

УДК 65.011.56:69.059

DOI: 10.22213/2410-9304-2020-3-53-57

Факторы, ограничивающие применение современных BIM-технологий в проектах реконструкции

Е. М. Коршунова, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

Н. Л. Тарануха, доктор экономических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

П. А. Боршова, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. Ф. Коршунов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В статье выявлены факторы, препятствующие применению информационного моделирования зданий (BIM) в проектах реконструкции. Проекты реконструкции сталкиваются с неопределенностью высокого уровня в ходе реализации в основном из-за ненадлежащего управления информацией, недостаточного контроля качества и низкой компетентности участников. Применение передовых компьютерных инструментов, таких как BIM, которые используются как с передовыми информационными, так и коммуникационными технологиями (ИКТ), может стать способом решения проблем проектов реконструкции. Дан анализ существующих моделей информационного моделирования, используемых в строительных проектах зданий, и их краткая характеристика. Для выявления проблем предлагаются и внедрения BIM в проекты реконструкции, использование метода аналитической иерархии (МАИ). Определены этапы анализа факторов, ограничивающих применение BIM при реконструкции. На основе анализа наиболее значительных технических, организационных и управленческих проблем при применении современных технологий в проектах реконструкции выделены факторы, ограничивающие применение BIM в проектах реконструкции. Обоснована необходимость мониторинга этих факторов на протяжении всего жизненного цикла проекта. Проанализированы инструменты и действия, которые могли бы устранить выявленные факторы и повысить эффективность проектов.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, проекты реконструкции, использование BIM, принятие решений.

Введение

При реализации строительных проектов возникает множество неопределенностей и непредвиденных ситуаций, что может решающим образом повлиять на успех проекта. Проекты реконструкции сталкиваются с теми же проблемами, что и проекты нового строительства. Выявлению и достаточно полному описанию проблем при реализации проектов реконструкции посвящено много исследований [1–4]. Среди них выделяют: социальные, градостроительные, технико-технологические, информационные, управленческие, экономические, транспортные, экологические и правовые проблемы. Однако следует отметить, что проблемы в проектах реконструкции в основном связаны с неопределенностью высокого уровня.

Действия, процессы и проблемы, которые могут повлиять на эффективность проектирования, производства, строительства и технического обслуживания, должны анализироваться в течение всего жизненного цикла проекта. Рекомендуется сначала определить наиболее значимые техниче-

ские, организационные и управленческие проблемы проектов реконструкции, а затем проанализировать инструменты и действия, которые могли бы помочь предотвратить проблемы и повысить эффективность проектов. Благодаря быстрой развитию передовых компьютерных технологий в строительстве, участники проекта имеют возможность использования преимуществ мирового опыта и лучших его практик.

Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года N 926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» предусматривает проведение на территории Российской Федерации мероприятий по поэтапному внедрению BIM-технологий в строительную отрасль. Согласно этому документу, строительство должно перейти на BIM-технологии к 2020 году.

Информационное моделирование зданий (BIM) как передовая компьютерная технология

все чаще применяется в новых строительных проектах, но до сих пор редко используется в проектах реконструкции и реновации застройки. Реализация проекта реконструкции вызывает ряд специфических проблем, связанных с техническими, организационными, информационными особенностями таких проектов.

Целью данного исследования является выявление наиболее значительных технических, организационных и управленческих проблем при применении современных технологий в проектах реконструкции, а также анализ последствий и предложение инструментов и действий, которые могут помочь предотвратить проблемы и повысить эффективность проектов, рассмотреть возможность применения BIM в проектах реконструкции. Но этот процесс невозможно осуществить без определения факторов, которые препятствуют применению внедрения современных технологий.

Выявление и оценка факторов, препятствующих применению BIM в проектах реконструкции, методом аналитической иерархии (МАИ)

В трудах многих исследователей отмечено, что одним из основных требований для начала проектирования для строительства и реконструкции является скорейшее начало обмена информацией с архитекторами, проектировщиками, подрядчиками, инженерами и другими участниками проекта [5–7].

В строительных проектах модель здания BIM, называемая моделью 4D, представляет собой разработанную модель здания BIM плюс время строительства с информацией о необходимых ресурсах для строительства. Модель BIM здания используется для планирования процесса строительства и управления работами на вре-

менной шкале с использованием информации, размещенной в базе данных модели BIM-проекта. Оптимизированные процедуры с использованием модели BIM могут помочь избежать простоев, расточительного использования материалов, задержки транспортировки и, как следствие, снижения воздействия на окружающую среду. Сочетая запланированную по времени трехмерную модель с экономическими показателями, денежные потоки можно оценить на всех этапах строительства. Ценовая модель BIM – так называемая 5D-модель – это цена материалов и изделий в сочетании с параметрическими объектами, а также ценой ресурсов – рабочей силы, машин и материалов, с разбивкой по времени производства и технологиями производства на практике. Модель здания BIM, переданная в эксплуатацию, может использоваться для управления зданием на последующих этапах его жизненного цикла – проектирования, строительства, обслуживания, реконструкции и сноса. Модель оперативного здания (Facility Management), часто называемая моделью 6D в связи с введением качественных показателей, ее сущность заключается в большом количестве постоянно записываемой, практически доступной и оперативной информацией. Она предназначена для управления всеми коммуникационными системами в здании, для планирования расходов на содержание здания, для мониторинга состояния оборудования и поддержания его технического состояния, для обеспечения необходимого уровня комфорта и энергетического баланса здания.

Для выявления проблем и внедрения BIM в проекты реконструкции нами предлагается использование метода аналитической иерархии (МАИ). Исследование предлагается проводить поэтапно (рисунок).



Последовательность анализа факторов, ограничивающих применение BIM при реконструкции

Выделим основные этапы:

1-й этап: исследование и изучение данных проектов реконструкции.

2-й этап: расчет факторов, препятствующих внедрению BIM.

3-й этап: анализ и предлагаемые решения для внедрения BIM.

Вначале следует определить набор общих проблем, возникающих во время реконструкции. Для этого выбираются проекты реконструкции, объединяемые по типу объекта – жилые здания, административные здания, объекты культурного наследия, промышленные объекты и т. д.

Затем определяются методы сбора информации о проектах: встреча с руководителями проектов, подрядчиками, заказчиками, инвесторами, исполнителями и т. д., которые участвовали в этих проектах. Идентифицируется набор из основных проблем. Выявляются факторы, препятствующие применению современных технологий. После детального анализа проектов и собранной информации частота возникновения выявленных факторов в проанализированных проектах представляется в процентах. Влияние каждого фактора на проект определяется с использованием метода экспертной оценки и применения аналитического метода иерархии, который является одним из доступных методов принятия решений [8]. Эксперты отбираются из практиков и ученых, связанных с управлением проектами. Им предлагается сравнить и оценить выявленные факторы с помощью девятибалльной шкалы, что указывает на значимость. Результаты опроса необходимо обработать в соответствии с методологией Саати.

После анализа статистических данных и результатов экспертной оценки оценивается значимость факторов. Влияние на баллы проекта должно быть нормализовано и умножено на частоту возникновения факторов. Их значимость выражается в процентах.

После проведения структуризации данных проанализированы инструменты и действия, которые могли бы устранить указанные факторы и повысить эффективность проектов. В результате предложения, связанные с использованием BIM, следует ввести для преодоления основных проблем, с которыми сталкиваются при реализации проектов реконструкции.

Для поддержки процессов оценки и отбора в проектировании могут использоваться формальные методы принятия решений. Недавно было опубликовано большое количество работ, в которых используются различные методы при-

нятия многокритериальных решений (MCDM) для решения технических задач [9.10]. Аналитический процесс иерархии (МАИ) – это метод принятия многокритериальных решений (MCDM), который помогает лицу, принимающему решение, сталкиваться со сложными проблемами, которые содержат множество противоречивых и субъективных критериев, был первоначально разработан в 1980 году профессором Томасом Л. Саати. Это эффективный инструмент для принятия сложных решений, и он может помочь лицу, принимающему решение, установить приоритеты и принять лучшее решение. Сводя сложные решения к серии парных сравнений, а затем обобщая результаты, МАИ помогает охватить как субъективные, так и объективные аспекты решения. Кроме того, МАИ включает в себя технику для проверки согласованности оценок лица, принимающего решение, тем самым уменьшая неточности в процессе принятия решений.

Первым шагом в процедуре МАИ является создание парных сравнений между каждым критерием.

После заполнения матрицы сравнения следующим шагом является нормализация матрицы и вычисление среднего значения для расчета вектора согласованности:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n C v_{ij}. \quad (1)$$

Расчет показателя согласованности (CI):

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \quad (2)$$

где λ_{\max} – наибольшее собственное значение; n – размер матрицы сравнения.

Завершающим этапом является вычисление коэффициента согласованности (CR) для измерения степени согласованности суждений относительно больших выборок чисто случайных суждений. Если CR меньше или равен 0,1 (10%), несоответствие допустимо, а если CR равно или больше 0,1 (10%), суждения не заслуживают доверия. Легко сделать минимальное количество суждений, после чего можно рассчитать остальное, чтобы обеспечить возможно нереально идеальный коэффициент согласованности (CR). Конечный коэффициент согласованности, если оценки являются достаточно последовательными, рассчитывается как соотношение CI и случайного индекса (RI), как указано [8]:

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (3)$$

Выводы

На основе проведенного исследования выделены следующие факторы, препятствующие внедрению BIM в проекты реконструкции:

1. Отсутствие актуальной, достоверной и полной информационной базы о состоянии реконструируемого объекта. Особенно остро этот фактор проявляется при разработке проектов реконструкции исторической застройки, так как зачастую документация либо устарела, либо фрагментирована, либо вообще отсутствует.

2. Вследствие недостаточности ресурсов технико-экономическое обоснование проекта не завершено, техническое и детальное проектирование организовано небрежно.

3. Взаимодействие участников процесса реконструкции – каждый проект координируется рядом участников. Отсутствие координации и четкого регулирования взаимоотношений между городом (в лице органов исполнительной власти), государством и частным бизнесом.

4. Низкий уровень квалификации, знаний и компетенции технического персонала.

5. Отсутствие информационной преемственности между участниками проекта.

6. Некомпетентность команды подрядчиков, не оценивающих сложность и непрерывность реконструктивных работ.

7. Низкое качество подготовки технического проекта – при реализации проекта требуется внесение изменений и их утверждение.

8. Увеличение времени выполнения проекта вследствие различных причин, в частности, неспособности адекватно оценить время проектных работ.

9. Несовершенство процедуры закупок.

10. Несоответствие производства ремонтно-строительных работ на площадке и в проекте.

11. Задержка в принятии решений.

12. Устранение ошибок и недоработок в течение гарантийного срока.

13. Нормативная документация, определяющая содержание проектной документации (СНиП, ТСН и др.), не соответствует сегодняшним требованиям рынка.

Значимость каждого фактора оценивается с учетом анализа статистических данных, а также с использованием метода аналитической иерархии (МАИ) и применением экспертного опроса.

Таким образом, определяются основные факторы, ограничивающие решения, связанные с использованием BIM.

Заключение

Исходная графическая информация, трехмерные модели BIM, полученные с помощью

передовых методов компьютерной съемки, таких как фотограмметрия ближнего радиуса действия и лазерное сканирование, могут быть использованы при проектировании и строительстве любого типа проекта реконструкции жилого, административного, промышленного зданий, зданий культурного наследия и даже в области археологии. Но необходимо улучшить теоретические знания и практические навыки с использованием методологии BIM для каждого участника проекта. И только после этого становится возможным внедрение методов управления информацией для улучшения процедур закупок проекта и обеспечения эффективной реконструкции проекта. Модель BIM позволит проанализировать текущую ситуацию и разработать новые решения до реконструкции.

Модель проекта реконструкции в соответствии со стандартом BIM может снизить риски проекта и предоставить более точную информацию для поддержки процесса принятия решений.

Библиографические ссылки

1. *Коришнова Е. М., Вишневская А. И.* Современные проблемы развития застроенных территорий // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 2 (67). С. 258–263.

2. *Коришнова Е. М.* Проблемы реконструкции сложившейся застройки центра Санкт-Петербурга // Экономическое возрождение России. 2009. № 4. С. 67–70.

3. *Хохлов О. Б.* Оценка эффективности проектов и программ реновации жилищного фонда : дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 // Томск: Томский гос. архит.-строит. ун-т, 2006. 188 с.

4. *Овсянников С. Н., Овсянников А. Н.* Перспективы реконструкции жилых домов первых массовых серий в г. Томске // Вестник ТГАСУ. 2010. № 2. С. 105–112.

5. *Volk R., Stenge, J., Schultmann F.* 2014. Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs, *Automation in Construction* 38: 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

6. *Pavlovskis M., Antucheviciene J., Migilinskas D.* 2016. Application of MCDM and BIM for evaluation of asset redevelopment solutions, *Studies in Informatics and Control* 25(3): 293–302. <https://doi.org/10.24846/v25i3y201603>.

7. *Вечелковский Б. Е.* Анализ ключевых факторов внедрения технологии информационного моделирования зданий в современном строительстве // Современная техника и технологии. 2015. № 1. С. 114–117.

8. *Saaty T.L., Figueira J., Greco S., Ehrgott M.* 2005. The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making, in *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. Springer, 345–408.

9. Zavadskas E.K., Antucheviciene J., Turskis Z., Adeli H. 2016. Hybrid multiple-criteria decision-making methods: A review of applications in engineering, *Scientia Iranica. Transaction A, Civil Engineering* 23(1): 1–20.

10. Zhao X. 2017. A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization, *Automation in Construction* 80: 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.002>.

11. Гавриэлова А. Несбыточная реновация // MR7.ru. URL: <https://mr-7.ru/articles/199177>.

12. Бузырев В. В. Реновация жилых домов как важный фактор увеличения жизненного цикла жилищного фонда в регионе // Проблемы современной экономики. 2012. № 4 (44). С. 285–288.

References

1. Korshunova E.M., Vishniveckaja A.I. [Modern problems of development of built-up territories]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2018, vol. 2 (67), pp. 258–263 (in Russ.).

2. Korshunova E.M. [Problems of reconstruction of the existing development of the center of St. Petersburg]. *Jekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*, 2009, vol 4, pp. 67–70 (in Russ.).

3. Hohlov O.B. *Ocenka jeffektivnosti proektov i programm renovacii zhilishhnogo fonda* [Evaluating the effectiveness of housing renovation projects and programs]: PhD thesis. Tomsk, 2006, 188 p. (in Russ.).

4. Ovsjannikov S.N., Ovsjannikov A.N. [Prospects for the reconstruction of residential buildings of the first mass series in Tomsk]. *Vestnik TGASU*, 2010, no. 2, pp. 105–112 (in Russ.).

5. Volk R., Stengel J., Schultmann F. [Building Information Models (BIM) for existing buildings – litera-

ture review and future needs]. *Automation in Construction*, 2014, no 38, pp. 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

6. Pavlovskis M., Antucheviciene J., Migilinskas D. [Application of MCDM and BIM for evaluation of asset redevelopment solutions]. *Studies in Informatics and Control*, 2016, no. 25(3), pp. 293–302. <https://doi.org/10.24846/v25i3y201603>.

7. Vechelkovskij B.E. [Analysis of key factors in the implementation of information modeling technology for buildings in modern construction]. *Sovremennaja tehnika i tehnologii*, 2015, no. 1, pp. 114–117 (in Russ.).

8. Saaty T.L., Figueira J., Greco S., Ehrgott M. [The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making, in Multiple criteria decision analysis]. *State of the art surveys*. Springer, 2005, pp. 345–408.

9. Zavadskas E.K., Antucheviciene J., Turskis Z., Adeli H. [Hybrid multiple-criteria decision-making methods: A review of applications in engineering]. *Transactions on Civil Engineering(A)*, 2016, no. 1, pp. 1–20.

10. Zhao X. [A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization]. *Automation in Construction*, 2017, no. 80, pp. 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.002>.

11. Gavrijelova A. *Nesbytochnaja renovacija* [Unrealistic renovation] (in Russ.). Available at: <https://mr-7.ru/articles/199177/> (accessed 26.03.2020).

12. Buzyrev V.V. [Renovation of residential buildings as an important factor in increasing the life cycle of the housing stock in the region]. *Problemy sovremennoj jekonomiki*, 2012, vol.44, no. 4, pp. 285–288 (in Russ.).

Factors Restricting the Application of Modern BIM-Technologies in Reconstruction Projects

E.M. Korshunova, Doctor of Economics, Professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia

N.L. Taranukha, Doctor of Economics, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

P.A. Borshova, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A.F. Korshunov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The paper identifies factors that impede the use of building information modeling (BIM) in reconstruction projects. Reconstruction projects face a high level of uncertainty during implementation, mainly due to inadequate information management, insufficient quality control and low competence of participants. The use of advanced computer tools, such as BIM, which are used with both advanced information and communication technologies (ICTs), can be a way to solve the problems of reconstruction projects. The analysis of the existing models of information modeling used in construction projects of buildings and their brief characteristics are given. To identify problems, the introduction of BIM in reconstruction projects is proposed using the method of analytical hierarchy (MAI). The stages of the analysis of factors limiting the use of BIM in reconstruction are determined. Based on the analysis of the most significant technical, organizational and managerial problems in applying modern technologies in reconstruction projects, factors that limit the use of BIM in reconstruction projects are identified. The necessity of monitoring these factors throughout the entire project life cycle is substantiated. The tools and actions that could eliminate the identified factors and increase the effectiveness of projects are analyzed.

Keywords: building information modeling, reconstruction projects, use of BIM, decision-making.

Получено 23.06.2020