

Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и тоннелей

УДК 624.21/.8

© С. В. Ефимов, канд. техн. наук, доцент

© А. В. Паторняк, аспирант

(Сибирский государственный университет
путей сообщения, Новосибирск, Россия)

E-mail: esvmt@mail.ru, patornyak_av@mail.ru

© Н. В. Козак, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: nkozak@lan.spbgasu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2025-22-1-101-110

© S. V. Efimov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© A. V. Patornyak, post-graduate student

(Siberian Transport University,
Novosibirsk, Russia)

E-mail: esvmt@mail.ru, patornyak_av@mail.ru

© N. V. Kozak, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: nkozak@lan.spbgasu.ru

ОСОБЕННОСТИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

FEATURES OF NORMATIVE REGULATION IN THE FIELD OF APPLICATION OF BRIDGE STRUCTURE INFORMATION MODELING TECHNOLOGY

Рассматриваются нормативные документы, регулирующие информационное моделирование в России, и отмечены существенные пробелы в конкретизации и систематизации, особенно в части формирования информационных моделей для объектов транспортной инфраструктуры. Проведен сравнительный анализ российских и зарубежных стандартов, позволяющий выявить более систематизированный подход к информационному моделированию, включающий подробные рекомендации по управлению жизненным циклом объектов транспортной инфраструктуры. Результаты исследования показывают критические проблемы, включая отсутствие комплексных информационных требований заказчика (EIR), для решения которых предлагается создать единый стандарт, определяющий структуру, цели и требования к информационному моделированию мостовых сооружений на протяжении всего их жизненного цикла. Такой стандарт сможет повысить качество и эффективность инфраструктурных проектов в России, что в конечном итоге приведет к улучшению эксплуатационных показателей мостовых сооружений.

Ключевые слова: BIM, ТИМ, InfraBIM, мостовые сооружения, транспортная инфраструктура.

This article reviews the existing normative documents regulating information modeling in Russia and reveals some significant gaps in specification and systematization, especially in terms of information model formation for transport infrastructure facilities. A comparative analysis of Russian and foreign standards has been carried out, which allows to identify a more systematic approach to information modeling, including detailed recommendations for life cycle management of transport infrastructure facilities. The results of the study show critical problems, including the lack of comprehensive exchange information requirements (EIR), to address which the paper proposes the creation of a single standard that defines the structure, objectives and requirements for the informational modeling of bridge structures throughout their life cycle. Such a standard will be able to improve the quality and efficiency of infrastructure projects in Russia, which will ultimately lead to a better performance of bridge structures.

Keywords: BIM, Information Modeling Technologies (TIM), InfraBIM, bridge structures, transport infrastructure.

Введение

В 2014 году Министерство строительства и ЖКХ РФ (Минстрой) утвердило план внедрения технологий информационного моделирования (ТИМ, BIM) в области промышленного и гражданского строительства, рассчитанный на три года. В 2016 году был создан экспертный совет по вопросу поэтапного внедрения BIM-технологий в области строительной отрасли, а в 2017 году Правительство утвердило «дорожную карту» по BIM-технологиям [1]. «Дорожной картой» предусматривалась разработка национальных стандартов BIM на всех этапах жизненного цикла сооружений, а также приведение нормативно-технических документов и сметных нормативов в соответствие с классификатором строительных ресурсов.

На сегодняшний день существует обширная нормативная база в области использования технологии информационного моделирования, однако преимущественно она направлена на сферу промышленного и гражданского строительства.

За рубежом применение информационного моделирования для объектов транспортной инфраструктуры началось гораздо раньше, чем в нашей стране. При этом в зарубежной нормативной базе используют термины, сужающие отрасль транспортного строительства. Так, понятие InfraBIM рассматривается как отдельное направление, применяемое в проектировании и управлении инфраструктурными объектами, такими как дороги, мосты, тоннели, аэропорты и т. п. [2]. InfraBIM основывается на принципах технологий информационного моделирования, адаптированных под нужды инфраструктуры. Кроме этого, в зарубежной нормативной документации используется более узконаправленный термин применительно для мостовых сооружений — BrIM, регламентирующий описание физических и функциональных характеристик конструкций моста, при этом основываясь на единой

информационной модели (ИМ — совокупность всех сведений об объекте в электронном виде) в течение всего жизненного цикла [3, 4].

Основная проблема заключается в том, что в нашей стране недостаточно проработана и слабо систематизирована база нормативов, связанная с площадными объектами; из этого вытекают две другие проблемы — отсутствие качественной и удобной системы нормативной базы для инфраструктурных объектов, за исключением наличия двух предварительных национальных стандартов с ограниченным сроком действия, а также отсутствие требований к формированию технического задания для информационного моделирования мостовых сооружений (EIR — Employer's Information Requirements) [5].

Теория и методы

Таким образом, отсутствие соответствующей и систематизированной нормативной базы является значительным барьером, препятствующим полноценному применению технологии информационного моделирования для мостовых сооружений.

В рамках работы было проанализировано 24 нормативных документа разного уровня, включающих государственные стандарты, предварительные национальные стандарты и своды правил, 18 из которых можно в той или иной степени отнести на объекты транспортной инфраструктуры. Краткое описание и область применения действующих нормативных документов по информационному моделированию приведены в таблице. Сортировка нормативной документации сделана по количеству и значимости приведенных в них сведений применительно к InfraBIM.

Из представленных в таблице стандартов и сводов правил следует отметить, что правила именований компонентов схожи в ПНСТ 505–2022, ПНСТ 506–2022 и СП 333.1325800.2020, так как предварительные стандарты ссылаются на свод правил. Что касается уровней

Перечень отечественных нормативных документов по информационному моделированию

№ п/п	Наименование нормативного документа	Описание и область применения документа
1	ПНСТ 505–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Правила описания компонентов информационного моделирования (срок действия до 31.03.2025)	Предназначен для дорожной отрасли и разработчиков программного обеспечения (ПО) в сфере ТИМ автодорог (АД). Включает в себя отдельную разноразрядную классификацию компонентов по элементам, уровни проработки, которые именуются как LOD, а также основные требования к атрибутивным и геометрическим параметрам и именованию компонентов
2	ПНСТ 506–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Правила формирования и применения информационных моделей на различных стадиях жизненного цикла (срок действия до 31.03.2025)	Предназначен для дорожной отрасли и разработчиков инженерного ПО в сфере ТИМ АД. Приведены основные положения по применению ТИМ на различных стадиях жизненного цикла АД и правила формирования ИМ АД, включая декомпозиции по четырем уровням, где фигурируют ИССО. В стандарте описаны требования к информации и правила обмена данными между всеми пользователями
3	СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла	Предназначен для ИМ объектов капитального строительства (ОКС) и линейных сооружений, размещаемых в государственной информационной системе. Свод правил содержит требования к уровням проработки модели (А, В, С, D, G), к атрибутивной и геометрической детализации элементов цифровой информационной модели (ЦИМ – совокупность сведений, представленных только в цифровом объектно-ориентированном пространстве), а также правила именования файлов ИМ
4	СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами	Распространяется на строительство новых, реконструкцию и снос существующих зданий и сооружений. Устанавливает правила организации работ ПТО при использовании ТИМ
5	СП 328.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели	Регламентирует процесс формирования библиотек компонентов для формирования ИМ ОКС, размещаемых в государственной информационной системе. Включает в себя функциональные требования к компонентам библиотек, к кодированию, форматам, атрибутивному составу и геометрической детализации компонентов библиотек ИМ
6	СП 331.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемых в программных комплексах	Применяется для создания и эксплуатации информационных систем, взаимодействующих между собой в процессе жизненного цикла сооружений, реализующих ТИМ. Дано описание уровней моделей (2D, 3D, 4D, 5D, 6D), приведены правила и требования интероперабельности на организационном, семантическом и программно-техническом уровнях
7	СП 404.1325800.2018. Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования	Устанавливает общие правила, порядок разработки и структуру планов проектов, реализуемых с применением ТИМ (BEP – BIM Execution Plan) объектов строительства. Регламентирует порядок и методику планирования проектов, реализуемых с применением ТИМ. Методика состоит из 4 этапов, включает в себя требования к обмену информацией, к ресурсам, обеспечивающим информационное моделирование, и к процедурам контроля процесса ИМ и качеству ЦИМ

Продолжение таблицы

№ п/п	Наименование нормативного документа	Описание и область применения документа
8	ГОСТ Р 10.00.00.00–2023. Единая система информационного моделирования. Основные положения	Устанавливает общие положения, область распространения и структуру единой системы стандартов информационного моделирования в рамках градостроительной деятельности. Существует несколько групп стандартов ЕСИМ
9	ГОСТ Р 10.0.02–2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных	Разработан на основе международного стандарта ISO 16739-1:2018. Стандарт содержит определения для данных объектов строительства на протяжении всего их жизненного цикла, вместе с последующими стандартами расширяет область применения на объекты инфраструктуры. Разделы документа включают схемы данных под классификации IFC
10	ГОСТ Р 10.0.03–2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат	Основан на международном стандарте ISO 29481-1:2016. В документе описывается методология, направленная на бизнес-процессы в строительстве. Стандарт предназначен облегчить интероперабельность программных средств, используемых на всех этапах жизненного цикла строительных объектов
11	ГОСТ Р 10.0.04–2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 2. Структура взаимодействия	Основан на международном стандарте ISO 29481-2:2012. Стандарт представляет информацию о методологии и формате, описывающих действия по координации на всех этапах жизненного цикла между участниками строительного проекта
12	ГОСТ Р 10.0.05–2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации	Разработан на основе международного стандарта ISO 12006-2:2015. Охватывает только строительство зданий, гражданское строительство, инженерные сети и ландшафтные работы. Содержит информацию о композициях и их классификациях
13	ГОСТ Р 10.0.06–2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией	Основан на международном стандарте ISO 12006-3:2007. В стандарте указано описание спецификации таксонометрической модели, позволяющей определять понятия по их свойствам, группировать понятия и определять отношения между ними

№ п/п	Наименование нормативного документа	Описание и область применения документа
14	ГОСТ Р 57269–2016. Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Термины и определения	Содержит термины и определения в рамках серии стандартов «Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред»
15	ГОСТ Р 57296–2016. Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Описание данных для математического моделирования процессов жизненного цикла. Основные положения	Используется в части сопровождения жизненного цикла инфраструктурных объектов и устанавливает общие принципы «Интегрированного подхода» при информационном моделировании. Содержит информацию об уровнях индекса зрелости и о жизненном цикле объекта, начиная от идеи и заканчивая выводом из эксплуатации
16	ГОСТ Р 57311–2016. Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства	Регламентирует требования к эксплуатационной информационной модели (ЭИМ) объекта капитального строительства. Содержит информацию о задачах использования ЭИМ и ее составе, а также среде общих данных
17	ГОСТ Р 58907–2020. Строительство. Планирование срока службы объектов строительства. Часть 4. Планирование срока службы с использованием информационного моделирования	Предназначен для возведенных объектов строительства и их составных компонентов, включает в себя эталонный и расчетный сроки службы изделия, его определение и классификацию
18	ГОСТ Р 57309–2016. Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов	Модифицирует международный стандарт ISO 16354:2013. Документ необходим для формирования категорий «библиотек знаний» и библиотек объектов, предназначен для разработчиков «библиотек знаний» и создателей интерфейсов библиотек данных. Описываются типы «библиотек знаний», их ценность и функциональная основа

проработки элементов мостовых сооружений, то все документы имеют поверхностные сведения об их детализации. В ПНСТ 506–2022 изложены положения применения и правила формирования информационной модели на всех этапах жизненного цикла и при этом дается ссылка на ГОСТ Р 10.0.03–2019 касательно правил обмена данными.

ПНСТ 505–2022 и СП 333.1325800.2020 имеют разные сведения о детализации объекта как в описательной части, так и при

обозначении уровня проработки. В свою очередь, своды правил дают более детальное представление об атрибутивных и геометрических параметрах, чем предварительные стандарты. Однако такое представление не имеет практического применения, обязательные атрибуты описываемых типов элементов цифровой информационной модели мостового сооружения вызывают сомнения (например, в своде правил выделены архитектурные вспомогательные конструкции

мостовых сооружений, но информация о несущих конструкциях отсутствует, в ПНСТ наоборот — присутствуют требования к несущим конструкциям, но прописанные стадии применения не соответствуют мостовым сооружениям), поскольку ориентированы не на технические характеристики. Также необходимо отметить, что ПНСТ 505–2022 ссылается на СП 328.1325800.2020, который в свою очередь ссылается на СП 333.1325800.2020 по атрибутивной части, что вызывает дополнительные сложности у пользователей.

В ПНСТ 505–2022 предусмотрена декомпозиция элементов, принцип которой изложен в отдельном разделе, в СП 333.1325800.2020 такая декомпозиция сведена отдельно в приложение Д, где отсутствует необходимая техническая специализация по мостовым сооружениям.

Часть действующей нормативной документации вовсе не применима к объектам транспортной инфраструктуры, например ГОСТ Р 10.0.05–2019, хотя принцип классификации схож с декомпозицией, изложенной в ПНСТ 505–2022.

ГОСТ Р 57296–2016 подробно расписывает индексы зрелости информационной модели, разделяя их на 4 уровня, в каждом из которых даны определения системы автоматизированного проектирования (САПР), обмена данными, управления и математического моделирования. Также описан базовый жизненный цикл объекта, включающий 12 стадий: идея, концепция, планирование, требования, проект, проверка на соответствие требованиям, реализация, валидация и верификация, эксплуатация, накопление знаний (анализ объекта, формирование «библиотек знаний», модернизаций) и вывод из эксплуатации.

Результаты и обсуждение

Проанализировав ситуацию, можно сделать вывод, что отечественная нормативная база не дает конкретные ответы на многие

вопросы при разработке информационных моделей мостовых сооружений:

- какая должна быть структура информационных моделей мостовых сооружений;
- какие должны преследоваться цели и задачи при применении и развитии информационного моделирования на различных этапах жизненного цикла мостового сооружения от их внедрения до автоматизации различных расчетов;
- на какие составляющие элементы требуется деление мостового сооружения и какого уровня проработки они должны быть;
- из какого набора атрибутов и геометрических характеристик должна состоять информационная модель мостового сооружения;
- какие должны быть требования к формированию технического задания для информационного моделирования мостовых сооружений (EIR).

Указанные проблемы за рубежом решены путем разработки и применения стандартов для линейных сооружений транспортной инфраструктуры. В Норвегии существует руководство Håndbok V770, устанавливающее требования к подготовке и сдаче основных данных и моделей в дорожных проектах. Руководство регламентирует, будут ли этапы планирования, проектирования и строительства осуществляться с использованием моделей, которые в дальнейшем служат основой для подготовки эксплуатационных данных, таких как данные обследований, чертежи, отчеты и др., используемых в процессе содержания и эксплуатации сооружения. В руководстве приводятся 4 типа моделей:

- базовые, которые создаются на основе исходных данных и показывают существующую ситуацию на территории застройки, экспортируя ее в виртуальную реальность. Базовая модель является отправной точкой к формированию специализированной модели;

- специализированные, показывающие планируемые мероприятия на территории застройки, должны содержать новые или измененные объекты из базовых моделей. По сути специализированная модель является моделью планирования;

- комплексная модель, формирующаяся как компиляция базовых и предметных моделей, показывает вставку «модели планирования» в «модель реальности» и таким образом описывает «модель будущего»;

- презентационная модель, обеспечивающая реалистичное описание будущей ситуации на основе базовых и специализированных или комплексных моделей. В презентационную модель добавляются поверхностные структуры и объекты.

В Великобритании имеется документ BS 8536:2022, в котором отражены рекомендации по управлению всем жизненным циклом сооружений, в том числе объектов транспортной инфраструктуры. Стандарты PAS 1192-2 и PAS 1192-3 взаимосвязаны друг с другом и применимы к любым объектам капитального строительства, в том числе к линейным сооружениям, как и упоминаемый ранее документ BS; оба стандарта регламентируют процессы управления информацией на всех стадиях жизненного цикла [6–8]. В ряде других стран существует такой же порядок. Более строгая систематизация, вероятно, связана с тем, что в качестве спонсоров разработки стандартов выступают и разработчики собственных программных комплексов.

Помимо нормативной документации, следует отметить, что за рубежом страны ушли от такого понятия, как «уровень детализации» или LOD, и в нормативной документации прописан термин «уровень зрелости», который регламентирует, какая должна быть модель на каждой стадии жизненного цикла.

Благодаря порядку в нормативной базе и конкретной терминологии заказчик может сформировать ТЗ (EIR) для подрядчика, чет-

ко изложив свои ожидания от информационной модели.

Опыт разработки информационных моделей мостовых сооружений [9–12] показывает, что действительно не хватает конкретики и систематизации: что должен требовать заказчик, какое должно быть графическое представление цифровой информационной модели и что из себя в целом должна представлять информационная модель. Другие проблемы с формированием информационных моделей, указанные в начале раздела, возникают у многих проектировщиков (подрядчиков), разрабатывающих ИМ, так как проанализированные в данной статье действующие нормативные документы не содержат конкретных требований, связанных с информационным моделированием мостовых сооружений, при том, что конструктивные элементы линейных объектов имеют более сложную геометрическую форму [9, 10] и относятся, к примеру, к горизонтальному BIM, где основополагающим является проектирование в плоских осях, продольных профилях и поперечных сечениях, а также отсутствие этажности и постоянной работы с рельефом.

Еще одной проблемой выступает отсутствие «правильного» отечественного программного обеспечения для создания цифровых информационных моделей мостовых сооружений на сети автомобильных и железных дорог [13]. Если за рубежом существуют такие комплексы, как Tekla Structures, Midas CIM, Bentley, Allplan с модулем Bridge [14], то на нашем рынке хорошо ориентированного на мостовые сооружения программного обеспечения для решения вышеуказанной задачи нет. Можно отметить такие продукты, как nanoCAD, Model Studio CS, Renga, KPE-ДО, Robur, однако они ориентированы преимущественно на сферу промышленного и гражданского строительства или на дорожное проектирование [15, 16].

Возможным решением сразу нескольких вопросов является формирование документа

по стандартизации с развитием и уточнением (или полной переработкой) требований, изложенных в действующих нормативных документах для технологии информационного моделирования в области транспортной инфраструктуры, в первую очередь, ПНСТ 505–2022, ПНСТ 506–2022, СП 331.1325800.2017, СП 328.1325800.2020. Нормативный документ должен содержать разделы, отражающие требования к уровням проработки компонентов информационной модели на каждой стадии жизненного цикла. При этом должно быть учтено, что для разных задач требуются разная детализация цифровой информационной модели, структура атрибутивных (негеометрических) и геометрических параметров компонентов, правила обмена данными. Кроме того, должны быть сформированы требования к хранению и обновлению информационных моделей, а также внесению изменений в них после получения исполнительной документации и последующих диагностических обследований сооружения для поддержания актуальных сведений в информационной модели.

Выводы

Проведенный анализ существующих стандартов в области информационного моделирования мостовых сооружений показывает, что текущая нормативная база в России нуждается в значительном обновлении и улучшении. Имеющиеся документы лишь отчасти решают вопросы, связанные с детализацией и формированием информационных моделей без достаточной конкретизации.

Необходимы четкие рекомендации и единый стандарт, который бы определял структуру, цели и задачи информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла мостовых сооружений. Важно разработать конкретные и однозначные инструкции по делению объектов на составляющие элементы, а также определить их уровень проработки и необходимые атрибуты.

Примеры из международной практики показывают, что применение ориентированных на мостовые сооружения стандартов может значительно улучшить процессы планирования и реализации проектов, что приведет к повышению качества и эффективности эксплуатации мостовых сооружений.

Таким образом, текущая ситуация по информационному моделированию в инфраструктурной сфере требует разработки новых отечественных стандартов, которые будут более проработанными и понятными для специалистов в этой области.

Библиографический список

1. Кужакова З. У., Байбурун А. Х. Обзор нормативной документации в области BIM-моделирования в Российской Федерации // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 3. С. 70–79.
2. Acampa G., Marino G., Ticali D. Validation of infrastructures through BIM // AIP Conference Proceedings. 2186 (1). 2019. Pp. 34–46.
3. Jrade A., Jalaei F., Zhang J., Eirdmouse S. Potential Integration of Bridge Information Modeling and Life Cycle Assessment/Life Cycle Costing Tools for Infrastructure Projects within Construction 4.0: A Review // MDPI Sustainability. 2023. 25 p.
4. Kaewunruen S., AbdelHadi M., Kongpuang M., Pansuk W., Remennikov A. M. Digital Twins for Managing Railway Bridge Maintenance, Resilience, and Climate Change Adaptation // MDPI Sensors. 2023. 22 p.
5. Козак Н. В., Ярошутин Д. А., Утенков О. В. Информационные модели мостовых сооружений в контексте взаимодействия с заказчиком и экспертизой: анализ актуальных проблем со стороны исполнителей // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы VII Междунар. научн.-практ. конф., Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. СПб., 2024. С. 204–211. DOI 10.23968/VIMAC.2024.028. EDN SAIFVM.
6. Баранник С. В. Обзор британских стандартов семейства PAS 1192 // ООО «ИндорСофт». 2016. № 1 (6). 4 с.
7. Скворцов А. В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2 (7). С. 4–48.
8. Ефимов С. В., Кокоева Е. С. Анализ зарубежных стандартов в сфере информационного моделирования сооружений // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности:

сб. научн. ст. XII междунар. научн. конф. Казань: ООО «КОНВЕРТ», 2023. С. 57–62.

9. Паторняк А. В., Краева В. А. Опыт применения специализированных программ для информационного моделирования мостов // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: сб. материалов XIX Междунар. научн.-практ. конф. М., 2023. С. 159–167.

10. Ефимов С. В., Паторняк А. В., Чаплин И. В. Применение технологии информационного моделирования при разработке проекта ремонта мостового сооружения // Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 3 (60). С. 113–121.

11. Рыбин Е. Н., Амбарян С. К., Аносов В. В. BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 1 (28). С. 98–105.

12. Козак Н. В., Зобова М. А., Гуманюк И. А. Практический опыт разработки информационных моделей мостов // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы VII Междунар. научн.-практ. конф., Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. СПб., 2024. С. 196–203. DOI 10.23968/BIMAC.2024.027. EDN OGAOGO.

13. Маринин А. Н. Проблемы использования технологии BIM в мостостроении // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2020. № 8. С. 711–718.

14. Shilkina S., Ivanova O. The choice of software for the implementation of projects based on information modeling technologies // Construction and Architecture. № 11 (2). 2023. Pp. 100–113.

15. Белкин А. С., Сухарев М. Ю. Использование BIM-технологий при проектировании металлоконструкций химической установки в среде «Model Studio CS Строительные решения» // Управление качеством. 2023. № 12. 19 с.

16. Shafra E. Recent trends on BIM in architectural design in Russia // E3S Web of Conferences. № 410. 2023. 8 p.

References

1. Kuzhakova Z. U., Bayburin A. Kh. *Obzor normativnoy dokumentatsii v oblasti BIM-modelirovaniya v Rossiyskoy Federatsii* [Review of normative documentation in the field of BIM-modeling in the Russian Federation]. *Vestnik YuUrGU. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura – Bulletin of SUSU. Series: Construction and Architecture*, 2020, no. 3, pp. 70–79.

2. Acampa G., Marino G., Ticali D. Validation of infrastructures through BIM. *AIP Conference Proceedings*, 2019, no. 2186 (1), pp. 34–46.

3. Jrade A., Jalaei F., Zhang J., Eirdmouse S. Potential integration of bridge information modeling and life cycle assessment. *Life Cycle Costing Tools for Infrastructure Projects within Construction 4.0: A Review*. MDPI Sustainability, 2023, 25 p.

4. Kaewunruen S., Abdel Hadi M., Kongpuang M., Pansuk W., Remennikov A. M. Digital twins for managing railway bridge maintenance, resilience, and climate change adaptation. *MDPI Sensors*, 2023, 22 p.

5. Kozak N. V., Yaroshutin D. A., Utenkov O. V. *Informatsionnye modeli mostovykh sooruzheniy v kontekste vzaimodeystviya s zakazchikom i ekspertizoy. Analiz aktual'nykh problem so storony ispolniteley* [Information models of bridge structures in the context of interaction with the customer and expertise. Analysis of actual problems on the part of executors]. *Informatsionnoe modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury. Trudy VII Mezhdunar. nauchn.-prakt. conf., Sankt-Peterburg, 15–17 maya 2024 goda* [Information modeling in tasks of construction and architecture. Proceedings of the VII International sci.-pract. conf., St. Petersburg, May 15–17, 2024]. Saint-Petersburg, 2024, pp. 204–211. DOI 10.23968/BIMAC.2024.028. EDNSAIFVM.

6. Barannik S. V. *Obzor britanskikh standartov semeystva PAS 1192* [Review of the British standards of the PAS 1192 family]. IndorSoft Publ., 2016, no. 1 (6), 4 p.

7. Skvortsov A. V. *Obzor mezhdunarodnoy normativnoy bazy v sfere BIM* [Review of the international regulatory framework in the field of BIM]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog – CAD and GIS of highways*, 2016, no. 2 (7), pp. 4–48.

8. Efimov S. V., Kokoeva E. S. *Analiz zarubezhnykh standartov v sfere informatsionnogo modelirovaniya sooruzheniy* [Analysis of foreign standards in the field of information modeling of structures]. *Prioritetnye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti. Trudy XII mezhdunar. nauchn. conf. Kazan'* [Priority directions of innovation activity in industry. Proceedings of the XII Intern. sci. conf. Kazan]. KONVERT Publ., 2023, pp. 57–62.

9. Patorniyak A. V., Kraeva V. A. *Opyt primeneniya spetsializirovannykh programm dlya informatsionnogo modelirovaniya mostov* [Experience of application of specialized programs for information modeling of bridges]. *Vyzovy sovremennosti i strategii razvitiya obshchestva v usloviyakh novoy real'nosti. Trudy XIX Mezhdunar. nauchn.-prakt. conf* [Challenges of modernity and strategies of society development in the conditions of new reality. Proceedings of the XIX International sci.–pract. conf.]. Moscow, 2023, pp. 159–167.

10. Efimov S. V., Patorniyak A. V., Chaplin I. V. *Primenenie tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya pri razrabotke proekta remonta mostovogo sooruzheniya*

[Application of information modeling technology in the development of a bridge structure repair project]. *Vestnik inzhenernoy shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta* – *Bulletin of Engineering School of Far Eastern Federal University*, 2024, no. 3 (60), pp. 113–121.

11. Rybin E. N., Ambaryan S. K., Anosov V. V. *BIM-tehnologii* [BIM-technologies]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* – *Proceedings of Higher Schools. Investments. Construction. Real Estate*, 2019, no. 1 (28), pp. 98–105

12. Kozak N. V., Zobova M. A., Gumanyuk I. A. *Prakticheskiy opyt razrabotki informatsionnykh modeley mostov* [Practical experience of development of information models of bridges]. *Informatsionnoe modelirovaniye v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury. Trudy VII Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., Sankt-Peterburg, 15–17 maya 2024 goda* [Information modeling in tasks of construction and architecture. Proceedings of the VII International sci.-pract. conf., St. Petersburg, May 15–17, 2024]. Saint-Petersburg, 2024, pp. 196–203. DOI 10.23968/BIMAC.2024.027. EDN OGAOGO.

13. Marinin A. N. *Problemy ispol'zovaniya tekhnologii BIM v mostostroenii* [Problems of using BIM technology in bridge construction]. *Elektronniy setevoy politematicheskiy zhurnal «Nauchnye trudy KubGTU»* – *Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubGTU"*, 2020, no. 8, pp. 711–718.

14. Shilkina S., Ivanova O. The choice of software for the implementation of projects based on information modeling technologies. *Construction and Architecture*, 2023, no. 11 (2), pp. 100–113.

15. Belkin A. S., Sukharev M. Yu. *Ispol'zovanie BIM-tehnologiy pri proektirovanii metallokonstruktsiy khimicheskoy ustanovki v srede «Model Studio CS Stroitel'nye resheniya»* [Use of BIM-technologies in the design of metal structures of a chemical plant in the environment "Model Studio CS Construction Solutions"]. *Upravlenie kachestvom – Quality Management*, 2023, no. 12, 19 p.

16. Shafray E. Recent trends on BIM in architectural design in Russia. *E3S Web of Conferences* 2023, no. 410, 8 p.