

Разработка модуля автоматического сопоставления чертежей с цифровой информационной моделью здания

Грахов Валерий Павлович

профессор, доктор экономических наук, Ижевский Государственный Технический Университет им. М.Т. Калашникова, pgs@istu.ru,

Перевозчиков Георгий Владимирович

аспирант, Ижевский Государственный Технический Университет им. М.Т. Калашникова, georgepv0709@gmail.com,

Буланкин Александр Викторович

Архитектор разработки ООО «БИМИТ»

В статье рассматривается проблема контроля согласованности проектной документации в формате графической части с исходной цифровой информационной моделью здания. Актуальность работы обусловлена рутинным характером и высокой трудоемкостью процесса верификации, а также рисками возникновения ошибок при ручном сопоставлении. Предложено решение в виде специализированного модуля, реализованного в рамках плагина БИМИТ для среды Autodesk Revit. Модуль автоматизирует процесс экспорта видов и листов из Revit, их передачу в программный комплекс БИМИТ с последующим автоматическим сопоставлением с моделями в формате IFC. Описаны принципы работы модуля.

Ключевые слова: информационное моделирование, ТИМ, автоматизация проектирования, контроль качества, чертежи, цифровая модель, IFC, Autodesk Revit, плагин, БИМИТ.

Введение

На данном этапе развития строительная отрасль в России проходит процесс цифровизации. Постоянно выпускаются национальные стандарты, например предназначенных облегчить интероперабельность программных средств, используемых на всех этапах жизненного цикла здания. Ключевой проблемой этого процесса является необученность проектировщиков для работы с цифровыми моделями зданий, как следствие – низкое качество подготовляемых моделей. Из-за этого происходит большой разрыв между графической частью проектной документации и моделями, на основании которых чертежи должны формироваться.

Целью данной работы является описание разработанного инструмента для верификации чертежей с цифровой информационной моделью зданий. Инструмент является одной из функций интегральной оценки качества проектной документации, созданной на основании цифровой информационной модели.

Цель исследования

Разработка и описание модуля автоматического сопоставления чертежей с цифровой информационной моделью.

Задачи исследования

Проанализировать существующую нормативно-правовую базу, регулирующую необходимость верификации проектной документации с цифровыми моделями зданий.

Проанализировать существующие подходы к верификации проектной документации с цифровыми моделями зданий.

Сформировать гипотезу и требования к программному обеспечению, позволяющему оптимизировать процесс верификации.

Обозначить актуальность предлагаемого решения на основании существующих исследований по эффективности работы с цифровыми информационными моделями зданий.

Разработать архитектуру и алгоритм работы модуля, встраиваемого в САПР-систему Revit для работы в ПО «БИМИТ»

Оценить результат и обозначить перспективы развития модуля.

Существующая нормативно правовая база, регулирующая необходимость верификации проектной документации с цифровыми моделями зданий

Переход строительной отрасли России на технологии информационного моделирования (BIM) — это общемировой тренд, направленный на повышение качества, сокращение сроков и стоимости строительства. Ключевым элементом этого процесса является цифровая информационная модель здания или сооружения. Однако ее использование невозможно без четкой регламентации. В России формирование нормативно-правовой базы, регулирующей необходимость верификации (проверки и сверки) традиционной проектной документации с цифровыми моделями, находится на активной стадии развития.

Несмотря на отсутствие прямых нормативных требований по верификации цифровых информационных моделей зданий с чертежами, правовая база уже содержит ряд важных положений, которые создают основу для этого процесса:

ПНСТ 909-2024 «Требование к цифровым информационным моделям объектов непроизводственного назначения. Часть 1. Жилые здания». Национальный стандарт позволит систематизировать и стандартизировать требования к цифровым информационным моделям жилых зданий. Автоматизация обработки данных из создаваемых цифровых информационных моделей позволит соблюсти требования законодательства и решить прикладные задачи: быстрее готовить проектную и рабочую документацию, заполнять ведомости строительных материалов, проводить работу с другими типовыми сценариями применения ТИМ.

Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 "Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов". Постановлением определен порядок формирования и ведения информационной модели объектов капитального строительства, в том

числе состав сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требования к форматам указанных электронных документов являются обязательными к применению в случаях, установленных постановлением Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».

На сегодняшний день в федеральном законодательстве отсутствует прямая норма, которая бы обязывала застройщика или проектировщика в обязательном порядке создавать и предоставлять на проверку цифровую модель для всех типов объектов. Традиционная бумажная или электронная PDF-документация по-прежнему остается единственным официальным документом, утверждаемым для производства строительно-монтажных работ.

Существующие подходы к верификации чертежей и цифровых информационных моделей и программные продукты, позволяющие это делать

Контроль согласованности выпускаемой графической части в проектной документации с цифровой моделью является важной задачей на заключительных этапах проектирования и проведения экспертизы. Корректная верификация показывает насколько точно собраны ведомости объемов работ, так как становится понятно, собирались объемы с цифровой модели или подсчитывались вручную

В настоящее время можно выделить два основных существующих подхода решения данной задачи:

1. Ручная верификация

Считается наиболее распространенным и используемым методом. Принцип верификации основывается на визуальном попарном сравнении каждого чертежа (вида, разреза, узла) с соответствующими элементами и сечениями в цифровой информационной модели. Процесс может выполняться проектировщиком, специалистом по контролю качества, экспертом.

Преимущества:

Не требуется специального программного обеспечения;

Не требуется наличия компетенций по конкретным программным продуктам, то есть метод доступен всем.

Недостатки:

Высокая трудоемкость и стоимость;

Низкая скорость проверки;

Влияние человеческого фактора, возможность упустить ошибки;

Неполнота проверки;

Сложность систематизации данных, сложность фиксирования и дальнейшей аналитики проверенных узлов, планов, сечений.

Верификация через САПР систему

Метод такого контроля используется редко. В этом случае у совершающего сопоставление чертежей с цифровой информационной моделью должны быть достаточные компетенции для работы в САПР-системе. Должно быть установлено необходимое программное обеспечение. Экспертиза же не получается файлы в проприетарном формате, а взаимодействует с цифровой информационной моделью через открытый формат IFC.

Преимущества:

Высокая точность проверки; - Прозрачность данных для проверки; - Возможность систематизировать данные.

Недостатки:

Необходимо установить программное обеспечение;

Необходимы углубленные знания в ПО;

Если модель разрабатывалась в иностранном ПО, то организации государственного сектора не могут с ним взаимодействовать.

На данный момент автоматическая верификация 2d чертежей с цифровой информационной моделью реализована в мире только в одном продукте – Швейцарская вендер компания «Revizto»[1]. Revizto - платформа для совместной работы и координации проектных данных, ориентированная на визуализацию и управление информацией в строительстве и проектировании.

Revizto не является узкоспециализированным инструментом для автоматического сопоставления, как описано в нашей гипотезе. Его подход основан на интеграции и визуализации, что решает проблему рассогласований косвенно.

Гипотеза и требования к программному обеспечению, позволяющему оптимизировать процесс верификации цифровой информационной модели здания с чертежами

Гипотеза: Создание специализированного алгоритма автоматического сопоставления, основанного на компьютерном зрении и анализе семантических данных, позволит в автоматическом режиме с точностью не менее 95% выявлять и классифицировать рассогласования между векторными элементами чертежей и объектами цифровой информационной модели. Ключевые положения:

Распознавание контекста: Алгоритм способен отличать несущие конструкции от отделочных элементов на основе анализа веса линий, типов штриховки и пространственного положения

Иерархия проверок: Система реализует многоуровневую верификацию - от грубого позиционирования до точного параметрического сравнения

Адаптивное обучение: Механизм машинного обучения позволяет системе улучшать точность распознавания на основе предыдущих проверок

Функциональные требования

1. Распознавание и парсинг чертежей

автоматическое определение масштаба и системы координат чертежа

распознавание слоев (layers) и их семантического назначения

классификация векторных примитивов (линии, дуги, сплайны) по типам строительных элементов

извлечение текстовых аннотаций и их привязка к графическим элементам

2. Сопоставление геометрии

сравнение контуров с допуском ± 5 мм в масштабе проекта

определение соответствия пространственных позиций

анализ пересечений и коллизий между элементами

проверка полноты отображения элементов модели на чертежах

Верификация атрибутов

сопоставление маркировок и обозначений

проверка соответствия материалов и спецификаций

Технические требования

1. Точность и производительность

точность распознавания: $\geq 95\%$

- время обработки одного листа: < 60 секунд

контроль соблюдения условных обозначений

поддержка параллельной обработки multiple sheets

2. Алгоритмические требования

использование R-tree для пространственного индексирования

реализация алгоритмов computational geometry для сравнения контуров

применение NLP для анализа текстовых аннотаций

3. Обработка исключений

фиксация частично распознанных элементов

классификация типов несоответствий по критичности

генерация рекомендаций по устранению ошибок

Интерфейсные требования

1. Визуализация процесса

интерактивная карта соответствий/несоответствий

Heat-map плотности ошибок

дерево прогресса проверки в реальном времени

2. Настройка параметров

регулировка чувствительности обнаружения

настройка весов различных типов проверок

профили проверки для разных дисциплин (архитектура, КМ, ОВБК)

Метрики успешности реализации:

полнота охвата: 98% элементов модели должны быть корректно сопоставлены

точность позиционирования: средняя погрешность ≤ 3 мм

производительность: обработка типового этажа ≤ 5 минут

минимизация ложных срабатываний: $\leq 5\%$ от общего числа обнаруженных несоответствий

Такой модуль позволит перевести трудоемкий процесс визуального сравнения в автоматизированный режим с контролируемым качеством результатов.

Актуальность предлагаемого решения на основании существующих исследований по эффективности работы с цифровыми информационными моделями зданий

Предлагаемое решение по автоматической верификации чертежей с цифровой информационной моделью здания должно быть актуально для всех участников жизненного цикла здания.

Так, в статье «Внедрение цифрового управления проектами строительства и эксплуатации энергоэффективных жилых домов» [2] поднимается тема перехода на цифровые технологии управления в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

При наличии доступа инженеров службы эксплуатации к цифровой информационной моделью, они начинают не просто реагировать на поломки, но и управлять жизненным циклом здания, предсказывать проблемы, оптимизировать затраты и повышать комфорт и безопасность. Это переход от управления бумагами к управлению данными об объекте. Появляется возможность просмотреть конкретный узел из проектной документации расположенный на модели, оценить возможные подходы взаимодействия с узлом в рамках 3Д-моделей окружающих конструкций, оборудования, сетей.

В статье «Экономические аспекты внедрения цифрового двойника здания на стадии эксплуатации» [3] рассчитаны и сформулированы обоснования экономической эффективности внедрения технологии цифрового двойника здания в работу управляющих компаний.

В статье «Верификация информационной модели здания на этапе перехода от проектной стадии к строительству (от D-BIM к C-BIM)» [4] показаны предпосылки и основные принципы системы проверки с инструментами для проверки моделей. Исследование показывает положительную динамику и необходимость разработки инструментов прозрачной, простой и понятной верификации цифровой информационной модели.

Разработка первого блока специализированного модуля для верификации чертежей с цифровой информационной моделью в ПО BIMИТ

Обоснование программного комплекса

Исследуем и проанализируем что такое BIM-технологии на примере наиболее востребованной в этой сфере программы — Revit. Этот комплекс создает возможности как для архитектурно-строительного проектирования, так и для проектирования строительных конструкций. В отличие от CAD-систем Revit воспринимает и распознает элементы проекта не как связанные друг с другом линии, а как объемные параметрические объекты. Создавая в программе стену не нужно прочерчивать ее структуру из линий, достаточно выбрать на панели функцию “стена” и найти в предложенном списке стену с необходимыми характеристиками, после, при помощи этой функции можно создавать планы, фасады и объемную модель.

Фактически, проектирование в Revit воспроизводит этапы строительства в той же последовательности. Привычное проектирование с помощью линий уходит на задний план, а создание проекта производится с помощью процесса моделирования [5].

Revit создает узлы посредством маневрирования 2D и 3D видами или загрузкой их из связанных программ [6]. Что в полной степени дает понимание о наличии взаимосвязей видов, планов и разрезов и реального их расположения в 3D модели.

Revit характеризуется как часто используемое программного обеспечения, поэтому принять разрабатывать плагин, интегрирующийся в него.

Описание идеи

В программном продукте Revit представлены инструменты для работы с планами, разрезами, сечениями и листами. Следовательно, вся информация по расположению элементов на виде и видов на листах содержится. В API [7] планы, сечения и виды определяются классом View, листы определяются классом ViewSheet. Так как между всеми описанными элементами есть взаимосвязи, то их можно определить или рассчитать их расположение в абсолютных координатах и вычислить точное расположение в модели.

Определения

Определения, используемые в описании технической части:

Базовая точка (BasePoint в API). Все координаты в модели будут относительно нее.

BoundingBox - параллелепипед, в пределах которого находится геометрия объекта.

Подготовительный этап – базовая точка

Необходимо получить данные базовой точки проекта BasePoint, координаты и еще смещением от модели. Это делается, потому что все координаты модели задаются относительно неё.

Из данных базовой точки получаем её угол поворота относительно 0 координат.

Дополнительно достаём смещение модели от базовой точки, это условия частного случая, когда модель смещена от базовой точки. Работа с видами

Все узлы, планы, сечения и разрезы располагаются на элементах класса View, далее описывается блок работы с ними

Делается запрос в базу и достаётся элементы View, с фильтрацией и отсеиванием из коллекции DrawingSheet, ThreeD и Legend. Так как у нас нет необходимости их сопоставлять.

У каждого вида в API есть описание его расположения относительно модели, которые мы получаем.

По каждому виду определяются данные векторов Up и Normal, которые задают расположение вида в модели.

Достаём информацию о BoundingBox по каждому расположенному виду. BoundingBox задаёт границы вида, который в последствие будет расположен в модели.

Отдаём полученный вид в границах на печать в PDF или JPEG. Если речь про сопоставление в ПО BIMИТ, то данные передаются в печать в JPEG с указанием необходимого DPI

К выданному виду на печать, добавляем данные по центру BoundingBox и расположению BasePoint

Сопоставление с моделью

Все виды, обработанные ранее, передаются в ПО BIMИТ в формате JPEG.

Интерфейс и отображение.

Плагин встраивается в интерфейс Revit (рис. 1). После открытия и авторизации выходит общая рабочая панель с настройками (рис.2).

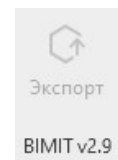


Рис. 1. Значок плагина в интерфейсе

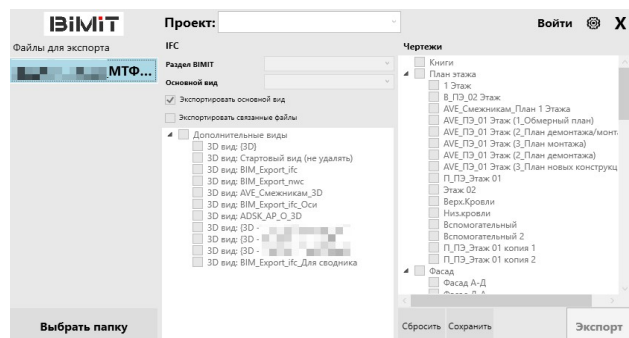


Рис. 2. Интерфейс плагина

В панели слева отображаются все проекты, которые будут экспортироваться. В центральной панели происходит выбор проекта в системе BIMИТ, куда будут передаваться экспортируемые IFC файлы. В правой панели происходит выбор видов для экспорта, которые будут выгружаться в BIMИТ и автоматически сопоставляться с моделью.

В BIMИТе сопоставленные виды хранятся в инструменте «Совмещенные чертежи» (Рис. 3.), работа с ними происходит через это же окно. Они автоматически сопоставлены с моделью в IFC формате [8] (Рис. 4.).

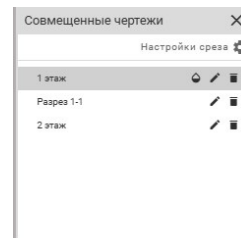


Рис.3. Хранилище совмещенных чертежей в BIMИТе



Рис.4. Сопоставление чертежа с моделью

Основные выводы, перспективы развития и ограничения

Проведенная исследовательская работа, разработка и успешное тестирование подтвердили актуальность и высокую практическую значимость задачи автоматизации контроля качества чертежей, выпускаемых на основе цифровых информационных моделей. В рамках исследования был успешно разработан и протестирован специализированный модуль автоматического сопоставления видов, создаваемых в ПО Revit и расположенных на листах ПД, экспортируемых из Revit с цифровой информационной моделью, загружаемой в среду БИМИТ в формате IFC.

Ключевые выводы

Доказана принципиальная возможность полной автоматизации процесса верификации чертежей и модели без использования проприетарных форматов

Предложена архитектура модуля

Внедрение модуля позволяет достичь значительного экономического эффекта

Повышается качество получаемой проектной документации

Перспективы развития

Расширение экосистемы совместимости: интеграции модуля в другие САПР-системы, такие как Tekla, Renga, Civil, Archicad и другие; 2. Интеграция с другими модулями работы с цифровыми моделями;

Прохождение экспертизы без выпуска графической части проектной документации, а на основании документации IFC и BCF контейнера с сопоставленными видами;

Развитие в сторону предиктивного анализа и управления качеством.

Возможные ограничения

Сложностью на пути внедрения столь разнообразной по функционалу программы стало техническое переоснащение, ведь для поддержки и комфортной работы с Revit требуются более быстрые и мощные компьютеры, чем для AutoCAD [9]. Соответственно для наличия автоматического сопоставления и точной верификации необходимы компьютеры с программой Revit.

Проводить редактирование в данной программе может быть затруднительно, так как Revit сложная программа, которая и сама не всегда понимает, какие произвести действия при анализе. Элементы и их параметры могут пересекаться и влиять друг на друга, поэтому программа не всегда поддается простым командам [10].

Заключительный тезис

В долгосрочной перспективе развитие подобных инструментов является необходимым шагом на пути к созданию полностью автоматизированного и самоконтролируемого цикла выпуска проектной документации, что соответствует принципам сквозной цифровизации строительной отрасли. Предложенный модуль служит практической основой для движения в этом направлении.

Литература

1. Revizto-bim-for-architects [Электронный ресурс]. — URL: <https://revizto.com/en/solutions/bim-for-architects/> (дата обращения: 28.06.2025).
2. Внедрение цифрового управления проектами строительства и эксплуатации энергоэффективных жилых домов / В. П. Грахов [и др.] // Наука и техника. 2021. Т. 20, № 1. С. 66–74. URL: <https://doi.org/10.21122/22271031-2021-20-1-66-74> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Грахов В. П., Кислякова Ю. Г., Мохначев С. А., Симаков Н. К. Экономические аспекты внедрения цифрового двойника здания на стадии эксплуатации // Вестник УМЦ. 2021. №4 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-aspektyvnedreniya-tsifrovogo-dvoynika-zdaniya-na-stadii-ekspluatatsii> (дата обращения: 12.11.2025).
3. Кузина Ольга Николаевна Верификация информационной модели здания на этапе перехода от проектной стадии к строительству (от d-bim к c-bim) // Вестник евразийской науки. 2017. №6 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/verifikatsiya-informatsionnoy-modeli-zdaniya-etape-perehoda-ot-proektnoy-stadii-k-stroitelstvu-ot-d-bim-k-c-bim> (дата обращения: 12.11.2025).
4. Петров, М.П. Переход на BIM-технологии в проектировании на примере Autodesk Revit / М.П. Петров // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2015. — Т. 1. — С. 447–449. — Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23646397> (дата обращения: 12.11.2025)
5. Коломанич, А.Д. Преимущества программы Autodesk Revit в архитектурном проектировании / А.Д. Коломанич, Ю.В. Скрипкина // Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 5й Международной научной конференции студентов и молодых ученых: в 6 томах, Курск, 19–20 мая 2020 года. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. — С. 318–321. Режим доступа:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42980019> (дата обращения: 12.11.2025)

6. Autodesk Revit API Documentation [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.revitapidocs.com/> (дата обращения: 02.10.2025).

7. BuildingSMART. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi/standards/industry-foundation-classes/> (дата обращения: 24.08.2025).

8. Susoyev I.S. Pros and cons of implementing BIM-technologies in construction [Plyusy i minusy vnedreniya BIM-tekhnologiy v stroitelstve]. Bulletin of Science and Education. 2016. No. 6(18). pp. 116–117. Режим доступа:

https://www.researchgate.net/publication/341156449_The_implementation_of_BIM_in_construction_projects (дата обращения: 24.08.2025).

9. Поцбенева, И.В. Особенности использования технологии информационного моделирования зданий на примере приложения Autodesk Revit architecture / И.В. Поцбенева, В.В. Суханов, Д.А. Суханова // World science: problems and innovations: сборник статей XXXIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 июня 2019 года. — Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Г.Ю.), 2019. — С. 111–114. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38301806> (дата обращения: 11.11.2025).

Development of a module for automatic comparison of drawings with a digital information model of a building

Grakhov V.P., Perevozchikov G.V., Bulankin A.V.

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Architect of the development: BIMIT LLC

JEL classification: L61, L74, R53

The article addresses the problem of controlling the consistency of project documentation in the form of graphical parts with the source digital information model. The relevance of the work is determined by the routine nature and high labor intensity of the verification process, as well as the risks of errors during manual comparison. A solution is proposed in the form of a specialized module implemented within the BIMIT plugin for the Autodesk Revit environment. The module automates the process of exporting views and sheets from Revit, transferring them to the BIMIT software suite, and subsequent automatic comparison with models in the IFC format. The operating principles of the module are described.

Keywords: information modeling, BIM, design automation, quality control, drawings, digital model, IFC, Autodesk Revit, plugin, BIMIT.

References

1. Revizto-bim-for-architects [Electronic resource]. — URL: <https://revizto.com/en/solutions/bim-for-architects/> (date of access: 28.06.2025).
2. Implementation of digital management of construction and operation projects of energy-efficient residential buildings / V. P. Grakhov [et al.] // Science and Technology. 2021. Vol. 20, No. 1. pp. 66–74. <https://doi.org/10.21122/22271031-2021-20-1-66-74> (date of access: 20.09.2025).
3. Grakhov V. P., Kisyakova Yu. G., Mokhnachev S. A., Simakov N. K. ECONOMIC ASPECTS OF IMPLEMENTING A DIGITAL TWIN OF A BUILDING AT THE OPERATION STAGE // Bulletin of the UMC. 2021. No. 4 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-aspektyvnedreniya-tsifrovogo-dvoynika-zdaniya-na-stadii-ekspluatatsii> (date of access: 12.11.2025).
4. Kuzina Olga Nikolaevna Verification of an information model of a building at the stage of transition from the design stage to construction (from d-bim to c-bim) // Bulletin of Eurasian Science. 2017. No. 6 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/verifikatsiya-informatsionnoy-modeli-zdaniya-etape-perehoda-ot-proektnoy-stadii-k-stroitelstvu-ot-d-bim-k-c-bim> (date of access: 12.11.2025).
5. Petrov, M.P. Transition to BIM technologies in design using Autodesk Revit as an example / M.P. Petrov // Modernization and scientific research in the transport complex. - 2015. - Vol. 1. - P. 447-449. — Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23646397> (date accessed: 12.11.2025)
6. Kolomanich, A.D. Advantages of Autodesk Revit in Architectural Design / A.D. Kolomanich, Yu.V. Skripkina // Youth and Systemic Modernization of the Country: a collection of scientific articles from the 5th International Scientific Conference of Students and Young Scientists: in 6 volumes, Kursk, May 19–20, 2020. — Kursk: South-West State University, 2020. — Pp. 318–321. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42980019> (Accessed: 12.11.2025)
7. Autodesk Revit API Documentation [Electronic resource]. — URL: <https://www.revitapidocs.com/> (Accessed: 02.10.2025).
8. BuildingSMART. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction [Electronic resource]. — URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi/standards/industry-foundation-classes/> (Accessed: 24.08.2025).
9. Susoyev I.S. Pros and cons of implementing BIM-technologies in construction. Bulletin of Science and Education. 2016. No. 6(18). pp. 116–117. Available at: https://www.researchgate.net/publication/341156449_The_implementation_of_BIM_in_construction_projects (accessed: 24.08.2025).
10. Potsebnaya, I.V. Features of using building information modeling technology using the Autodesk Revit architecture application as an example / I.V. Potsebnaya, V.V. Sukhanov, D.A. Sukhanova // World science: problems and innovations: collection of articles from the XXXIII International scientific and practical conference, Penza, June 30, 2019. — Penza: "Science and Education" (IP Gulyaev G.Yu.), 2019. — P. 111–114. Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38301806> (date of access: 11.11.2025).