

Известия вузов. Строительство. 2023. № 3. С. 110–118.

ISSN 0536-1052

News of Higher Educational Institutions. Construction. 2023; (3): 110–118.

ISSN 0536-1052

Научная статья

УДК 69:518.5

DOI: 10.32683/0536-1052-2023-771-3-110-118

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Виталий Владимирович Пешков, Кирилл Максимович Белобородов
Иркутский национальный исследовательский технический университет
(ИРНИТУ), Иркутск, Россия

Аннотация. Проведен анализ нормативных документов и научных исследований, посвященных изучению развития BIM-технологий, их применения в строительной отрасли. Рассмотрена возможность использования информационного моделирования (BIM) в определении резервов и способов энергосбережения на всех стадиях жизненного цикла объекта, дано разъяснение и уточнение сущности, преимуществ внедрения данной технологии. Установлено, что технология информационного моделирования позволяет производить своевременный прогноз влияния принимаемых организационно-технических решений на потребление ТЭР, тем самым оптимизируя затраты энергоресурсов не только при эксплуатации, но и на этапе возведения здания.

Ключевые слова: строительство, топливно-энергетические ресурсы, жизненный цикл, агрегаты энергопотребления, информационное моделирование

Для цитирования: Пешков В.В., Белобородов К.М. Прогнозирование потребления топливно-энергетических ресурсов в строительстве на основе цифровых технологий // Известия вузов. Строительство. 2023. № 3. С. 110–118. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-771-3-110-118.

Original article

FORECASTING THE CONSUMPTION OF FUEL AND ENERGY RESOURCES IN CONSTRUCTION BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

Vitaliy V. Peshkov, Kirill M. Beloborodov
Irkutsk National Research Technical University (IRNITU), Irkutsk, Russia

Abstract. The analysis of regulatory documents and scientific research devoted to the study of the development of BIM technologies, their application and use in the construction industry was carried out. The possibility of using information modeling (BIM) in determining the reserves and methods of energy saving at all stages of the life cycle of an object is considered, an explanation and clarification of the essence and advantages of introducing this technology is given. It has been established that information modeling technology makes it possible to make a timely forecast of the impact of organizational and

technical decisions on the consumption of fuel and energy resources, thereby optimizing the cost of energy resources not only during operation, but also at the stage of building construction.

Keywords: construction, fuel and energy resources, life cycle, energy consumption units, information modeling

For citation: Peshkov V.V., Beloborodov K.M. Forecasting the consumption of fuel and energy resources in construction based on digital technologies. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2023; (3): 110–118. (In Russ.). DOI: 10.32683/0536-1052-2023-771-3-110-118.

1. Введение. В настоящее время фокус общественного внимания направлен на обеспечение безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной или иной деятельности на окружающую среду, обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений [1].

Стремление граждан улучшить жилищные условия, реализация проектов комплексного развития территорий приводят к необходимости возведения большого количества зданий и сооружений. Согласно показателям Росстата¹ в России в 2022 г. ввели рекордные 102,7 млн кв. м жилья, что на 11 % больше предыдущего года (рис. 1).

Увеличение объемов жилищного строительства сопровождается повышенным вниманием к исследованию вопросов энергосбережения и энергоэффективности. По статистике на строительство приходится около 45 % мирового потребления энергии и 40 % потребления материалов [2]. Перед современным обществом стоит задача разработки комплексного подхода, направленного на снижение расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) не только на стадии эксплуатации объекта, но и на стадии его возведения, которая по среднегодовым энергозатратам практически не отличается от эксплуатационного периода.

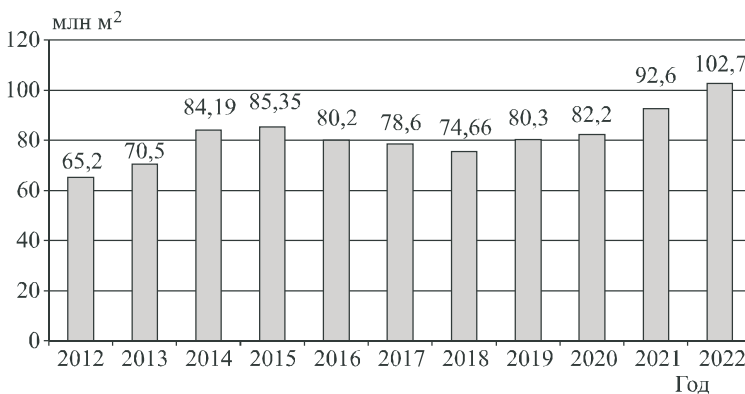


Рис. 1. Объемы ввода в эксплуатацию млн кв. м жилья в России

Fig. 1. The volume of commissioning million square meters of housing in Russia

¹ Федеральная служба государственной статистики // Строительство [сайт]. Россия. 2023. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458> (дата обращения: 18.01.2023).

Главной трудностью в определении потребления топливно-энергетических ресурсов в период строительства и эксплуатации является стохастичность строительного производства и эксплуатации зданий. На каждом этапе жизненного цикла расход энергоресурсов будет разным в зависимости от принимаемых организационно-технических решений [3].

Спрогнозировать влияние таких решений на всех стадиях жизненного цикла здания, определить резервы и способы энергосбережения позволит применение информационного моделирования.

Объектом исследования данной статьи является BIM-моделирование как технология, позволяющая повысить качество принимаемых организационно-технических решений, направленных на сбережение ТЭР.

2. Материалы и методы исследования. Методическую базу исследования составили научные работы, посвященные изучению развития BIM-технологий, проблематике их применения в строительной отрасли таких авторов, как А.А. Волков, З.А. Гаевская, Д.А. Драпалюк, А.В. Исанова, А.Н. Ларионов, Л.А. Опарина, Л.А. Трофимова, В.В. Трофимов, Т.Ю. Шемякина и др.

А.В. Исанова, Д.А. Драпалюк, Д.А. Дегтярева, Д.В. Кириченко в своей статье «Инструментарий BIM-моделирования при управлении и обслуживании энергоэффективных зданий и сооружений городских округов» проводят анализ сферы гражданского строительства с точки зрения необходимости внедрения различных инструментов BIM-моделирования при управлении энергоэффективными зданиями. Определены требования, предъявляемые к информационным моделям, которые интегрируются со сторонними инструментами BIM-моделирования для анализа теплотехнических характеристик здания и микроклимата помещений. Приводятся примеры зарубежного опыта применения инструментов BIM-моделирования, которые используются при анализе существующих энергоэффективных зданий [4].

Авторы статьи «Строительное информационно-энергетическое моделирование» Г. Дроздова, С. Ершова, В. Николаева, Л. Шилова в своей работе представляют обзор актуальных проблем и вопросов в части использования технологий информационно-энергетического моделирования. Отмечено, что эксплуатация специализированного программного обеспечения способствует автоматизации процесса получения энергетического паспорта здания, что позволит предположить класс энергосбережения здания и при необходимости получить раздел «Энергоэффективность» для согласования проектной документации в экспертизе [1].

В статье А.Н. Ларионова, А.В. Приходько «Оценка перспектив использования технологий информационного моделирования в жилищном строительстве в России на период до 2030 года» проанализированы аспекты минимизации рисков инвестиционно-строительных проектов за счет использования технологии информационного моделирования (BIM). С учетом ретроспективного, текущего и прогнозного анализа процессов развития жилищного строительства в Российской Федерации дана оценка перспектив внедрения технологии информационного моделирования BIM в жилищном строительстве в России на период до 2030 г. [5].

Анализ работ показал, что разработка информационной модели – актуальный инструмент для выработки эффективных организационно-техниче-

ских решений, направленных на сокращение расхода ТЭР. Однако в рассмотренных авторами методиках не приводится оценка полного жизненного цикла здания. Тогда как одним из критериев оптимальности выбранных проектных решений должны служить совокупные удельные затраты как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации. Для определения оптимальности выбранных проектных решений необходимо производить многовариантные сценарные расчеты. Вопрос снижения потребления ТЭР является важным, волнующим и многоаспектным, включающим в себя не только энергетические, но и экономические, экологические и социальные стороны.

Начало процесса внедрения BIM-технологий в отечественной индустрии строительства положено Приказом Минстроя России № 926/пр от 29.12.2014 г. Программа поэтапного внедрения BIM-технологий в области промышленного и гражданского строительства разработана совместно с Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации, Росстандартом и другими институтами по модернизации экономики и инновационному развитию.

Согласно Постановлению Правительства РФ № 331 от 05.03.2021 г., с 01.01.2022 г. при проектировании проектов в рамках государственного заказа (строительство, финансируемое из бюджета любого уровня – муниципального, регионального, федерального) необходимо в обязательном порядке выполнять формирование информационной модели объекта капитального строительства.

При внесении всех необходимых изменений в законодательство до конца 2024 г. доля объектов недвижимости, проектируемых с применением BIM-технологий, должна достичь 9 % от общего их числа, а общая доля строящихся объектов на основе BIM-технологий 80 % от общего количества [6].

Таким образом дальнейшее активное расширение практики применения информационного моделирования при строительстве объектов позволит улучшить показатели эффективности строительной деятельности, что окажет положительный эффект в решении вопроса энергосберегающего строительства.

3. Результаты и обсуждение. Информационное моделирование здания (Building informational modeling (BIM)) предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, финансовой и иной информации об объекте со всеми ее взаимосвязями и зависимостями. Технология охватывает все этапы жизненного цикла сооружения: от планирования, составления технического задания, проектирования и анализа до выдачи рабочей документации, строительства, эксплуатации, ремонта и демонтажа (рис. 2). Достоверность модели заключается в том, что при ее разработке учитываются технические характеристики конструктива здания, инженерные решения, местоположение, ориентация и климатические условия эксплуатации объекта.

По оценкам специалистов, внедрение BIM-технологий обеспечивает сокращение затрат на строительство объектов на 25 %. Снижение расходов на эксплуатацию составляет более 35 % [7].

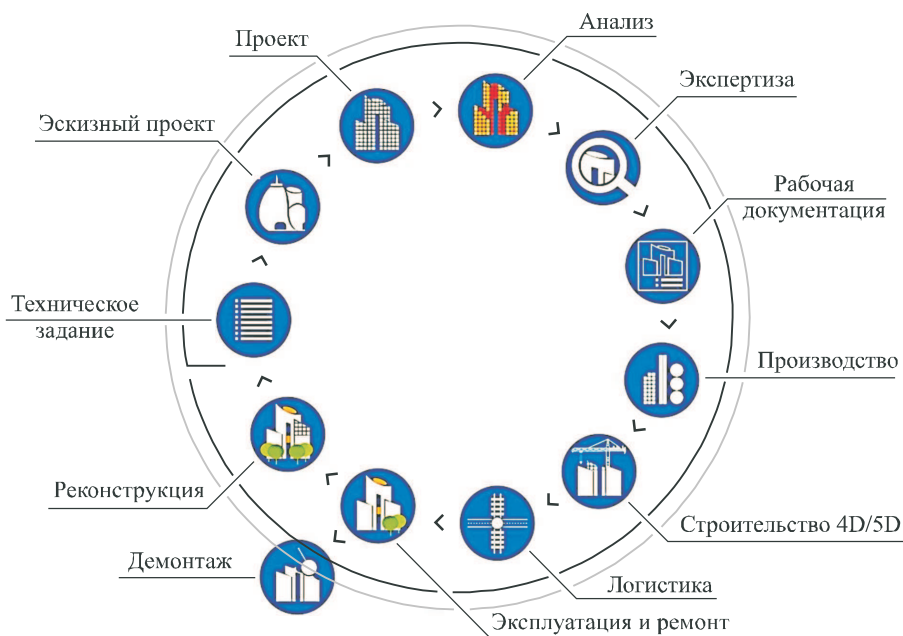


Рис. 2. Жизненный цикл объекта строительства²

Fig. 2. The life cycle of the construction object

На стадии проектирования планирование мероприятий по энергосбережению с применением информационного моделирования позволит:

- обеспечить более детальную и совершенную информацию по энергоиспользованию;
- выявить факторы, влияющие на использование энергии;
- оценить степень энергоэффективности проектного решения при выборе/переборе различных подходящих вариантов, его влияние на все стадии жизненного цикла здания;
- осуществлять моделирование и оптимизацию календарного планирования для достижения рационального энергопотребления;
- сократить число проектных нестыковок, устранение которых влечет за собой дополнительные затраты ТЭР;
- проанализировать прогнозное энергопотребление и предположить класс энергоэффективности здания;
- спрогнозировать финансовые затраты на потребление ТЭР.

На стадии строительства:

- вносить любые изменения для адаптации или привязки к изменившимся условиям строительства, позволяя получить актуальную информацию об использовании энергии;
- обеспечивать должный контроль потребления ТЭР;
- сравнивать фактическое энергопотребление с предварительно определенными значениями, при превышении которых принимать своевременные решения по оптимизации энергопотребления на энергозатратном участке;

² Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Autodesk. [Электронный ресурс]. URL: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/BIM%20for%20buildings_Autodesk.pdf.

- улучшить координацию работы подрядчиков и субподрядчиков;
- работая в режиме реального времени с единым хранилищем данных BIM 360 DOC, снизить риск использования устаревшей информации и соответственно уменьшить количество возможных переделок.

На стадии эксплуатации:

- сравнивать реальные величины потребления энергии с проектными, тем самым определять, насколько принятые проектные решения энергоэффективны, а также анализировать возможность повышения ключевых показателей;
- обеспечить удобное хранение, накопление и отображение данных по эксплуатируемому объекту, включая все отступления от проекта, допущенные при строительстве.

Учет всех элементов зданий, архитектурно-конструктивных решений, характеристик инженерного оборудования, природно-климатических условий местности, применяемого оборудования, предназначенного для производства строительно-монтажных работ, является сложной задачей. Вместе с тем анализ данной проблемы, выполненный Л.А. Опариной в статье «Имитационное моделирование энергопотребления зданий в течение жизненного цикла на основе аппарата стохастических агрегативных систем», показал, что объединение параметров энергоэффективности в обобщенные агрегаты позволяет учесть интегральные эффекты от их взаимодействия как единой энергетической системы (таблица) [3].

Формирование агрегатов энергопотребления зданий

Formation of aggregates of energy consumption of buildings

Стадия жизненного цикла здания	Наименование агрегата	Обозначение агрегата
Проектирование	Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов и конструкций	a1
Строительство	Расходы энергетических ресурсов на организацию строительной площадки и производство СМР	a2
Эксплуатация	Расходы энергетических ресурсов на отопление здания	a3
	Расходы энергетических ресурсов на электроснабжение, освещение здания, работу систем вентиляции и поддержания микроклимата в здании	a4
	Расходы энергетических ресурсов на водоснабжение и водоотведение здания	a5
	Расходы энергетических ресурсов на производство строительных материалов для проведения текущего и капитального ремонтов	a6
	Расходы энергетических ресурсов на производство работ по текущему и капитальному ремонту	a7
	Расходы энергетических ресурсов на утилизацию строительных материалов от производства строительных материалов для проведения текущего и капитального ремонта и после демонтажа здания	a8
	Расходы энергетических ресурсов на работы по демонтажу здания	a9

Применение информационной модели позволит производить анализ уровней потребления, получать ясное представление об эффективности использования энергии, что допускает принятие своевременных мер в случаях необоснованных трат, а также поможет существенно дополнить раздел проектной документации «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов»³.

4. Выводы. На основании проведенных исследований, анализа литературных источников [1–12] установлено, что в настоящее время подход к энергоэффективному строительству в большей степени направлен на достижение оптимальных показателей энергоэффективности на этапе эксплуатации объекта. Тогда как одним из критериев оптимальности выбранных проектных решений должны служить совокупные удельные затраты как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации. Исходя из данных исследований, внедрение BIM может значительно улучшить показатели строительной отрасли. Имитационное моделирование позволит проработать варианты по снижению энергоемкости здания на всех стадиях жизненного цикла с учетом многовариантности строительного производства и организовать процессы функционирования здания в зависимости от необходимого уровня энергоэффективности.

Список источников

1. Дроздова Г., Ершова С., Николаева В., Шилова Л. Строительное информационно-энергетическое моделирование // Энерг. политика. 2021. № 12 (166). С. 70–79.
2. Шеина С.Г., Федяева П.В., Черникова А.А. Применение мирового опыта при строительстве энергоэффективных жилых комплексов в России // Инж. вестн. Дона. 2022. № 5. С. 549–559.
3. Опарина Л.А. Имитационное моделирование энергопотребления зданий в течение жизненного цикла на основе аппарата стохастических агрегативных систем // Жил. стр.-во. 2013. № 8. С. 22–24.
4. Исанова А.В., Драпалюк Д.А., Дегтярева Д.А., Кириченко Д.В. Инструментарий BIM-моделирования при управлении и обслуживании энергоэффективных зданий и сооружений городских округов // Инж.-строит. вестн. Прикаспия. 2021. № 2 (36). С. 62–67.
5. Ларионов А.Н., Приходько А.В. Оценка перспектив использования технологий информационного моделирования в жилищном строительстве в России на период до 2030 года // Экономика стр.-ва. 2022. № 9. С. 67–78.
6. Шемякина Т.Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития // Вестн. ун-та. 2020. № 7. С. 89–95.
7. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия наук. 2017. № 10. С. 529–549.
8. Вафаева Х.М., Гаевская З.А. Параметрическая энергоэффективная оптимизация проекта реконструкции объекта культурного наследия // Инновации и инвестиции. 2022. № 3. С. 156–164.

³ Постановление Правительства Российской Федерации № 87 от 16.02.2008 (ред. от 21.12.2020). Minstroyrf. [Электронный ресурс]. URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/c47/Постановление_87.doc.

9. Овчинников А.Н., Волков А.А. Информационное моделирование для оценки надежности организационно-технологической последовательности строительства // Инновации и инвестиции. 2019. № 1. С. 216–218.
10. Ожгибесова К.Е., Мингареева Р.Р., Сондуева С.Р. Технологии информационного моделирования (ТИМ) в строительстве РФ: особенности применения на различных стадиях жизненного цикла объекта // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2021. № 11-1. С. 157–159.
11. Трофимова Л.А., Трофимов В.В. Реализация стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на основе информационного моделирования промышленных и гражданских объектов // Современное строительство и архитектура. 2017. № 1 (05). С. 31–35.
12. Гассиева О.И. Управление потреблением энергии: алгоритм энергоменеджмента // Тарифное регулирование и экспертиза. 2009. № 1. С. 57–61.

References

1. Drozdova G., Ershova S., Nikolaeva V., Shilova L. Building information-energy modeling. *Energeticheskaya politika = Energy policy*. 2021; (12): 70–79. (In Russ.).
2. Sheina S.G., Fedyayeva P.V., Chernikova A.A. Application of world experience in the construction of energy-efficient residential complexes in Russia. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2022; (5): 549–559. (In Russ.).
3. Oparina L.A. Simulation modeling of energy consumption of buildings during the life cycle based on the apparatus of stochastic aggregative systems. *Zhilishchnoye stroitel'stvo = Housing construction*. 2013; (8): 22–24. (In Russ.).
4. Isanova A.V., Drapalyuk D.A., Degtyareva D.A., Kirichenko D.V. Bim-modelling tools for the management and maintenance of energy-efficient buildings and facilities in urban areas. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya = Engineering and Construction Bulletin Caspian Sea*. 2021; (2): 62–67. (In Russ.).
5. Larionov A.N., Prikhodko A.V. Assessment of the prospects for the use of information modeling technologies in housing construction in Russia for the period up to 2030. *Ekonomika stroitel'stva = Economics of construction*. 2022; (9): 67–78. (In Russ.).
6. Shemyakina T.Yu. Information modeling of construction object: features of application and development. *Vestnik universiteta = Bulletin of the university*. 2020; (7): 89–95. (In Russ.).
7. Dronov D.S., Kimetova N.R., Tkachenkova V.P. Problems of introduction of BIM-technologies in Russia. *Sinerhiya nauk = Synergy of Sciences*. 2017; (10): 529–549. (In Russ.).
8. Vafaeva Kh.M., Gaevskaya Z.A. Parametric energy-saving optimization of the heritage renovation project. *Innovatsii i investitsii = Innovation and investment*. 2022; (3): 156–164. (In Russ.).
9. Ovchinnikov A.N., Volkov A.A. Information modeling for assessment of reliability at organizational and technological sequence buildings process. *Innovatsii i investitsii = Innovation and investment*. 2019; (1): 216–218. (In Russ.).
10. Ozhgibesova K.E., Mingareeva R.R., Sondueva S.R. Information modeling technologies (TIM) in the construction of the Russian Federation: Features of application at various stages of the object's life cycle. *Gumanitarnyye, sotsial'no-ekonomicheskiye i obshchestvennyye nauki = Humanities, socio-economic and social sciences*. 2021; (11-1): 157–159. (In Russ.).
11. Trofimova L.A., Trofimov V.V. Implementation of strategy on innovative development of construction industry of the Russian Federation based on information modeling of industrial and civil objects. *Sovremennoye stroitel'stvo i arkhitektura = Modern construction and architecture*. 2017; (1): 31–35. (In Russ.).

12. *Gassieva O. Energy Management: Energy Management Algorithm. Tarifnoye regulirovaniye i ekspertiza = Tariff regulation and expertise. 2009; (1): 57–61. (In Russ.).*

Информация об авторах

В.В. Пешков – доктор экономических наук, профессор, pvv@istu.edu

К.М. Белобородов – аспирант

Information about the authors

V.V. Peshkov – DSc, Professor, pvv@istu.edu

K.M. Beloborodov – Post-graduate Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 26.01.2023
Одобрена после рецензирования 27.02.2023
Принята к публикации 03.03.2023

The article was submitted 26.01.2023
Approved after reviewing 27.02.2023
Accepted for publication 03.03.2023