта, управление проектами, жизненный цикл, строительство

**VISUAL REPRESENTATION OF BIM PROJECT IMPLEMENTATION
TO SIMPLIFY PROJECT LIFE CYCLE MANAGEMENT****Shalina D.S., Tikhonov V.A., Stepanova N.R.***Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg,**e-mail: d.shalina2011@yandex.ru, vlad-tikhonov-1990@mail.ru, n.r.stepanova@urfu.ru*

Digitalization in the modern world is an integral process and driver of business growth and transformation. However, the introduction of digital technologies requires a certain strategy and competence from those who introduce these technologies into the organization. The article is devoted to the analysis of the application of information modeling (BIM) technologies in a construction project. The research problem is presented as one of the difficulties and barriers to the implementation and use of BIM and is defined as the complexity of managing the life cycle of a BIM project and the lack of awareness among employees. Based on the analysis of the practice of applying BIM technologies, the authors prove the relevance and necessity of increasing the number of life cycle stages (LCP) using BIM. To do this, it is required to solve the specified problem using a visual representation of the implementation of the BIM project. Characteristics of the structure of the life cycle of a BIM project, the definition of the role and goals of BIM at each stage of the life cycle are determined based on the analysis of Russian and foreign scientific publications. This allows you to identify the main actions, control and monitoring, input and output data at each stage of the project. The authors present the results of the study in the form of block diagrams for the implementation of a construction project using BIM technologies at each stage of the life cycle. The reliability of the presented results is determined by the analysis of scientific publications and the analysis of the practice of using BIM technologies in construction.

Keywords: BIM technologies, BIM project implementation, project management, construction, life cycle

Современные застройщики стремятся к использованию современных подходов и технологий при реализации строительных проектов. Одной из таких технологий является BIM (Building Information Model/Modeling/Management). BIM позволяет использовать предиктивную аналитику для опережающего принятия решений, поэтому выступает необходимостью в современных условиях строительной отрасли. Однако переход на цифровые технологии – это серьезный шаг для строительного предприятия. Внедрение BIM требует решения экономических, социальных и технологи-

ческих проблем. В ряде научных исследований выделяются следующие барьеры внедрения BIM [1–4]:

1) высокие затраты на приобретение программного обеспечения и оборудования для информационного моделирования;

2) потребность в комплексном обучении сотрудников навыкам работы в информационной модели, недостаточная осведомленность;

3) подверженность программ сбоям и внутренним ошибкам;

4) преодоление сопротивления работников внедрению инноваций;

5) не универсальная система обозначения инженерных систем или технологического оборудования.

Проблема № 1 является главной трудностью внедрения BIM. Данной проблемы невозможно избежать. Требуются расчеты и факты, подтверждающие эффективность использования BIM-технологий.

Объектом данного исследования является проблема № 2. Внедряя новые технологии, руководство должно обучить сотрудников новым навыкам, иначе использование информационного моделирования будет безуспешно.

Актуальность решения проблемы в недостаточной осведомленности сотрудников в управлении жизненным циклом (ЖЦП) с применением BIM-технологий обусловлена практикой применения BIM-технологий в строительстве. Из отчета по уровню применения BIM застройщиками РФ при строительстве объектов жилого назначения следует, что использование BIM снижается со стадии инициативы и проектирования к стадии строительства и эксплуатации. Данное явление объясняется трудностью передачи данных на следующие этапы жизненного цикла и зависит от уровня развития BIM в компании.

Реальная ситуация применения BIM на стадиях жизненного цикла объекта капитального строительства представлена на рис. 1.

При этом большинство российских застройщиков используют BIM на уровне 3D (рис. 2).

Всего выделяют четыре уровня BIM [6–8]:

– Первый уровень зрелости (3D). Появляется 3D-модель, которая содержит проектную документацию, инженерный анализ, трехмерную визуализацию, проверку содержимого, обнаружение столкновений, пространственную координацию и планирование логистики на объекте.

– Второй уровень зрелости (3D+4D). 4D предполагает привязку модели к времени и визуализацию графика. С помощью данного изменения можно посмотреть последовательность строительства и отслеживать производство. Достигается поэтапная координация и планирование логистики.

– Третий уровень зрелости (3D+4D+5D). 5D представляет модель с привязкой к затратам. Благодаря детализации информационной модели можно извлекать точное количество необходимых материалов, прогнозировать затраты и управлять заказами. Наличие 5D способствует рациональному использованию затрат посредством анализа движения денежных средств и анализа заработной платы.

– Четвертый уровень зрелости (3D+4D+5D+6D). Следующее измерение – это 6D (управление эксплуатацией здания). В информационной модели 6D появляется возможность управлять активами, пространством и объектами. Информационная модель интегрирована с системой управления зданием.

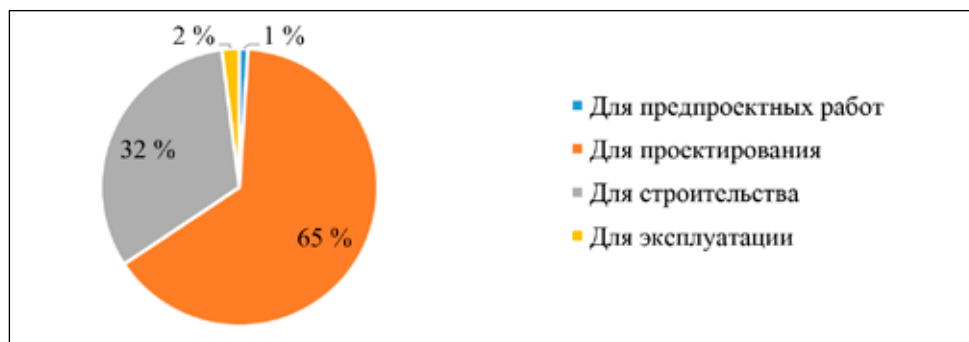


Рис. 1. Уровень применения BIM на стадиях жизненного цикла объекта капитального строительства [5]

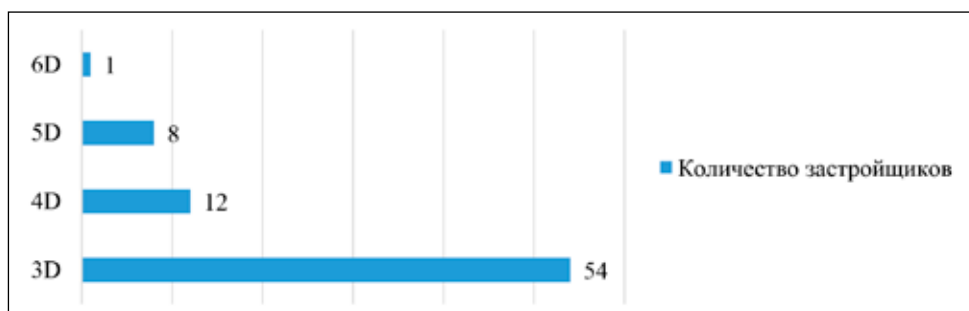


Рис. 2. Уровень развития BIM у российских застройщиков [5]

Из анализа практики применения BIM-технологий в строительстве можно сделать вывод о том, что российские застройщики не используют потенциал BIM полностью. Данные технологии применяются в большинстве случаев только на стадии проектирования.

Стоит отметить, что использование BIM от стадии принятия решений и до стадии эксплуатации может дать более качественный результат по сравнению с применением только на проектировании. Благодаря BIM повышается точность оценки стоимости проекта, т.е. снижается погрешность в определении стоимости здания или сооружения. При строительстве и эксплуатации возможно обеспечить своевременный учет всех возникающих и прогнозируемых отклонений, проактивное принятие эффективных решений и эффективную координацию работ. Следовательно, необходимо расширение стадий использования BIM с увеличением уровней зрелости.

Целью данного исследования является моделирование процесса реализации строительного проекта с применением BIM-технологий на стадии проектирования, строительства и эксплуатации для упрощения процесса управления жизненным циклом проекта и повышения осведомленности сотрудников о работе с BIM. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ научных публикаций для выявления характеристик структуры ЖЦП BIM-проекта;
- определение роли и цели BIM на каждой стадии в ЖЦП;
- построение блок-схем реализации BIM-проекта для каждой стадии ЖЦП;
- обоснование результатов исследования и практической значимости.

Материалы и методы исследования

Авторы предлагают блок-схемы реализации строительного проекта с применением BIM-технологий, включающие стадию проектирования, строительства и эксплуатации, что позволяет упростить процесс управления жизненным циклом проекта и повысить осведомленность сотрудников о работе с BIM. Подобная визуализация представляется впервые, что обладает признаками научной новизны с точки зрения автоматизации и управления технологическими процессами и производствами.

В работе используются теоретические методы исследования. Анализ научной литературы позволяет охарактеризовать структуру ЖЦП BIM-проекта. Изучение российских и зарубежных пу-

бликаций осуществляется для определения роли и цели BIM на каждой стадии ЖЦП. Благодаря этому авторы выявляют основные действия, контроль и мониторинг, входные и выходные данные на каждой стадии реализации проекта. Использование графического редактора позволяет смоделировать блок-схемы реализации строительного проекта с применением BIM.

Характеристики структуры ЖЦП BIM-проекта. С применением BIM-технологий управление жизненным циклом характеризуется эффективным управлением данными, т.е. появляется возможность создания единого хранилища данных на начальной стадии (предпроектной стадии ИСП) [9]. Предполагается наполнение единого хранилища данными по степени продвижения по проекту.

За счет формирования сквозных бизнес-процессов возможно реализовать информационную поддержку жизненного цикла [9]. Следовательно, ЖЦП BIM-проекта характеризуется переходом выходной информации во входную информацию последующих шагов.

Установлены общие требования к выполнению работ всеми участниками инвестиционно-строительного проекта и общие нормативы для постоянного контроля [9]. Речь идет о BIM-стандарте организации, а также о регулярном контроле и мониторинге бизнес-процессов в рамках ЖЦП.

Определение роли BIM в ЖЦП. В.Н. Колчин отмечает, что работа над BIM начинается с создания архитектурной 3D-модели объекта, т.е. с разработки концептуальной BIM-модели. Далее в модель вводятся параметры составляющих элементов объекта. Так, BIM-модель постепенно конкретизируется, проходя этапы проектной документации (ПД) и рабочей документации (РД). Вместе с конкретизацией модели происходит уточнение календарно-сетевых графика проекта (КСГ). Благодаря максимальному содержанию в модели данных об объекте возможно использование модели при эксплуатации объекта при помощи датчиков [10].

В исследовании О.В. Маковецкой-Абрамовой выделяется перечень задач, которые решает BIM на стадиях сопровождения проектов. К ним относится подготовка проектного предложения, т.е. та же концептуальная BIM-модель. Получение высококачественной проектной документации достигается благодаря проверке на коллизии и корректировке проектной модели. На стадии строительства BIM-моделью пользуются подрядные организации и осуществляется финансово-технический надзор.

Проверка на коллизии описана как управление и контроль построения объекта на всех этапах строительства [11].

Из исследования BIM как инструмента бережливого производства авторы выделили следующие характерные черты BIM на стадии проектирования и строительства:

- BIM обеспечивает создание правильной проектной модели, в которой содержится точная информация и размеры объекта. Происходит проверка и оценка технических решений;

- совместное использование и обмен информацией с применением BIM-модели (на стадии строительства);

- оперативное обнаружение конфликтов и ошибок. Достигается благодаря проверке BIM-модели на коллизии на каждом этапе (ПД, РД, строительство, эксплуатация) [12].

Цинджуана Лю и Цзялин Цао описывают роль BIM на каждой стадии ЖЦП. На предпроектной стадии возможно выразить цели проекта с помощью информационных данных BIM и концентрированной информации (концептуальная модель). На стадии проектирования возможно оперативное получение проектных требований, условий и компонентов, в том числе результатов инженерных изысканий. На стадии строительства осуществляется эффективное управление и динамический контроль проектных изменений благодаря BIM. Отмечается, что следует связать модель здания со временем и стоимостью (3D+4D+5D) для возможности определения схемы строительства до строительства объекта. На стадии эксплуатации объекта существует возможность установить напоминания о техническом обслуживании оборудования, регулярном обслуживании и автоматической замене для контроля потенциальных угроз безопасности [13].

В дополнение к функциям BIM на стадии эксплуатации добавим:

- Представление возникающих проблем на информационной модели для рационального обслуживания или ремонта.

- Учет используемого оборудования.

- Обеспечение управления отношениями с коммерческими арендаторами.

- Поддержка взаимодействия с сервисными подрядчиками.

- Проверка выполнения административных, технических и инфраструктурных задач.

- Получение детальной информации об инженерных системах и конструктивных элементах здания в наглядном виде [14].

Цели BIM на каждой стадии ЖЦП. Основной целью BIM на стадии предпроектной и проектной подготовки является

определение подробного концептуального проекта и получение высококачественной проектной документации. Уточняется финансовая модель проекта и разрабатывается укрупненный КСГ и смета.

На стадии строительства целью BIM является управление и контроль построения объекта на всех этапах строительного производства. Осуществляется периодический контроль и мониторинг выполнения строительных работ. При этом налаживается коммуникация между застройщиком, генеральным подрядчиком и субподрядчиками.

На стадии эксплуатации BIM является инструментом оперативного ведения документации и всего эксплуатационного процесса. Спектр функций BIM на данной стадии обширный, но успешное применение технологий требует соответствующих знаний.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3–5 представлена реализация BIM-проекта по этапам: предпроектная подготовка строительства, проектная подготовка строительства (ПД и РД), строительство и эксплуатация. Схемы составлены авторами на основе выявленных характеристик структуры ЖЦП BIM-проекта, определением роли BIM в ЖЦП проекта, целей BIM на каждой стадии ЖЦП и источника [15], зеленым цветом выделены авторские вставки.

Схемы вертикально разделены на стадии реализации проекта, а горизонтально – на входные и выходные данные и непосредственный процесс. Входные данные являются выходными данными предыдущей стадии с добавлением необходимой информации.

На каждой стадии осуществляется контроль и мониторинг реализации проекта с целью своевременного выявления коллизий и принятия решений по их предотвращению (желтый ромб с вопросом «Есть коллизии?») на рис. 3–5). Выполняется определенная задача в рамках стадии, проверяется на коллизии, и при успешном выполнении данной задачи команда переходит к следующей стадии.

На практике визуализация реализации BIM-проекта может использоваться как инструкция реализации BIM-проекта, описание бизнес-процессов и инструмент обучения сотрудников. Это повлечет за собой расширение стадий ЖЦП использования BIM с увеличением уровней зрелости, что способствует росту уровня развития BIM у российских застройщиков.

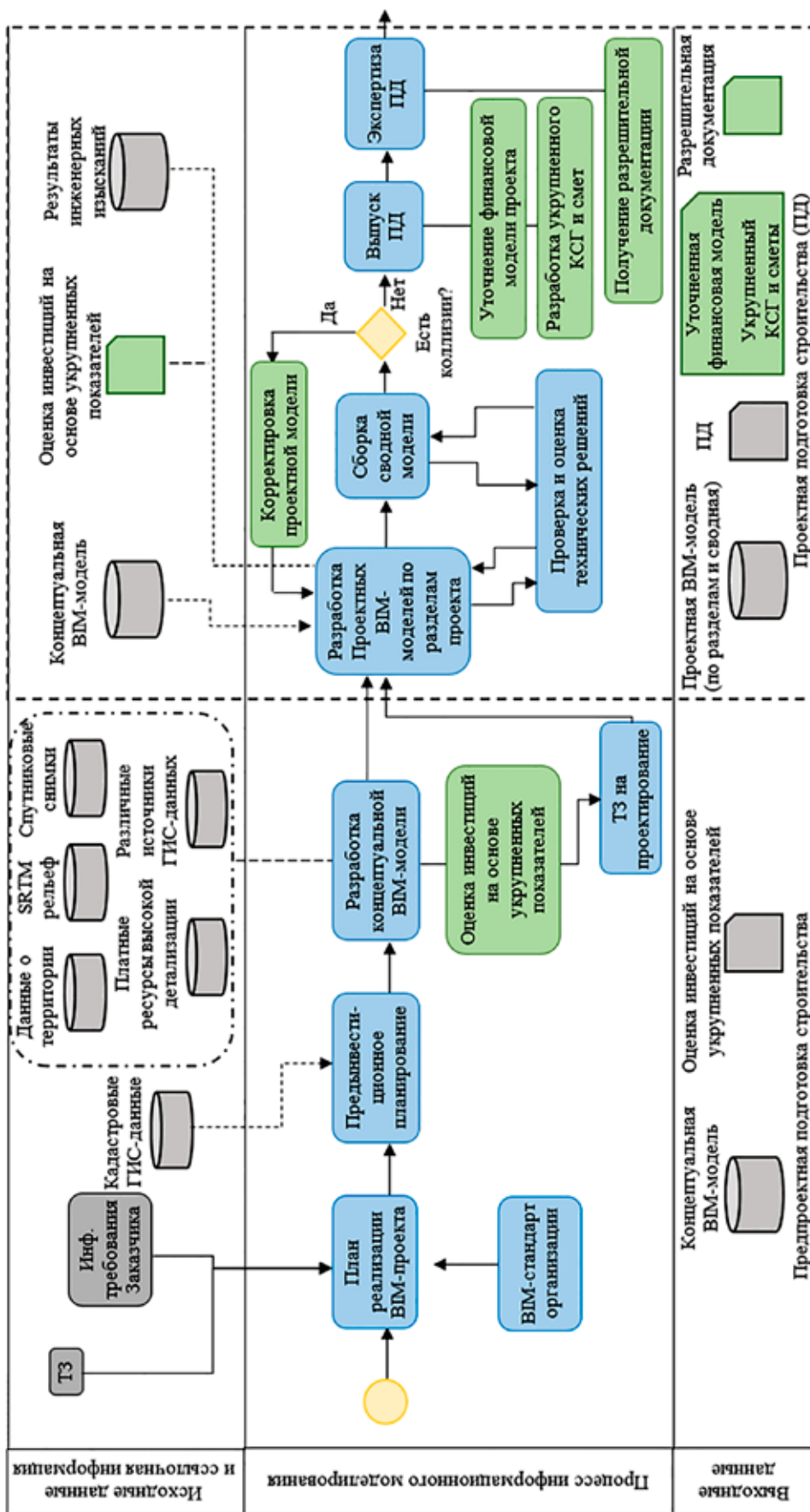


Рис. 3. Реализация BIM-проекта (предпроектная и проектная подготовка строительства (ПД))

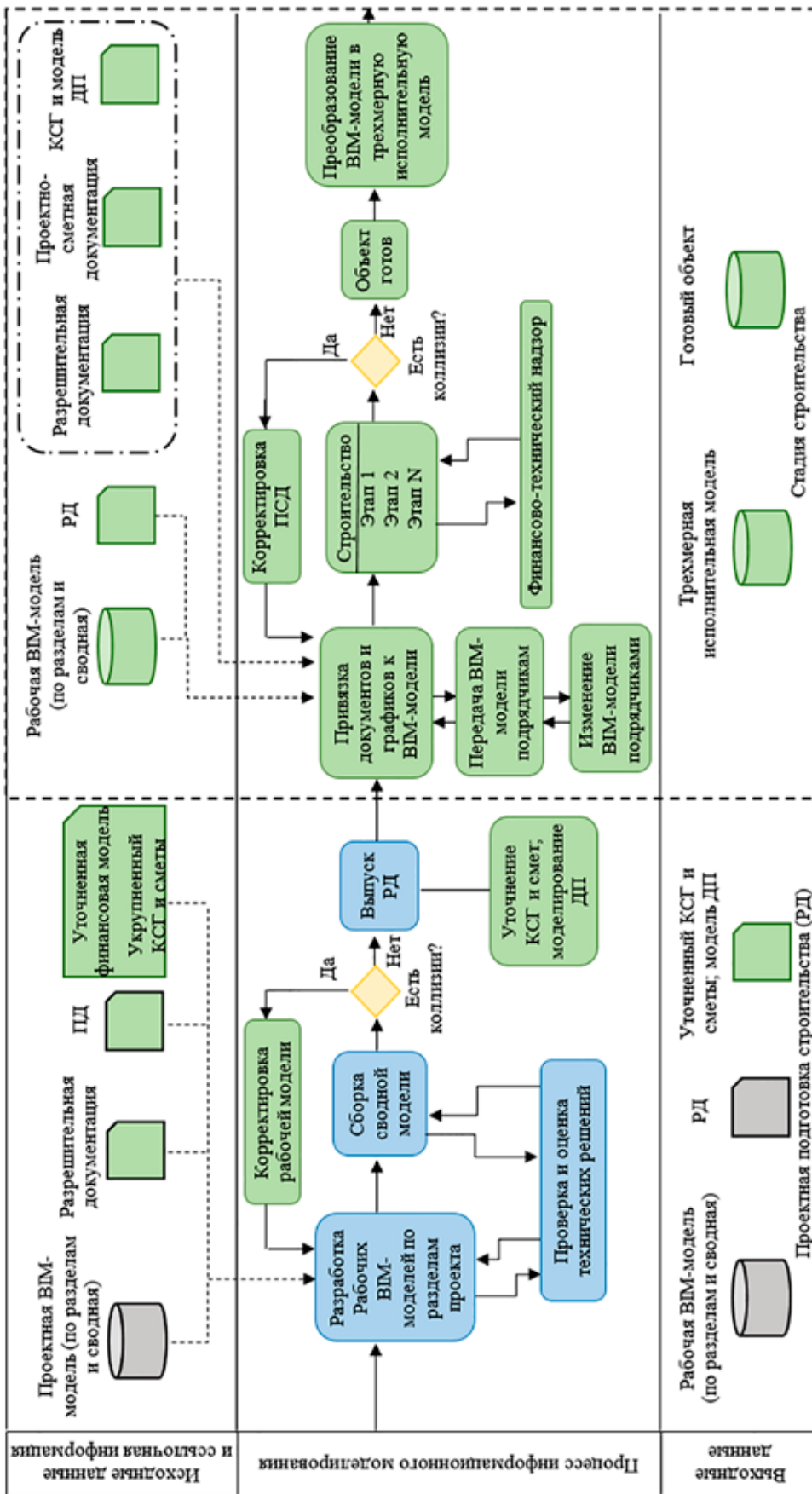


Рис. 4. Реализация BIM-проекта (проектная подготовка (РД) и строительство)

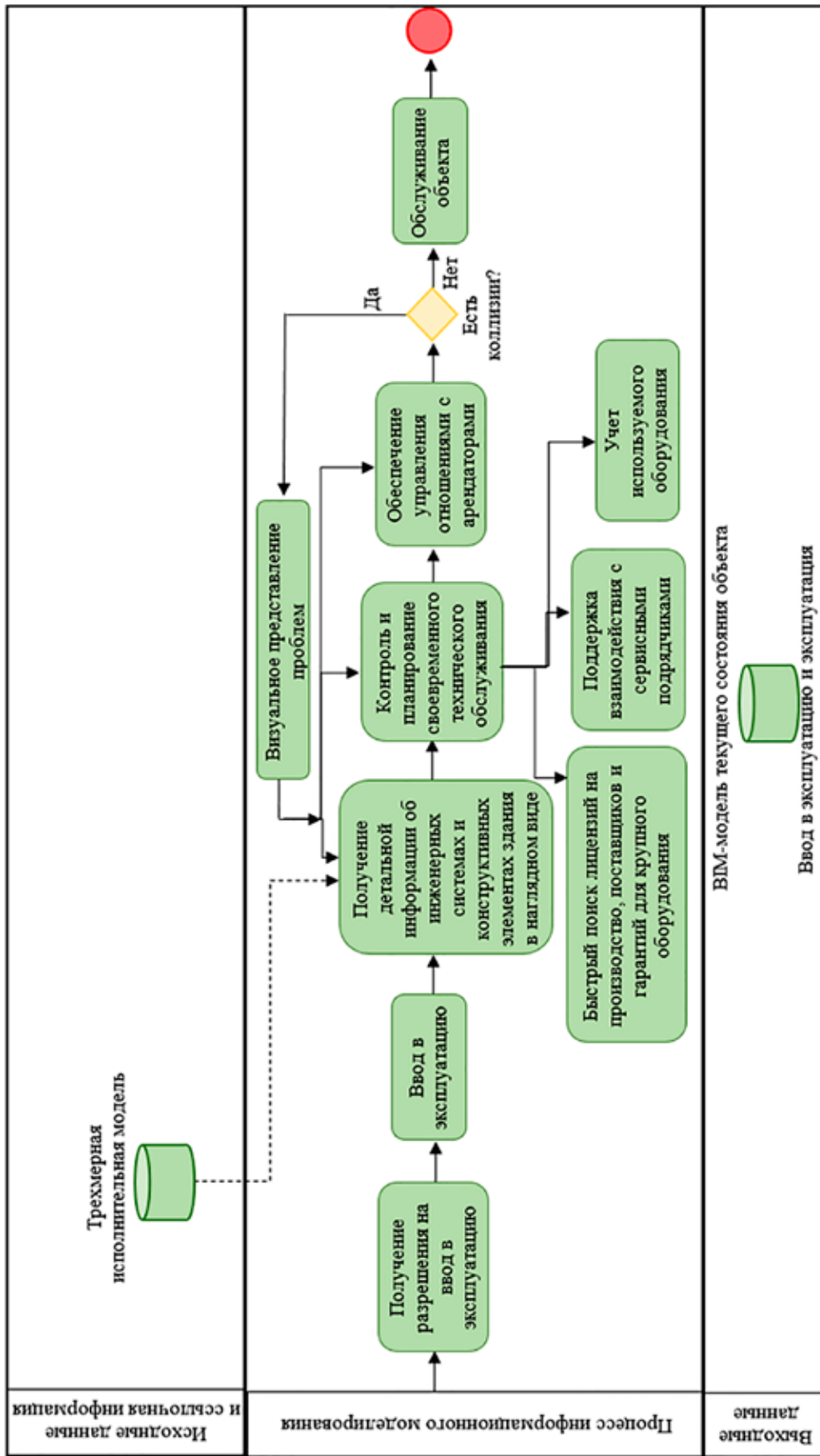


Рис. 5. Реализация BIM-проекта (ввод в эксплуатацию и эксплуатация)

Заключение

Барьеры внедрения BIM-технологий на строительном предприятии разнообразны. В данном исследовании решается проблема с недостаточной осведомленностью сотрудников в управлении жизненным циклом BIM-проекта. Необходимость решения данной проблемы объясняется низким уровнем развития BIM у российских застройщиков, который выявляется на основе анализа практик применения BIM.

Перед моделированием реализации BIM-проекта проводится анализ научных публикаций для выявления характеристик структуры ЖЦП BIM-проекта, определения роли и цели BIM на каждой стадии ЖЦП.

В исследовании предложены блок-схемы реализации строительного проекта с применением BIM-технологий, включающие стадии проектирования, строительства и эксплуатации, отличающиеся моделированием на основе результатов анализа научной литературы, что позволяет использовать схемы как инструкцию для упрощения процесса управления жизненным циклом проекта и повышения осведомленности сотрудников о работе с BIM.

Список литературы

1. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А. BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 1 (28). С. 98–105.
2. Каракозова И.В., Малыха Г.Г., Куликова Е.Н., Павлов А.С., Панин А.С. Организационное сопровождение BIM-технологий // Вестник МГСУ. 2019. № 12 (135). С. 1628–1637.
3. Головин К.А., Копылов А.Б., Томилова Б.И. Анализ текущего состояния BIM-технологий на строительном рынке // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 12. С. 278–282.
4. Lesniak A., Gorka M., Skrzypczak I. Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects. *Energies*. 2021. Vol. 14 (8). DOI: 10.3390/en14082090.
5. Уровень применения ТИМ застройщиками РФ при строительстве объектов жилого назначения. Центр компетенция по ТИМ. Цифровая академия. ДОМ.РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://наш.дом.рф/технологии-информационного-моделирования> (дата обращения: 01.10.2022).
6. Marco L., Manuele C., Davide T., Benedetta B. BIM Level of Detail for Construction Site Design. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 123. P. 581–589. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.10.111.
7. Moses T., Heesom D., Oloke D. Implementing 5D BIM on construction projects: Contractor perspectives from the UK construction sector. *Journal of Engineering Design and Technology*. 2020. Vol. 18. DOI: 10.1108/JEDT-01-2020-0007.
8. Nicał A., Wodynski W. Enhancing Facility Management through BIM 6D. *Procedia Engineering*. 2016. vol. 164. P. 299–306. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.623.
9. Vozgment N., Astafyeva O. Advantages of BIM modeling in the investment and construction sector in the context of digital transformations of the industry. *Bullet. University*. 2021. Vol. 7. P. 58–66. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-7-58-66.
10. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Инновации и инвестиции. 2019. № 2. С. 209–214.
11. Маковецкая-Абрамова О.В., Лунева С.К., Гаврюшина А.Г. BIM-технологии на службе обеспечения безопасности населения // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2020. № 2 (52). С. 85–88.
12. Eldeep A.M., Farag M.A., Abd El-hafez L.M. Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study. *Ain Shams Engineering Journal*. 2022. Vol. 13. P. 1–7.
13. Liu Q., Cao J. Application Research on Engineering Cost Management Based on BIM. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 183. P. 720–723.
14. Шалина Д.С., Степанова Н.Р. Трансформация технологий информационного моделирования при эксплуатации недвижимости // Фундаментальные исследования. 2021. № 10. С. 77–82.
15. Разработка процесса реализации BIM-проекта. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberpedia.su/11x4016.html> (дата обращения: 10.02.2023).