

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING AND CONSTRUCTION

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 26. № 1. С. 96–107.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 26 (1): 96–107.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 69.003.13

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-26-1-96-107

EDN: HOU1YJ

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПРИМЕНЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ВЬЕТНАМА

Ле Чунг Хиеу¹, Нгуен Ван Дат², Нго Суан Хунг²

¹Российский университет транспорта, г. Москва, Россия

²Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой, Вьетнам

Аннотация. В настоящее время во Вьетнаме с учетом тенденций применения информационного моделирования зданий (BIM) концепция BIM стала достаточно популярной в строительной отрасли. Применение BIM оптимизирует обмен информацией и координацию между участниками различных сторон проекта, помогает визуализировать процесс проектирования, строительства и управления проектом, обеспечивает качество проекта и различные преимущества на более позднем этапе управления и эксплуатации объекта.

Целью исследования является обзор текущей ситуации и тенденций применения BIM в строительных инвестиционных проектах, а также неизбежной цифровой трансформации в строительном секторе Вьетнама.

Материалы и методы. Использованы статистический и сравнительно-исторический методы. В статье представлены данные опросов, полученные с помощью анкетирования, в форме статистического анализа с использованием диаграмм, описывающих применение BIM в строительной отрасли во Вьетнаме.

Результаты. Показано, что субъектами, заинтересованными в применении BIM, являются в основном предприятия, напрямую получающие выгоду от результатов внедрения современных технологий. Широта применения BIM отражает разнообразие объектов исследования, поскольку BIM может применяться на разных этапах строительного проекта всеми заинтересованными сторонами. Результаты опроса отражают равномерное распределение исследуемых параметров между участниками строительного проекта, что подтверждает заинтересованность всех основных сторон в применении BIM.

Выводы. Настоящее исследование дополняет информацию о статусе и тенденциях применения BIM в строительных инвестиционных проектах в разных странах, в том числе во

Вьетнаме. Таким образом, BIM все шире применяется в строительной отрасли, однако сохраняется нехватка квалифицированных кадров, умеющих использовать эти технологии.

Ключевые слова: новая технология, строительная информационная модель, информационное моделирование, современные тенденции строительной отрасли, цифровизация строительной отрасли, проект «Ориентир 81», Республика Вьетнам

Для цитирования: Ле Чунг Хиеу, Нгуен Ван Дат, Нго Суан Хунг. К вопросу о состоянии применения BIM-технологий в строительной отрасли Вьетнама // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 26. № 1. С. 96–107. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-26-1-96-107. EDN: HOUYYJ

ORIGINAL ARTICLE

BIM TECHNOLOGY APPLICATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY OF VIETNAM

Le Trung Hieu¹, Nguyen Van Dat², Ngo Xuan Hung²

¹Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

²Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

Abstract. In Vietnam, the concept of building information modeling (BIM) has become quite popular in the construction industry. The BIM application optimizes the information exchange and coordination between participants in various project, helps to visualize design, construction and project management processes, ensures the project quality and various benefits at a later stage of the project management and operation.

Purpose: A review of the current situation and trends of BIM application in construction investment projects as well as inevitable digital transformation in the construction sector of Vietnam.

Methodology: Statistical and comparative-historical methods, survey data obtained through a questionnaire in the form of statistical analysis using charts describing the BIM application in the construction industry in Vietnam.

Research findings: It is shown that BIM is mostly used by enterprises that directly benefit from modern technologies. The BIM reflects the diversity of research subjects, as is can be applied at different stages by many project stakeholders. It is found that many surveys are distributed rather evenly, confirming that all key project participants are interested in using BIM.

Originality: This study supplements information on the current status and trends of the BIM application in construction investment projects in different countries, including Vietnam. Thus, the BIM is increasingly being used in the construction industry, but there is still a lack of qualified personnel who can use this technology.

Keywords: new technology, building information modeling, construction industry, digitalization, Landmark 81, Vietnam

For citation: Le Trung Hieu, Nguyen Van Dat, Ngo Xuan Hung. BIM technology application in construction industry of Vietnam. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 26 (1): 96–107. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-26-1-96-107. EDN: HOUYYJ

Введение

BIM – сокращение от Building Information Modeling – это новая технология, разработанная на цифровой технологической платформе, способствующая оптимизации процессов взаимодействия при проектировании, строи-

тельстве и управлении строительством (рис. 1) [1, 2]. BIM-проектирование позволяет снизить инвестиционные риски, уменьшить затраты на строительство объектов недвижимости, повысить их экономическую эффективность. Причиной спада в строительной отрасли, как известно, является совокупное сочетание различных экономических факторов. Среди них: кратное увеличение затрат при возведении сооружений, снижение платежеспособности покупателей, падение спроса. Внедрение BIM-технологий дает возможность сократить издержки строительной отрасли в целом [3].

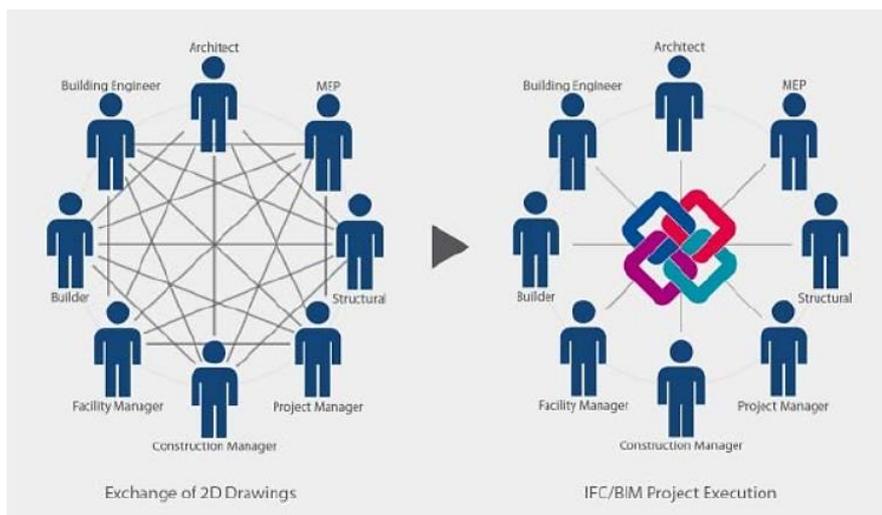


Рис. 1. Взаимодействие участников процесса строительства и эксплуатации здания [4]
Fig. 1. Interaction of participants in building construction and operation

Необходимо подчеркнуть, что, являясь революционной в строительной отрасли в эпоху информационных технологий, BIM обращает на себя внимание правительства, исследователей и тех, кто работает в строительной сфере во всем мире (рис. 2). Согласно отчету всемирно известной исследовательской компании Research and Market, опубликованному в январе 2023 г., объем мирового рынка BIM в 2022 г. составил около 6,6 млрд долл. США, а к 2030 г. он увеличится до 22,1 млрд долл. США. Темпы роста прогнозируются на уровне 17,4 % в течение следующих 8 лет [5].

Благодаря широкому применению технологий BIM в ключевых проектах промышленного и инфраструктурного строительства Азиатско-Тихоокеанский регион может стать крупнейшим и наиболее быстрорастущим региональным рынком BIM в мире в ближайшие несколько лет. Отрасли бизнеса и инфраструктурного строительства по-прежнему останутся основными пользователями BIM в будущем и в 2022–2025 гг. будут занимать около 60–70 % мирового рынка.

Информационное моделирование зданий – это создание информационной модели здания. Несмотря на свою новизну, эта технология в последние годы нашла применение в ряде строительных проектов Вьетнама.



Рис. 2. Организации разных стран, применяющие BIM сегодня [6]
 Fig. 2. Organizations applying BIM today in different countries

В настоящем исследовании приведен обзор текущей ситуации и тенденций применения BIM в строительных инвестиционных проектах во Вьетнаме, а также отражена тенденция цифровой трансформации в строительном секторе Вьетнама. Используются статистический и сравнительно-исторический методы. Представлены данные опросов, полученные с помощью анкетирования, в форме статистического анализа с использованием диаграмм, описывающих применение BIM в строительной отрасли Вьетнама.

Технология BIM во Вьетнаме получила распространение достаточно поздно. Однако в настоящее время она активно развивается и находится в фокусе внимания правительства, предприятий, учебных заведений и научно-исследовательских институтов, проводящих обучение и организующих сотрудничество по техническому обмену.

Постановление правительства о применении технологий BIM в строительстве во Вьетнаме

Во Вьетнаме применение BIM при проектировании, строительстве и управлении эксплуатацией проектов апробируется с конца 2016 г. В настоящее время технология BIM официально включена в Постановление Правительства № 15/2021/Постановление-CP от 3 марта 2021 г., детализирующее ряд материалов по управлению строительными инвестиционными проектами; Министерство строительства также издало Решение № 348/QD-BXD от 2 апреля 2021 г. о публикации Общих инструкций по применению информационного моделирования зданий (BIM) к строительным работам и объектам технической инфраструктуры. Направления и перспективы развития BIM и строительной отрасли до 2030 г. таковы:

– в 2023 г. будут выпущены полные стандарты применения BIM для архитектурных, структурных, инфраструктурных, механических и электрических проектов;

– в 2025 г. около 10 % строительных проектов, реализуемых на платформе BIM, будут получать проектную документацию, поступающую в Минстрой на экспертизу в режиме онлайн (4-й уровень онлайн-госсервиса);

– к 2030 г. около 20 % строительных инвестиционных проектов будет реализовано на платформе BIM. Все оценочные документы в Минстрое или местных специализированных строительных агентствах можно будет создавать напрямую на уровне 4;

– репликация цифровой бизнес-модели, успешно опробованной в период 2020–2025 гг.

По запросу Министерства строительства 17 марта 2023 г. премьер-министр издал Решение № 258/QĐ-TTg об утверждении Дорожной карты по применению BIM в строительной деятельности, обязывающей задействовать BIM в инвестиционных проектах нового строительства, регламентирующей использование государственного инвестиционного капитала; государственного капитала, не являющегося государственными инвестициями; инвестиций в режиме государственно-частного партнерства [7].

Правительство регулирует применение BIM поэтапно:

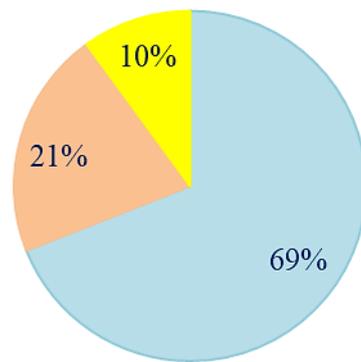
– 1-й этап будет реализован с 2023 г. при обязательном применении BIM для уровня I и работ специального уровня инвестиционных проектов нового строительства с использованием государственного инвестиционного капитала; государственного капитала, отличного от государственных инвестиций; инвестиций в форме государственно-частного партнерства, которые начинают реализовывать проект на стадии подготовительных работ;

– 2-й этап будет реализован с 2025 г. с обязательным применением BIM для работ уровня II или выше инвестиционных проектов нового строительства с использованием государственного инвестиционного капитала; государственного капитала в дополнение к государственным инвестициям и частным инвестициям. В рамках метода государственно-частного партнерства начинается реализация работ по подготовке проекта.

Результаты подведения итогов реализации «Проекта по применению информационного моделирования зданий (BIM) в строительной деятельности и управлении эксплуатацией проекта» (Проект утвержден Премьер-министром в Постановлении № 2500/QĐ-TTg от 22 декабря 2016 года сроком до 2021 г.), а также результаты мониторинга и оценки применения BIM за последний период показывают, что использование BIM в процессе подготовки технико-экономических обоснований, выполнения, проектирования, строительства, управления качеством, управления проектами и эксплуатации принесло явные преимущества и продемонстрировало свою эффективность.

Анализ результатов опросов

Исследование и обзор текущего статуса применения BIM в строительной отрасли во Вьетнаме проводились с участием различных субъектов: частных лиц, предприятий и государственных органов управления в строительной отрасли. Результаты опроса, полученные с помощью анкетирования, приведены на рис. 3, 4.



■ г. Ханой ■ г. Хо Ши Мин ■ др.

Рис. 3. Применение BIM в строительной отрасли во Вьетнаме
Fig. 3. BIM application in construction industry in Vietnam



Рис. 4. Применение BIM в различных областях во Вьетнаме
Fig. 4. BIM application in different fields in Vietnam

Ответы, данные респондентами, позволяют заключить, что лидером по внедрению BIM-технологий является бизнес-сектор: 32 % приходится на частные предприятия, 24 % – на предприятия с иностранным капиталом и 19 % – на государственные предприятия. Анализ приведенных выше данных свидетельствует, что субъектами, заинтересованными в применении BIM, являются в основном предприятия, поскольку именно они напрямую получают выгоду от использования технологий информационного моделирования. Предприятия со-

средоточены главным образом в сферах гражданского, промышленного и транспортного строительства, что также соответствует реалиям строительной отрасли, когда спрос на строительство в этих отраслях находится на низком или очень высоком уровне, требуя новых инструментов управления и внедрения последних достижений науки и техники в строительстве.

Еще одним важным аспектом изучения текущего статуса применения BIM является разнообразие объектов исследования, поскольку использование BIM возможно на разных этапах строительного проекта всеми заинтересованными сторонами. В ходе опроса доля консультантов по проектированию составила 64 % (Вьетнамская строительная консалтинговая корпорация – СТСП, акционерное общество «Вьетнамская емкость» – VСС, Фотоэлектрическая инженерия, Полисиус АГ и др.), строительных подрядчиков – 38 % (Хоабинь, Кофико, Юниконы, Поско Э&К, Дельта, Винаконекс, Хандико и др.), консалтинг по управлению проектами составляет 27 % (например, Тернер и др.), 16 % принадлежит инвестору (в частности, ВинГрупп и др.), 32 % – консалтинг по надзору (Конинко и др.). Данные других опросов [8] в качестве объектов исследования выделяют государственные органы управления (Институт экономики строительства, Департамент управления качеством дорожного строительства, Департамент транспорта города Хошимина и др.) и учебные учреждения (Ханойский университет гражданского строительства, Архитектурный университет Дананга, Университет транспорта Хошимина и др.), их доля составляет около 12 %. Таким образом, установлено, что результаты исследования распределены равномерно между участниками строительного проекта, это подтверждает заинтересованность всех основных участников проекта в применении BIM.

Некоторые примеры применения BIM в строительстве во Вьетнаме

Типичным примером применения BIM в строительстве Вьетнама стал проект Landmark 81 (Ориентир 81). Это крупномасштабный объект высотой 1500 футов (примерно 461 м), являющийся рекордсменом по разным показателям, в котором залита самая большая на сегодняшний день партия бетона во Вьетнаме. Соответственно фундамент проекта был визуализирован в 3D для детального армирования плитного фундамента и оценки возникновения рисков между различными частями конструкции, такими как детали конструкции пересечения и последовательность установки между стальной колонной, пересекающейся с переносной балкой в системе оголовка колонн на 6-м этаже (это область сложных конструктивных систем), форма конструкции нетипичная, а наклонная, пересекающая железобетон с композитно связанной сталью. Предварительные детали системы охлаждения бетонного блока высотой 4 м также включены в 3D-схему для выявления рисков. Для изготовления стальных счетчиков использовались высокопрочные, устойчивые к давлению материалы. Только действительно сложные области могут быть преобразованы в 3D, такие как переносные балки, вертикальные сечения. Другие детали, например небольшие балки и простые перекрытия, требуют применения программного обеспечения САПР, которое рассчитывает массовую производительность после чертежа (рис. 5).

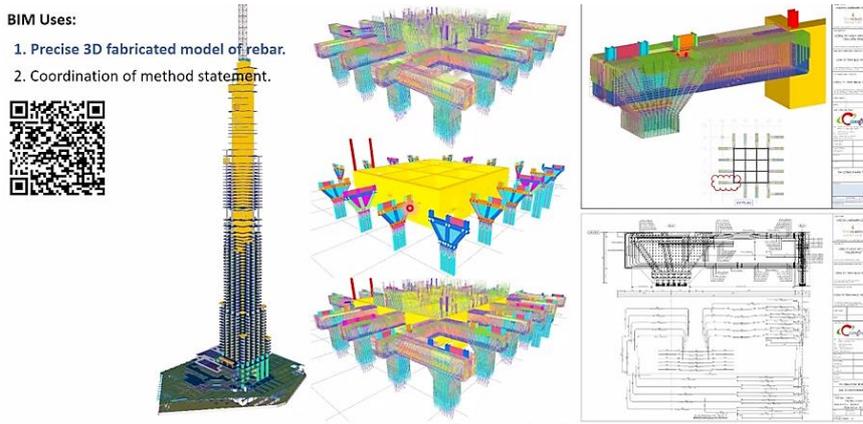


Рис. 5. Моделирование стальных конструкций в проекте Landmark 81 с использованием моделей BIM перед началом строительства [9]

Fig. 5. Modeling of steel structures in Landmark 81 Project using BIM models before construction [9]

В проекте моста Ту Тим 2 был применен ряд приложений BIM, таких как моделирование во взаимосвязи с другими дисциплинами, а также между основным и подъездным мостом для обращения к 2D-чертежам и сравнения объемов. В 2D-чертеже создается координационная модель, состоящая из объектов из разных инженерных дисциплин, чтобы вся необходимая информация была представлена через модель (рис. 6). В программном обеспечении для проектирования дорог компания использует Civil 3D для моделирования естественных поверхностей и проектирования трубопроводных систем. Для боковой структуры применяется программное обеспечение Credit. Общая модель проекта использует финское программное обеспечение.



Рис. 6. Проект моста Ту Тим 2, соединяющего Ту Тим и район 1 [10]

Fig. 6. Design of Tu Tim 2 bridge connecting Tu Tim and District 1

Однако высокий уровень применения BIM по-прежнему в основном приходится на проекты с привлечением частного капитала и капитала с иностранными элементами (около 70 %). Типы проектов с применением BIM пока не разнообразны. Как правило, гражданские проекты сфокусированы в основном на жилищных проектах, офисах, коммерческих центрах и промышленных проектах, применяемых к линиям электропередачи, трансформаторным подстанциям и гидроэлектростанциям (рис. 7, 8). Транспортные проекты в основном применимы к мостам и аэропортам.

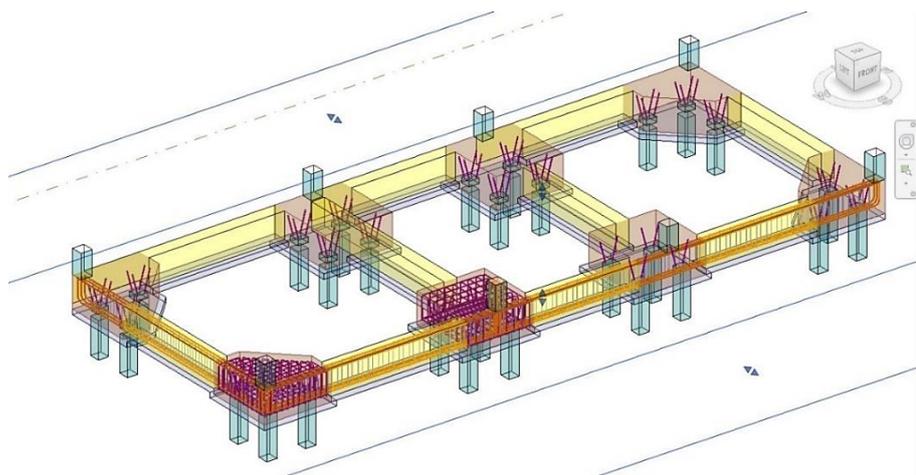


Рис. 7. Применение модели BIM для структурных расчетов гражданских зданий (выполнено авторами)

Fig. 7. Application of BIM model for structural analysis of civil buildings (compiled by the authors)



Рис. 8. 4D-модель возведения сборно-монолитного каркаса жилого здания [11]

Fig. 8. 4D model of prefabricated monolithic frame of a residential building

Что касается институциональной структуры, то в последнее время применение BIM только поощряется, поэтому многие инвесторы и лица, принимающие инвестиционные решения в проектах, использующих государственный инвестиционный капитал и государственный капитал в дополнение к государственным инвестициям, все еще сталкиваются с трудностями. Трудности и путаница возникают при принятии решения о применении BIM для организации реализации проекта. Консалтинговые организации также сталкиваются с трудностями при доступе и применении BIM в проектах, использующих государственный инвестиционный капитал и государственный капитал в дополнение к государственным инвестициям.

Обсуждение и заключение

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. Тенденция применения информационного моделирования зданий (BIM) в сфере строительства становится все более популярной, способствуя повышению производительности, качества и конкурентоспособности многих предприятий, стремящихся осуществить качественный скачок в современной строительной отрасли – переход на новую фазу промышленной революции – «Индустрия 4.0».

2. Применение BIM дает многочисленные преимущества для устойчивого развития строительной отрасли и постепенно охватывает строительные проекты в различных сегментах рынка, поднимая новые вопросы о новых ориентирах развития и государственного управления строительной отраслью.

3. В настоящее время применение BIM в строительстве считается перспективным направлением, но, поскольку это новая технология, ее внедрение сопряжено с разнообразными трудностями и барьерами. Стандарты и правила во Вьетнаме необходимо корректировать с учетом каждого этапа. В процессе пилотирования BIM в ряде проектных подразделений Вьетнама для проектов, финансируемых государством, выявлены сложности с несоответствием стандартов и правил проектирования Вьетнама международным национальным стандартам. Внесение изменений и дополнений в правила и стандарты для приведения их в соответствие с международной практикой, применяемой в модели BIM, зависит от государственного органа управления, отвечающего за строительство.

Настоящее исследование дает общую оценку и дополняет информацию о текущем состоянии и тенденциях применения BIM в строительных инвестиционных проектах разных стран, уделяя особое внимание Вьетнаму. Таким образом, BIM все более широко внедряется в строительную отрасль, но наличие квалифицированных специалистов в сфере BIM по-прежнему остается актуальной проблемой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Гевара Рада Л.Т., Пешков В.В., Мартыанов В.И., Радионова Е.А., Бужеева Ф.Г., Сайбаталова Е.В.* Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1. С. 70–81. URL: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81>

2. Savina A.G., Malyavkina L.I., Savin D.A. Theoretical and methodological bases of building a digital infrastructure of BIM-based management of capital construction projects // *Russian Journal of Economics and Law*. 2023. V. 17. № 1. P. 90–109. URL: <https://doi.org/10.21202/2782-2923.2023.1.90-109>
3. Загидуллина Г.М., Иванова Р.М., Новишрванов М.Л. Анализ текущих проблем развития BIM-технологий на рынке капитального строительства // *Московский экономический журнал*. 2022. № 12. URL: <https://qje.su/ekonomicheskayateoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-12-2022-20>
4. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Информационное моделирование в системах отопления и вентиляции. Казань : Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. 255 с.
5. *Building Information Modeling (BIM)* // *Global Strategic Business Report*. 2023. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4804704/building-information-modeling-bim-global> (дата обращения: сентябрь 2023).
6. *BIM-внедрение* (Techure ISO 9001:2015). URL: <https://www.techure.global/solutions/bim-implementation> (дата обращения: октябрь 2018).
7. *Решение № 258/QD-TTg Премьер-министра*: Утверждение Дорожной карты по применению информационного моделирования зданий (BIM) в строительной деятельности. 2023. URL: <https://tapchixaydung.vn/thuc-trang-va-xu-huong-ap-dung-bim-20201224000016997.html> (дата обращения: 17.03.2023).
8. *Текущий статус* применения информационной модели строительства. URL: <https://one-bimvn.com/tin-tuc/bim-tai-viet-nam> (дата обращения: май 2023).
9. *Применение BIM* в проекте Landmark 81. 2019. URL: <https://bim.gov.vn/tin-tuc/ap-dung-bim-tai-du-an-landmark-81> (дата обращения: 22.02.2019).
10. *Перспектива моста Ту Тим 2*, соединяющего Ту Тим и район 1. 2019. URL: <https://diaochongthai.com/phoi-can-h-cau-thu-thiem-2-noi-thu-thiem-va-quan-1/> (дата обращения: 07.02.2019).
11. Бовтеев С.В., Евстифеева Е.С. Применение 4D-моделей для визуализации возведения сборно-монолитного каркаса здания : материалы VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А.А. Семенова ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2023. С. 20–25.

REFERENCES

1. Guevara Rada L.T., Peshkov V.V., Martyanov V.I., Radionova E.A., Buzheeva F.G., Saibatalova E.V. Building information modeling as a basis for lean construction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2022; 12 (1): 70–81. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81> (In Russian)
2. Savina A.G., Malyavkina L.I., Savin D.A. Theoretical and methodological bases of building digital infrastructure of BIM-based management of capital construction projects. *Russian Journal of Economics and Law*. 2023; 17 (1): 90–109. <https://doi.org/10.21202/2782-2923.2023.1.90-109>
3. Zagidullina G.M., Ivanova R.M., Novshirvanov M.L. Analysis of current problems in the development of BIM technologies in the capital construction market. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal*. 2022; (12). <https://qje.su/ekonomicheskayateoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-12-2022-20> (In Russian)
4. Ziganshin A.M., Ziganshin M.G. Information modeling in heating and ventilation systems. Kazan, 2018. 255 p. (In Russian)
5. *Building Information Modeling (BIM)*. *Global Strategic Business Report*. Available: www.researchandmarkets.com/reports/4804704/building-information-modeling-bim-global (accessed September, 2023).
6. *BIM implementation (ISO 9001:2015)*. Available: www.techure.global/solutions/bim-implementation (accessed October, 2018).
7. *Decision No. 258/QD-TTg of the Prime Minister: Approval of the Roadmap for the use of building information modeling in construction activities*. Available: <https://tapchixaydung.vn/thuc-trang-va-xu-huong-ap-dung-bim-20201224000016997.html> (accessed March 17, 2023).

8. Current status of application of the construction information model. Available: <https://onebimvn.com/tin-tuc/bim-tai-viet-nam> (date of the application: May 2023).
9. Application of BIM in the Landmark 81 project. Available: <https://bim.gov.vn/tin-tuc/ap-dung-bim-tai-du-an-landmark-81> (accessed February 22, 2019).
10. Perspective of Tu Thim 2 Bridge connecting Tu Thim and District 1. Available: <https://diaochongthai.com/phoi-can-hau-thu-thiem-2-noi-thu-thiem-va-quan-1> (accessed February 07, 2019).
11. *Bovteev S.V., Evstifeeva E.S.* Application of 4D models for construction visualization of pre-fabricated monolithic building frame. In: *Proc. 6th Int. Sci. Conf.* A.A. Semenov, Ed., Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering: Saint-Petersburg, 2023. Pp. 20–25. (In Russian)

Сведения об авторах

Ле Чунг Хиеу, аспирант, Российский университет транспорта, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, ORCID: 0000-0002-6346-8829, SPIN-код: 7248-5793, AuthorID: 1215684, letrunghieu531996@gmail.com

Нгуен Ван Дат, магистрант, Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой, Вьетнам, 221810724@student.humg.edu.vn

Нго Суан Хунг, канд. техн. наук, преподаватель, Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой, Вьетнам, ORCID: 0000-0003-2868-6342, ngoxuanhung@humg.edu.vn

Authors Details

Le Trung Hieu, Research Assistant, Russian University of Transport, 9, Obratsov Str., 127994, Moscow, Russia, letrunghieu531996@gmail.com

Nguyen Van Dat, Master's Student, Hanoi Mining and Geological University; Hanoi, Socialist Republic of Vietnam, 221810724@student.humg.edu.vn

Ngo Xuan Hung, PhD, Lecturer, Hanoi Mining and Geological University; Hanoi, Socialist Republic of Vietnam, ngoxuanhung@humg.edu.vn

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.10.2023
Одобрена после рецензирования 14.11.2023
Принята к публикации 16.01.2024

Submitted for publication 16.10.2023
Approved after review 14.11.2023
Accepted for publication 16.01.2024