

УДК 721.01:696

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

А. Б. Невзорова¹, Н. С. Савков²

¹Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», Гомель, Беларусь, e-mail: anevzorova@gstu.by

²Магистр технических наук, инженер-проектировщик, ОДО "ЭНЭКА", Гомель, Беларусь, e-mail: sawkow.nikita@gmail.com

Реферат

Проведен анализ BIM-технологии при реализации строительного проекта по инженерным сетям водоснабжения и канализации. Определены роли участников процесса проектирования. Разработаны карты базовых процессов (сценариев): разработка моделей, проверка и оценка технических решений, Пространственная междисциплинарная координация и выявление коллизий (3D-координация). В качестве основного протокола процесса совместной работы на протяжении всего жизненного цикла проекта предложено документальное обеспечение «План реализации BIM-проекта», в котором определены роли и функции участников. Показано, что построенные блок-схемы представляют собой методологию разработки интегрированного информационно-строительного проекта с использованием BIM-технологий и включают последовательно этапы инициации, планирования, организации, выполнения, контроля и закрытия проекта строительства.

Ключевые слова: BIM-технологии, сети водоснабжения и канализации, строительный проект, жизненный цикл, блок-схема, методология, информационное моделирование зданий.

METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED INFORMATION AND CONSTRUCTION PROJECT USING BIM TECHNOLOGIES

A. B. Nevzorova, N. S. Savkov

Abstract

The analysis of BIM technology in the implementation of a construction project on engineering networks of water supply and sewerage has been carried out. The roles of the participants in the design process are defined. Maps of basic processes (scenarios) have been developed: model development; verification and evaluation of technical solutions; spatial interdisciplinary coordination and collision detection (3D-coordination). As the main protocol of the collaboration process throughout the life cycle of the project, the documentation "BIM Project Implementation Plan" is proposed, which defines the roles and functions of the participants. It is shown that the constructed flowcharts represent a methodology for the development of an integrated information and construction project using BIM technologies and include sequentially the stages of initiation, planning, organization, execution, control and closure of a construction project.

Keywords: BIM technologies, water supply and sewerage networks, construction project, life cycle, flowchart, methodology, building information modeling.

Введение

Затраты на эксплуатацию проекта (например, нового жилого здания) часто упускаются из виду заинтересованными сторонами проекта на этапе проектирования и строительства, несмотря на данные, свидетельствующие о том, что они составляют более половины общих затрат на жизненный цикл [1, 2]. В литературе имеется множество свидетельств, демонстрирующих, что внедрение BIM способствует снижению затрат на проектирование и строительство, повышению производительности и улучшению процессов управления рисками [3-5]. Несмотря на это, можно засвидетельствовать, что внедрение BIM в секторе строительства продвигается достаточно ограничено [6]. В России внедрение BIM технологий внедряется гораздо быстрее, чем в Республике Беларусь [7, 8]. Хотя нормативные документы были приняты еще в 2020 году. По результатам мониторинга установлено, что 72 % опрошенных специалистов-проектировщиков согласились с утверждением, что «клиенты не понимают преимуществ BIM», а 65 % выделили «отсутствие запроса подрядчиков на BIM» в качестве барьера для внедрения BIM [9, 10]. Повторяющейся темой являются фундаментальные проблемы демонстрации ценности BIM на этапе ввода в эксплуатацию. Отчасти это происходит потому, что руководители предприятий, сопровождающие проектные организации и исполнители не в состоянии удовлетворить свои информационные требования, что приводит к созданию BIM-моделей, которые приносят мало пользы на этапе ввода строительного проекта в эксплуатацию [11].

Схема базы данных, классификация объектов BIM и требования к обмену информацией – если они вообще разрабатываются – обычно представлены в форме технической документации и не учитывают организационные требования, конкретно относящиеся к этапу ввода в эксплуатацию. Проблемы внедрения BIM на этапе

ввода в эксплуатацию многогранны. Это включает в себя культурно-образовательные проблемы в отрасли, которая исторически не решается внедрять новые и формирующиеся технологические, а также финансовые проблемы в создании надежного бизнес-обоснования для внедрения BIM. С технологической точки зрения, взаимодействие между данными, связанными с BIM (например, 3D-моделями), и системами управления эксплуатационной информацией, такими как управление корпоративными ресурсами (ERM) ограничен. Кроме того, от информационного менеджера с точки зрения разработанной среды, она практически изолирована на отдельных этапах жизненного цикла и между заинтересованными сторонами, при этом данные часто хранятся в корпоративных программных решениях с плохой совместимостью, что приводит к ручному и часто разрозненному обмену информацией [7, 12]. Это четко подчеркивает необходимость разработки и адаптации междисциплинарных и универсальных приложений [13]. Наконец, из-за недостаточного вовлечения высшего персонала строительства в процессы управления BIM их требованиями часто пренебрегают.

Поэтому целью данного исследования является разработка методологии проектирования модели BIM для строительного проекта (в частности систем водоснабжения и канализации) для поддержки ее эксплуатации на этапе ввода в эксплуатацию.

Разработка собственной методологии

Разработка собственной методологии выполнения проекта в информационном моделировании зданий (BIM) является индивидуальным процессом, который зависит от конкретных потребностей и предпочтений организации-заказчика. Рассмотрим общие этапы, которые можно рассмотреть при разработке методологии выполнения проекта в BIM:

Определение целей проекта: четко определить цели вашего проекта, такие как улучшение эффективности проектирования, сокращение издержек или повышение качества проектной документации. Цели помогут сосредоточиться на необходимых этапах и задачах в рамках BIM.

Анализ требований проекта: тщательно изучить требования конкретного проекта, включая спецификации, графики, бюджет и другие ограничения. Это поможет определить, какие BIM-процессы и методы необходимо внедрить.

Изучение стандартов и лучших практик: изучить и проанализировать существующие стандарты и лучшие практики в области BIM, такие как ISO 19650 и другие руководства. Использование установленных стандартов поможет обеспечить совместимость и согласованность в работе с другими участниками проекта.

Определение ролей и ответственностей: определить роли и ответственности всех участников проекта, включая проектировщиков, строителей, заказчика и других заинтересованных сторон. Указать, какие задачи должны быть выполнены в рамках BIM и кто несет ответственность за каждую из них (рисунок 1).

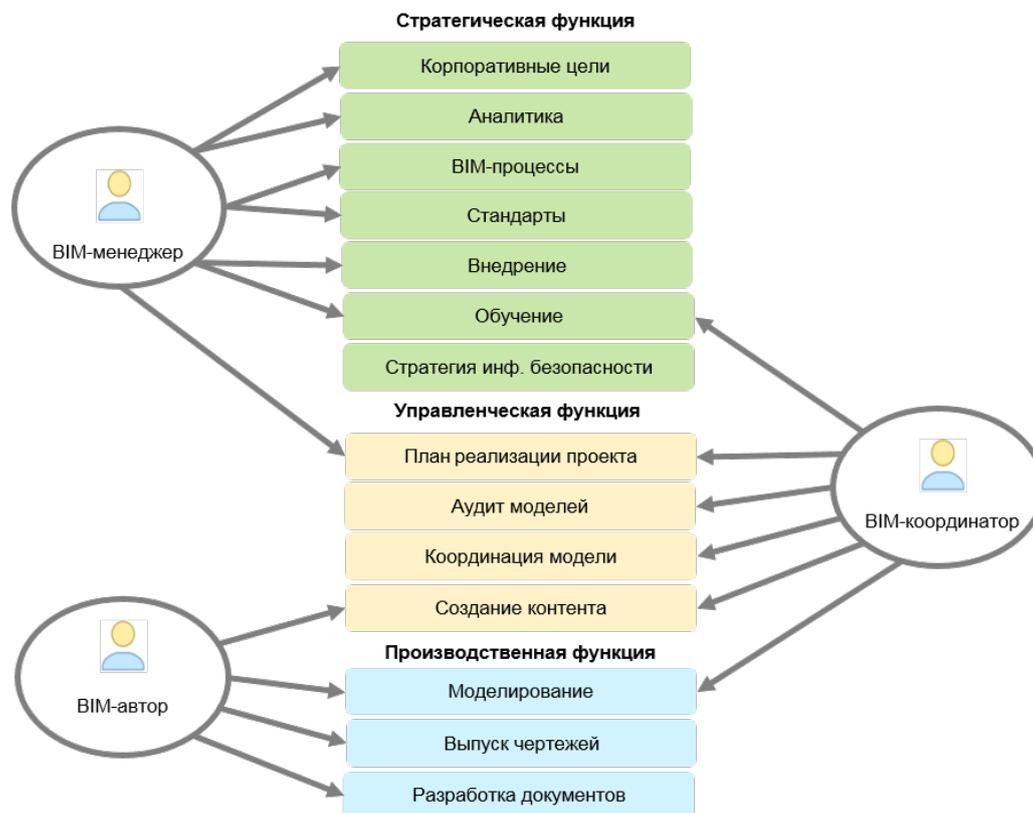


Рисунок 1 – Определение ролей участников процесса проектирования

Выбор BIM-инструментов: определить, какие программные инструменты и технологии BIM будут использованы в конкретном проекте. Рассмотреть функциональность инструментов, их совместимость и возможности интеграции с другими системами.

Обучение и поддержка: обеспечить достаточное обучение и поддержку для всех участников проекта, чтобы они могли эффективно использовать BIM-инструменты и следовать разработанной методологии. Это может включать обучение внутреннего персонала, найм специалистов или обращение к поставщикам услуг.

Непрерывное улучшение: внедрение BIM-методологии является процессом, который можно и нужно постоянно улучшать. Необходимо следить за результатами проекта, выявлять узкие места и проблемы и вносить соответствующие корректировки в методологию для повышения эффективности и результативности.

При выполнении проекта информационной модели систем водоснабжения и канализации [10, 12] необходимо руководствоваться основными нормативными документами и законодательными актами, действующими на территории Республики Беларусь, такими как:

СН 4.01.01-2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», СН 2.02.02-2019 «Противопожарное водоснабжение», СН 4.01.03-2019 «Внутренние сети водоснабжения и канализации», П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 «Проектирование систем внутреннего водоснабжения зданий», П2-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 «Проектирование систем внутренней канализации зданий», СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения», а также при оформлении рабочей документации использовать норматив-

ный документ «ГОСТ Р 21.620-2023 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения проектной документации внутренних систем и наружных сетей канализации».

Для определения основных принципов информационного моделирования, а также целевых требований к информационным моделям и процессам моделирования, соответствующих настоящему времени, в мировой практике стандартизации BIM вводится понятие модели зрелости технологии BIM.

На рисунке 2 приведена модель зрелости технологии BIM, отображающая продвижение от 2D CAD до BIM Уровня 3.

Уровень 2. Это целевой уровень зрелости технологии BIM, принятый к реализации в настоящее время во всех международных и зарубежных документах по стандартизации BIM. Основное отличие от предыдущих уровней и основная цель этого уровня – организация совместной скоординированной работы многодисциплинарных проектных групп на основе сводной модели, размещаемой в среде общих данных. Для обеспечения интероперабельности используются как нативные, так и открытые форматы, и схемы представления данных. Обмен данными осуществляется на уровне 3D-геометрии и атрибутивной информации. Данный уровень предполагает добавление следующих измерений: 4D (время) и 5D (стоимость) и частичное использование BIM на всех стадиях жизненного цикла объекта. На данном уровне могут выполняться работы по автоматизированному сбору данных по моделям и автоматизированным проверкам на коллизии.

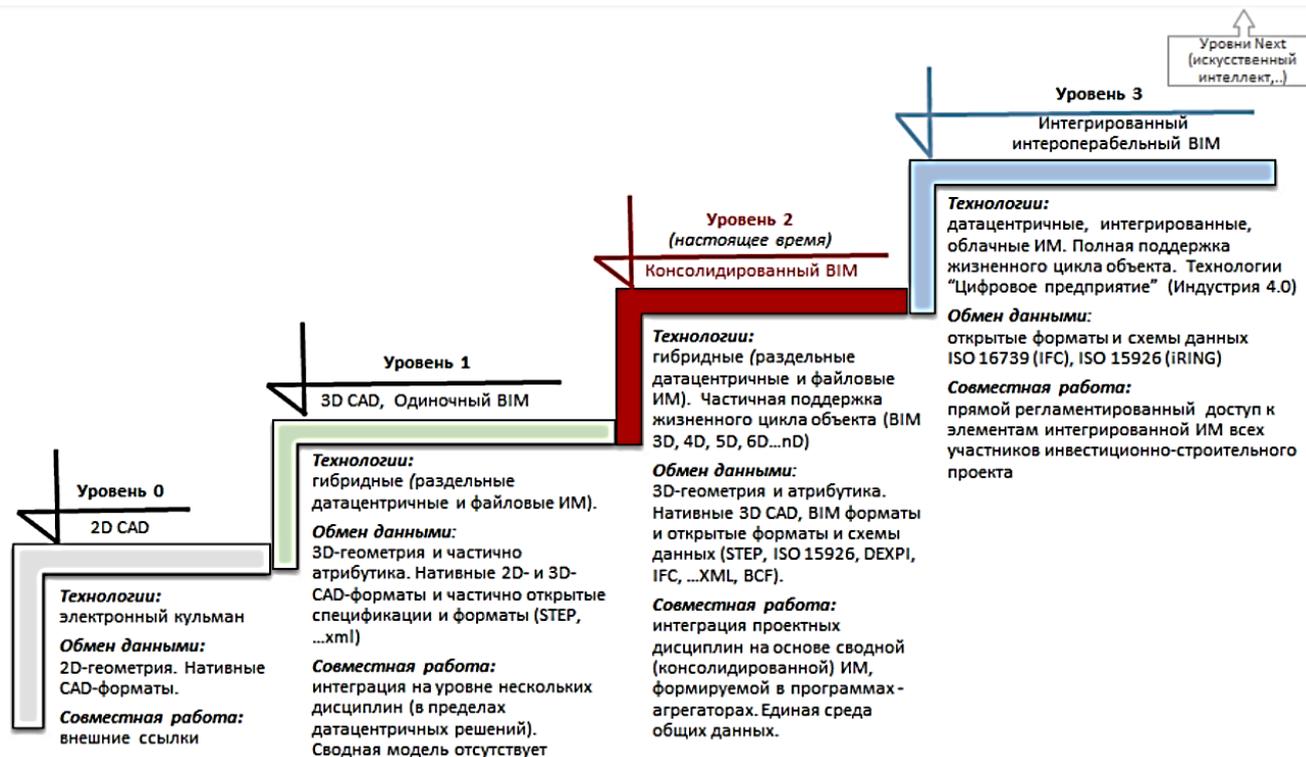


Рисунок 2 – Уровни зрелости технологии BIM

Уровень 3. Предполагает работу посредством web-сервисов всех проектных дисциплин и всех участников инвестиционно-строительного проекта к единой интегрированной датацентричной BIM-модели на основе открытых схем (онтологий) и форматов данных, семантик и классификаций. В настоящее время не существует документов по стандартизации этого уровня.

Уровень 2 зрелости технологии информационного моделирования включает следующие основные требования к BIM:

- разработка BIM-моделей по отдельным дисциплинам и организация обмена информацией между ними на основе сводных моделей, внешних ссылок или непосредственного обмена информацией;
- четкое определение информационных требований технического заказчика (EIR);
- оценка квалификации исполнителей проекта;
- предоставление исполнителями BIM-проекта плана реализации BIM-проекта (BEP);
- обеспечение единой среды общих данных (CDE);
- разработка BIM-моделей с использованием программного обеспечения, поддерживающего технологию информационного моделирования.

Анализ целей и определение задач применения BIM

Одним из наиболее важных этапов в процедуре планирования BIM-проекта является определение потенциальной ценности BIM для достижения поставленных целей проекта [9]. Для этого на начальном этапе следует проанализировать информационные требования заказчика и определить соответствующие им задачи применения BIM. Результаты анализа рекомендуется сводить в табличной форме.

Задачи применения BIM рекомендуется разделять на основные (первостепенные) и дополнительные (второстепенные). К основным, по состоянию современного уровня внедрения BIM в промышленных отраслях, относятся:

- производство модели;
- пространственная междисциплинарная координация и выявление коллизий (3D-координация); проверка и оценка технических решений;
- выпуск чертежей и спецификаций.

Каждую задачу применения BIM рекомендуется кратко описывать. Описание должно включать, в том числе, краткую аннотацию, результаты работ и способы их проверки, необходимые компетенции исполнителей, требуемое программное обеспечение и другие аспекты.

После описания используемых в проекте задач применения BIM рекомендуется разработать процессы (сценарии) реализации для каждой задачи применения BIM, а также разработать и согласовать процесс верхнего уровня, описывающий взаимосвязь BIM-сценариев.

Для разработки процессов информационного моделирования рекомендуется использовать методику, изложенную в ГОСТ Р 57310-2016 «Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат».

На рисунках 3–5 приведены примеры карт процессов (сценариев). Процесс (сценарий) «Разработка модели» является базовым для выполнения остальных сценариев. Результат его реализации – это информационная модель проектируемого объекта. В отличие от прочих сценариев «Разработка модели» является обязательным для выполнения в проекте по информационному моделированию.

Разработка структуры и содержания BIM-моделей и процедуры обмена информацией

После разработки карты BIM-процессов необходимо определить процедуры обмена информацией. Основная цель этого этапа – определить информационные потребности участников BIM-проекта для реализации задач применения BIM.

Основными носителями информации в BIM являются элементы информационных моделей, которые аккумулируют ее в процессе разработки проекта. Вследствие этого объем геометрической и атрибутивной информации, необходимой и достаточной для решения проектных задач, рекомендуется задавать через уровни проработки элементов моделей, а разработка требований к LOD является основной задачей планирования процедур обмена информацией между всеми участниками проекта. Особое значение эта процедура приобретает при наличии внешних проектных групп (субпроектировщиков), работу которых необходимо скоординировать генпроектировщику.

Для структурирования и группировки требований к уровням проработки на различных этапах проекта рекомендуется разрабатывать таблицы информационных обменов, например, в виде сводной спецификации LOD. Данная спецификация определяет, какая информация, кем и когда должна быть предоставлена в совместное пользование.

Сводная спецификация LOD для однотипных объектов, проектирование которых осуществляется без привлечения субпроектных организаций, может быть стандартизована и включена в BIM-стандарт организации.

Основные принципы обмена информацией:

- обмен информацией должен осуществляться на регулярной основе в объеме, достаточном для реализации всех задач применения BIM;

- обмен информацией должен осуществляться путем организации регламентированного доступа участников проекта к информационным моделям, размещаемым в среде общих данных;

- объем, состав и содержание геометрической и атрибутивной информации, которой обмениваются участники проекта, рекомендует определять путем формирования требований к LOD;

- передаваемая информация должна быть целостной и однозначно определена по смыслу для всех участников проекта;

- обмен информацией должен осуществляться в форматах, согласованных всеми участниками проекта.

Следует отметить, что карты BIM-процессов (сценариев) и сводные спецификации LOD делают процедуру планирования понятной всем участникам и будут способствовать ходу выполнения проекта в течение всего процесса реализации. Эти два инструмента определяют информацию, которая должна создаваться на всех этапах применения BIM, и участников проекта, ответственных за представление и получение информации.

Структура моделей

При организации структуры данных в составе BIM-моделей следует учитывать:

- структуру разделов проектной документации или комплектов марок чертежей рабочей документации;

- вид объекта строительства;

- число и состав проектных групп;

- особенности реализации конкретного программного обеспечения для коллективного доступа к данным BIM-моделей.

Для обеспечения многопользовательского доступа к BIM-моделям и создания комфортной среды для коллективной работы информационную модель необходимо разделять, например, по дисциплинам проекта. В зависимости от разрабатываемой части проекта модели рекомендуется разделять:

- технологические и инженерные разделы – на системы и технологические линии по их функциональному назначению, по зданиям (сооружениям);

- архитектурную часть – по уровням (этажам), секциям, зданиям (сооружениям);

- конструкторскую часть – по деформационным швам, захваткам бетонных и металлических конструкций, по зданиям (сооружениям).

Разделение модели также осуществляется с учетом структуры среды общих данных.

Планирование потребности в ресурсах в общем случае включает:

- определение потребности в человеческих ресурсах, включая определение ролей и функций участников процесса информационного моделирования, а также при необходимости повышение их квалификации;

- определение потребности в материальных ресурсах – аппаратном обеспечении;

- определение потребности в нематериальных ресурсах – программном обеспечении, каталогах компонентов, прикладных базах данных и т. п.

Совместная работа участников проекта должна осуществляться в едином информационном пространстве – среде общих данных (СОД). В рамках проекта должны быть разработаны и внедрены процедуры контроля процесса информационного моделирования и качества информационных моделей.

Документ «План реализации BIM-проекта»

Результаты процесса планирования BIM-проекта должны быть зафиксированы в документе «План реализации BIM-проекта».

Цель этого документа — зафиксировать согласованные стратегии и процессы для всей команды проекта. Он должен служить основным протоколом процесса совместной работы на протяжении всего жизненного цикла проекта, и предполагается, что он будет развиваться с самого начала и до конца процесса информационного моделирования. Благодаря этому документу проектные группы и руководство проектом совместно соглашаются в том, как, когда, почему, на каком уровне и для обеспечения каких результатов проекта будет использоваться BIM.

В этом документе рассматриваются рабочие процессы проекта, создание моделей, участники проекта и совместное использование информации. Потребность во взаимодействии возрастает по мере реализации BIM-проекта, и этот документ является одной из частей представления всего проекта. Этот документ будет поддерживать связь между различными участниками проекта, которые будут реализовывать согласованную BIM-стратегию, в противном случае ее потенциальная эффективность будет потеряна.

В качестве основы структуры Плана реализации BIM-проекта рекомендуется использовать документ «The BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1, Penn State». Согласно этому документу, примерная структура разделов документа «План реализации BIM-проекта» включает следующие разделы:

Раздел 1. Краткое описание проекта: содержит общую информацию о назначении плана реализации проекта и другую общую информацию о документе.

Раздел 2. Сведения об объекте строительства, сроках реализации проекта, перечень исходных данных: содержит информацию об основных характеристиках объекта строительства, сроках реализации каждого этапа проекта, а также краткий перечень исходных данных.

Раздел 3. Ключевые контакты проекта: содержит контактную информацию о ключевых участниках, которые определены на текущем этапе реализации проекта.

Раздел 4. Цели и задачи применения BIM: содержит подробное описание целей и соответствующих им задач применения.

Раздел 5. Роли и функции основных участников: содержит описание основных ролей и функций участников BIM-проекта, а также требуемые человеческие ресурсы.

Раздел 6. Карты BIM-процессов: содержат карты BIM-процессов (сценариев) по задачам применения BIM.

Раздел 7. Процедуры обмена данными: включает описание процедур обмена данными и сводную спецификацию LOD.

Раздел 8. Требования к информационным моделям: включает требования к BIM-моделям, согласованные с информационными требованиями заказчика.

Раздел 9. Процедуры совместной работы: содержит описание процедур совместной работы в среде общих данных, форматы обмена данными и регламенты работы в системах управления инженерными данными.

Раздел 10. Процедуры контроля качества: содержит описание процедур контроля процесса информационного моделирования и качества BIM-моделей.

Раздел 11. Потребности в ресурсах: потребности в аппаратном и программном обеспечении, каталоги компонентов, шаблоны, базы данных и т. п.

Раздел 12. Структура и содержание информационных моделей: содержит описание структуры и состава информационных моделей, правила разделения моделей, систему именования, общую систему координат.

Раздел 13. Результаты процесса информационного моделирования: содержит требуемые результаты процесса информационного моделирования на каждом этапе проекта.

Раздел 14. Стратегия реализации: содержит информацию о договоре.

Раздел 15. Приложения.

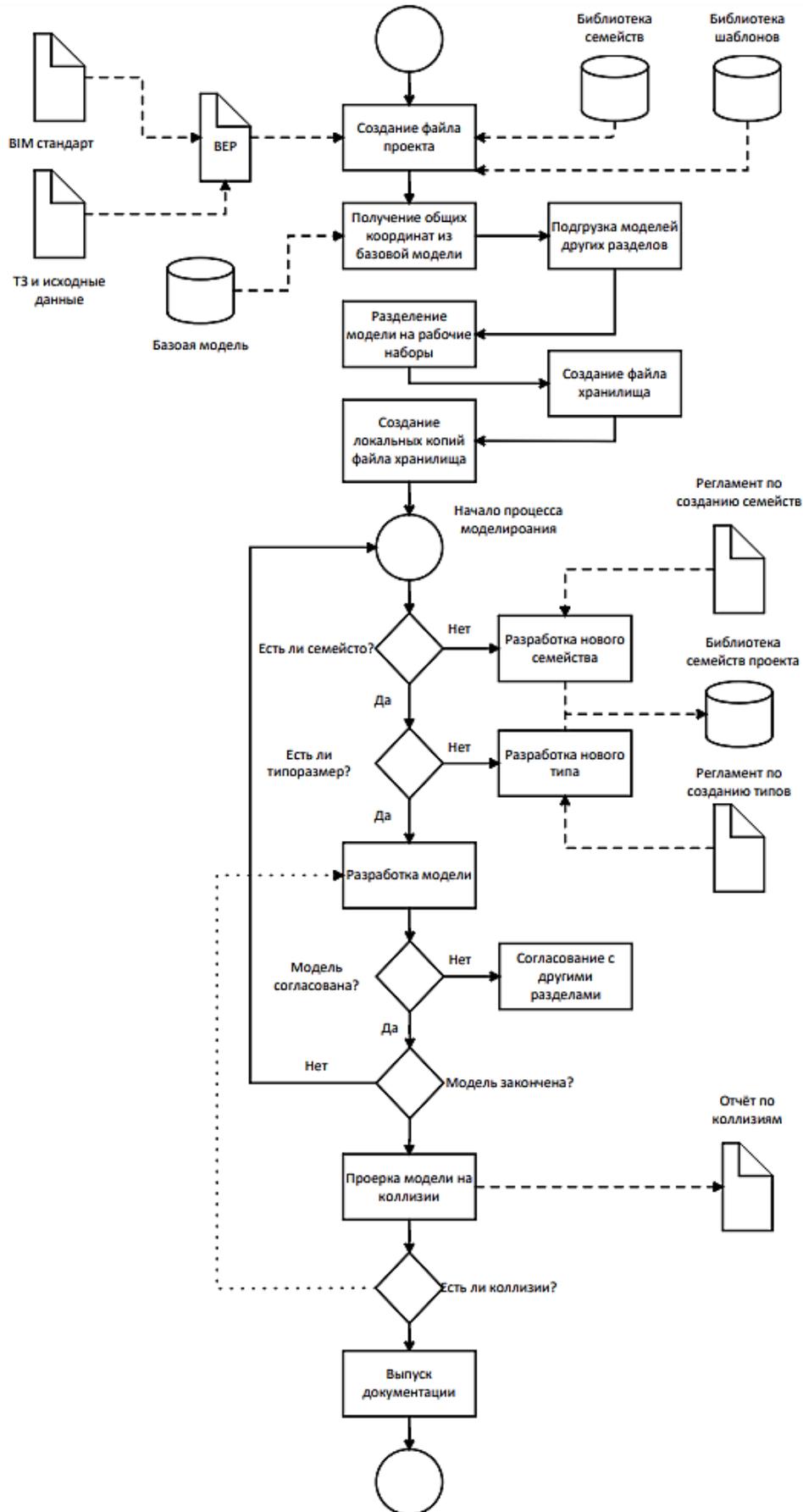


Рисунок 3 – Пример процесса (сценария) «Разработка модели»

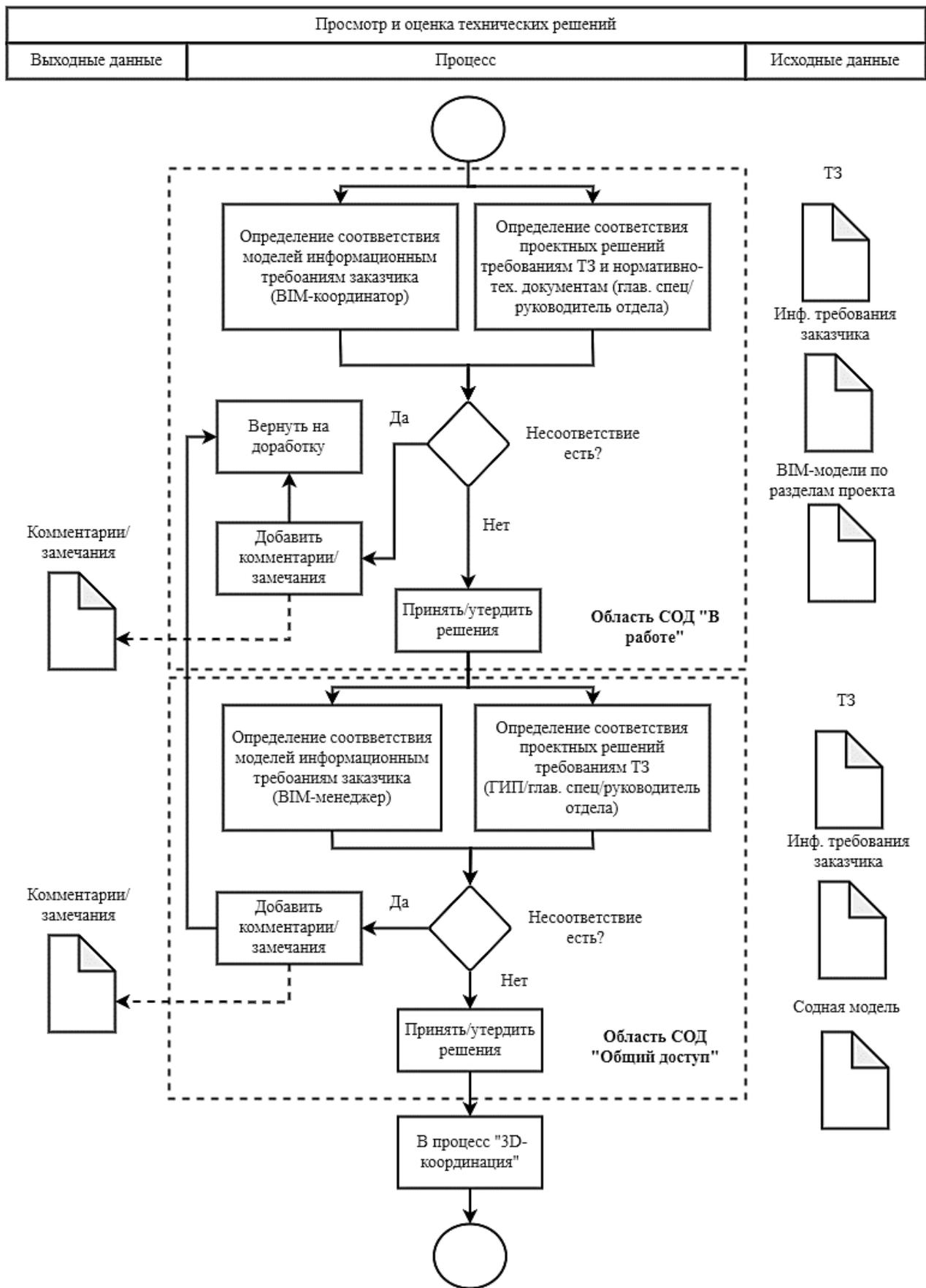


Рисунок 4 – Пример процесса (сценария) «Проверка и оценка технических решений»

Роли и функции участников BIM-проекта

Применение в проектах технологии информационного моделирования (BIM) позволяет вести разработку проекта в трехмерном пространстве, благодаря чему открываются новые возможности, но и одновременно влечет за собой изменение традиционных проектных процессов, в том числе таких, как:

- перераспределение объемов работ по стадиям;
- процессы совместной работы над проектом, междисциплинарной координации и согласования проектных решений;
- процессы организации коммуникаций между участниками проекта;
- процессы проверки и оценки технических решений;
- процессы внесения изменений в проект;
- процессы контроля изменений;
- процессы контроля объемов и качества проектных работ;
- процессы подготовки технической документации;

- комплектация и передача результатов проекта (информационные модели и техническая документация в цифровых форматах);
- процессы работы с внешними организациями;
- коммерческо-договорная работа.

С переходом от традиционных проектных процессов появляются новые роли, в том числе такие, как BIM-менеджер и BIM-координатор. Также у традиционных участников проекта, проектировщиков, руководителей проекта, руководителей подразделений, IT-служб и у руководства организации появляются новые роли и соответствующие функции. Для успешной реализации BIM-проектов в организации необходимо предусмотреть роли, выполняющие стратегические, управленческие и производственные функции, которые могут выполняться на различных уровнях: уровне организации и уровне проекта. На рисунке 6 представлена примерная структура основных ролей в организации.

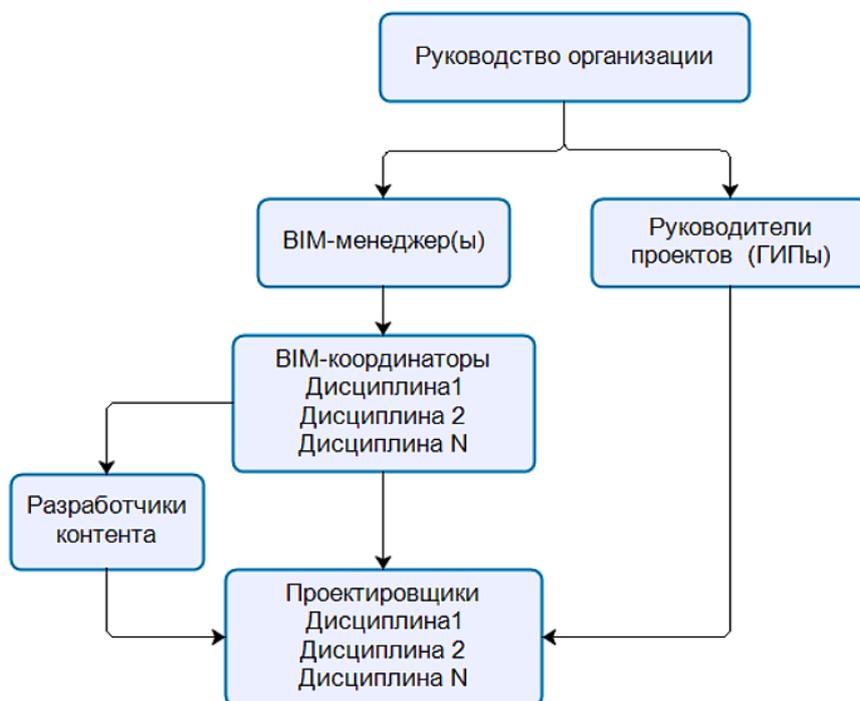


Рисунок 6 – Примерная структура основных ролей в организации

Руководство организации – группа лиц, поддерживающих BIM-стратегию организации и ответственных за своевременное финансирование BIM-бюджета.

Руководители проектов (ГИПы) – группа лиц, ответственных за управление проектами в соответствии с Планами реализации BIM-проектов.

BIM-менеджер(ы) – лицо или группа лиц, ответственных за внедрение технологии информационного моделирования на уровне организации и за техническую реализацию процессов информационного моделирования на уровне проекта.

BIM-координаторы – группа лиц, ответственных за реализацию процессов информационного моделирования на уровне определенной дисциплины проекта.

Разработчики контента – группа лиц, ответственных за разработку контента для информационного моделирования в соответствии с заданиями на разработку.

Проектировщики – проектные группы, ответственные за разработку дисциплинарных информационных моделей и технической документации в соответствии с Планами реализации BIM-проектов.

Среда общих данных определяет регламент совместной работы над BIM-проектом в соответствии со стандартом BS1192:2007+A2:2016. Основным фактором совместной работы участников проекта является способность к коммуникации, эффективному использованию и обмену актуальными данными без потерь и искажений.

Плохо подготовленная и скоординированная проектная информация является одной из причин увеличения сроков проектов, задержек, расходов и конфликтов. Процедура СОД предназначена для обеспечения надежного многократного обмена актуальной, проверенной информацией между участниками проекта для поддержки высокого качества проектов. СОД – это один из способов предоставить членам команды проекта возможность работать сообща, более эффективно и безошибочно (рисунок 7).

Обмен данными должен осуществляться через общую среду данных. Это единственный источник информации для проекта, используемый для сбора, разработки, управления, использования и распространения документации, информационных моделей и прочих графических и неграфических данных для всей команды проекта. Данные должны быть проверены; информация, не требуемая для обмена, должна быть удалена.



Рисунок 7 – Процедура СОД

Заключение

В статье рассмотрены общие этапы и роли участников процесса проектирования при разработке методологии выполнения проекта в BIM для реализации строительного проекта по инженерным сетям водоснабжения и канализации. Карты базовых процессов (сценариев): разработка моделей; проверка и оценка технических решений; пространственная междисциплинарная координация и выявление коллизий (3D-координация) позволили определить информационные потребности участников BIM-проекта для реализации задач применения BIM.

В качестве основного протокола процесса совместной работы на протяжении всего жизненного цикла проекта предложено формировать документальное обеспечение «План реализации BIM-проекта», в котором будут определены роли и функции участников. Показано, что построенные блок-схемы представляют собой методологию разработки интегрированного информационно-строительного проекта с использованием BIM-технологий и включают последовательно этапы инициации, планирования, организации, выполнения, контроля и закрытия проекта строительства.

Тематическое исследование продемонстрировало тот факт, что разработанная методология может способствовать большей интеграции BIM в управление активами строительной компании.

Список цитированных источников

1. Крохин, Д. Н. Как применение новейших технологий в архитектуре упрощает создание строительных проектов / Д. Н. Крохин // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 7. – С. 343–347.
2. Вайсман, С. М. Разработка организационно-технологических решений в строительстве с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) / С. М. Вайсман, А. Х. Байбури // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2016. – № 4 (Т. 16). – С. 21–28.
3. Heaton, J. Design and development of BIM models to support operations and maintenance / James Heaton, Ajith Kumar Parlikada, Jennifer Schooling // Computers in Industry. – 2019. – № 111. – P. 172–186.
4. Рахматуллина, Е. С. BIM-моделирование как элемент современного строительства / Е. С. Рахматуллина // Российское предпринимательство. – 2017. – № 19 (Т. 18). – С. 2849–2866.
5. Лазаренко, О. В. Внедрение BIM-технологий в отрасли строительного комплекса Республики Беларусь / О. В. Лазаренко, А. Н. Ягубкин // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 8. – С. 52–57.
6. Лушников, А. С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях / А. С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6. – С. 252–256.
7. Шалобыта, Н. Н. Мировой и отечественный опыт нормирования в области информационного моделирования зданий и сооружений / Н. Н. Шалобыта, О. А. Акулова, Е. Н. Шалобыта // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2022. – № 1 – С. 53–61.
8. Мальцевич, И. В. Цифровизация строительной отрасли Республики Беларусь как важнейший фактор роста ее конкурентоспособности / И. В. Мальцевич // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2021. – № 3 (86). – С. 55–66.
9. Невзорова А.Б. Основные принципы информационного моделирования зданий: пособие/ А. Б. Невзорова, М. С. Афонченко. – Гомель, БелГУТ, 2017. – 107 с.
10. Савков, Н. А. Использование BIM-технологий в проектировании систем водоснабжения и канализации / Н. А. Савков // Водоснабжение, химия и прикладная экология: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22 марта, 2022 г. – Гомель: БелГУТ, 2022. – С. 126–128.

11. Талапов В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий: монография / В. В. Талапов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
12. Невзорова, А. Б. Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб.-метод. пособие / А. Б. Невзорова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.
13. Особенности использования информационного моделирования в проектировании и строительстве инновационных транспортно-инфраструктурных комплексов UST / А. Э. Юницкий [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 2. – С. 97–102.
6. Lushnikov, A. S. Problemy i preimushchestva vnedreniya BIM-tekhnologij v stroitel'nyh kompaniyah / A. S. Lushnikov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2015. – № 6. – С. 252–256.
7. SHalobyta, N. N. Mirovoj i otechestvennyj opyt normirovaniya v oblasti informacionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij / N. N. SHalobyta, O. A. Akulova, E. N. SHalobyta // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2022. – № 1 – С. 53–61.
8. Mal'cevich, I. V. Cifrovizaciya stroitel'noj otrasli Respubliki Belarus' kak vazhnejshij faktor rosta ee konkurentosposobnosti / I. V. Mal'cevich // Vestnik Gomeľskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P. O. Suhogo. – 2021. – № 3 (86). – С. 55–66.

References

1. Krohin, D. N. Kak primeneniye novejshih tekhnologij v arhitekture uproshchaet sozdanie stroitel'nyh proektov / D. N. Krohin // Innovacii i investicii. – 2023. – № 7. – С. 343–347.
2. Vajsman, S. M. Razrabotka organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij v stroitel'stve s ispol'zovaniem tekhnologij informacionnogo modelirovaniya (TIM) / S. M. Vajsman, A. H. Bajburin // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2016. – № 4 (Т. 16). – 2016. – С. 21–28.
3. Heaton, J. Design and development of BIM models to support operations and maintenance / James Heaton, Ajith Kumar Parlikada, Jennifer Schooling // Computers in Industry. – 2019. – № 111. – P. 172–186.
4. Rahmatullina, E. S. BIM-modelirovanie kak element sovremennogo stroitel'stva / E. S. Rahmatullina // Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2017. – № 19 (Т. 18). – С. 2849–2866.
5. Lazarenko, O. V. Vnedrenie BIM-tekhnologij v otrasli stroitel'nogo kompleksa Respubliki Belarus' / O. V. Lazarenko, A. N. YAgubkin // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. – 2020. – № 8. – С. 52–57.
9. Nevzorova A.B. Osnovnye principy informacionnogo modelirovaniya zdaniy: posobie/ A. B. Nevzorova, M. S. Afonchenko. – Gomeľ, BelGUT, 2017. – 107 s.
10. Savkov, N. A. Ispol'zovanie BIM-tekhnologij v proektirovanii sistem vodosnabzheniya i kanalizacii / N. A. Savkov // Vodosnabzhenie, himiya i prikladnaya ekologiya : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Gomeľ, 22 marta, 2022 g. – Gomeľ : BelGUT, 2022. – С. 126–128.
11. Talapov V. V. Osnovy BIM. Vvedenie v informacionnoe modelirovanie zdaniy: monografiya / V. V. Talapov. – М. : ДМК Press, 2011. – 392 s.
12. Nevzorova, A. B. Avtomatizaciya tekhnologicheskikh processov sistem vodosnabzheniya i kanalizacii : ucheb.-metod. posobie / A. B. Nevzorova ; M-vo transp. i kommunikacij Resp. Belarus', Belorus. gos. un-t transp. – Gomeľ : BelGUT, 2022. – 151 s.
13. Osobennosti ispol'zovaniya informacionnogo modelirovaniya v proektirovanii i stroitel'stve innovacionnyh transportno-infrastrukturnykh kompleksov UST / A. E. YUnickij [i dr.] // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2023. – № 2. – С. 97–102.

Материал поступил 06.02.2024, одобрен 09.03.2024, принят к публикации 11.03.2024