

Электронный научный журнал «Век качества» ISSN 2500-1841 <http://www.agequal.ru>

2024, №3 http://www.agequal.ru/pdf/2024/AGE_QUALITY_3_2024.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лейман Е.Н., Пермяков М.А., Силков А.М. Методы управления энергоэффективностью в строительном секторе // Электронный научный журнал «Век качества». 2024. №3. С. 128-142. Режим доступа: <http://www.agequal.ru/pdf/2024/324007.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 332; 338

Методы управления энергоэффективностью в строительном секторе

Лейман Евгений Николаевич,

кандидат экономических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

Россия, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово,

ул. Красноказарменная, д.14, 111250

LeymanYN@mpei.ru

Пермяков Максим Александрович,

аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет

«МЭИ», Россия, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово, ул.

Красноказарменная, д.14, 111250

PermiakovMA@mpei.ru

Силков Андрей Михайлович

аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет

«МЭИ», Россия, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово, ул.

Красноказарменная, д.14, 111250

SilkovAM@mpei.ru

В условиях ежегодного увеличения мирового энергопотребления остро стоит вопрос об использовании методов рационального использования энергетических ресурсов. Поскольку в России строительная отрасль занимает лидирующую позицию по энергопотреблению, то разработка и внедрение энергоэффективных решений именно для данной отрасли отечественной экономики является приоритетной задачей. Рассмотрение и анализ ведущих мировых практик энергоэффективного строительства на каждом этапе жизненного цикла здания позволили выявить имеющиеся пути выстраивания энергоэффективного строительства.

Важнейшей составляющей вектора развития энергоэффективного строительства является выстраивание грамотного стратегического и оперативного управления, стремление к созданию единой технической

политики, общей для всех участников процесса строительства на каждом этапе - от проектирования до обслуживания и ремонта. Наилучшие способы достижения такой политики связаны с применением инновационных цифровых моделей здания на основе BIM-технологий и соответствием принципам бережливого строительства. Проведенный SWOT-анализ описанных методов позволяет выявить существующие недостатки и проблемы использования данных методов в отечественной строительной отрасли, а также существующие пути их решения. Это позволит усовершенствовать подход к энергоэффективному строительству и учитывать применение энергоэффективных решений на каждом этапе жизненного цикла здания. Более того, это приведёт к повышению конкурентоспособности отечественного строительного сегмента в мировом сообществе.

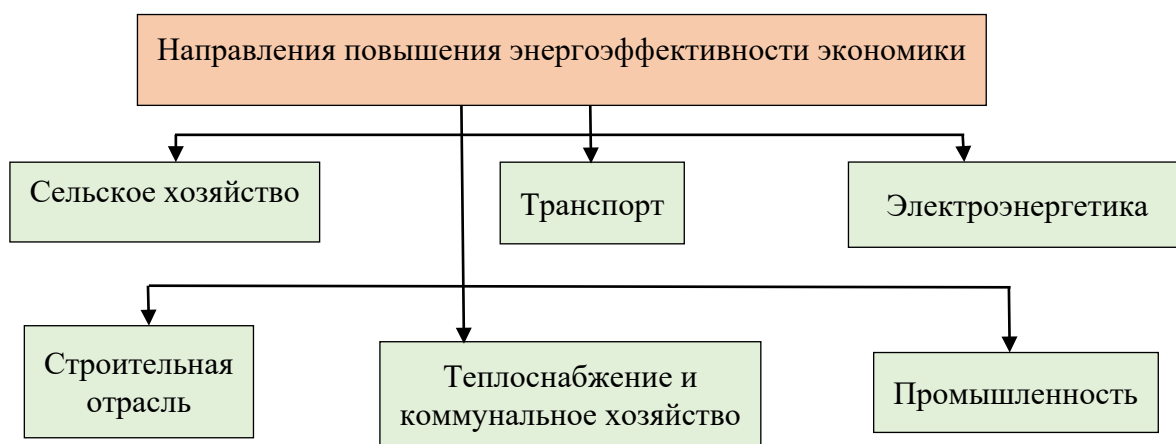
Ключевые слова: энергоэффективные технологии; технологии информационного моделирования (BIM); внедрение BIM-технологий; бережливое производство; управление энергосбережением.

Введение

На сегодняшний день первостепенной задачей любого государства является сохранение своей стабильности в мировой экономике и обеспечение себя необходимыми инструментами социально-экономического развития в условиях всё возрастающей глобализации. Если учесть, что одним из важнейших элементов роста и развития экономики является уменьшение энергозатрат на производство продукции, то именно энергетический сектор оказывает наибольшее влияние на формирование экономического баланса страны [1]. От того, как изменяется стоимость и количество энергоресурсов на мировом рынке, зависят государственный бюджет, международная торговля и инвестиционная сфера. В связи с этим во многих странах рассматриваются два пути достижения энергоэффективности: увеличение добычи природного энергетического топлива и строительство новых электростанций, или повышение эффективности использования имеющихся энергетических ресурсов. Второй путь наиболее предпочтителен, поскольку более экономичен и актуален в условиях ограниченности мировых запасов природных ресурсов. Благодаря этим факторам разработка и использование методов

энергосбережения и альтернативных источников энергии является важной мировой проблемой.

Несмотря на то, что Россия богата топливно-энергетическими ресурсами, для нашей страны также остро стоит вопрос снижения энергоемкости национальной экономики. Согласно статистике, на строительный сектор в России приходится около 40-45% всей вырабатываемой энергии, а это свидетельствует о том, что отрасль является одним из основных потребителей ресурсов [2]. Более того, сегодня в России на отопление 1 м² жилья расходуется в среднем 13 л топлива. В Канаде, имеющей схожие климатические условия, этот показатель почти в 4 раза меньше и составляет всего лишь 3,5-4 л в год. Это доказывает актуальность применения энергоэффективных решений именно в данной отрасли несмотря на то, что существуют разные направления повышения энергоэффективности экономики (рис.1) [3].

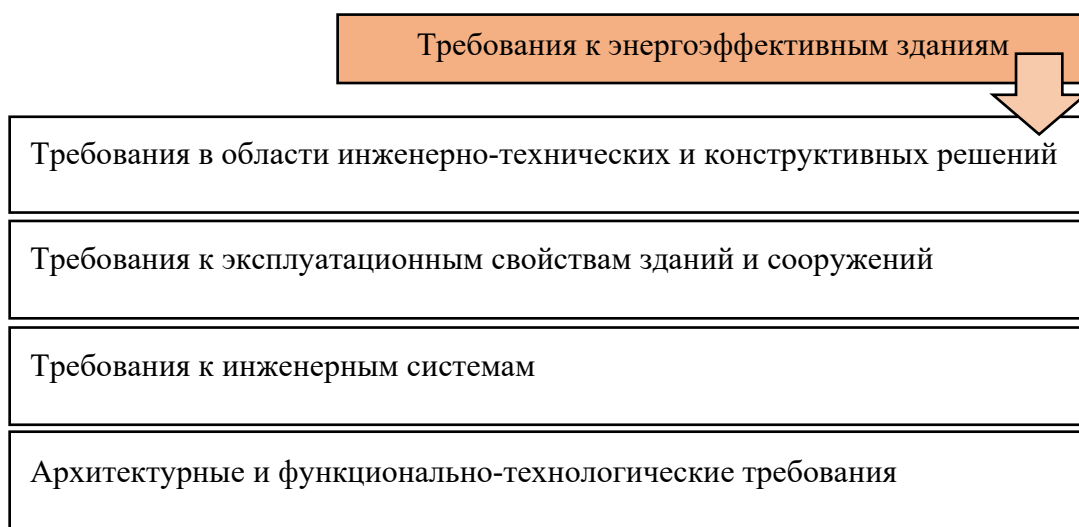


Источник: составлено авторами

Рис. 1. Направления повышения энергоэффективности в экономике

В строительной отрасли под энергоэффективностью понимается способность объекта и его инженерных систем поддерживать заданный уровень потребления тепловой энергии для обеспечения оптимальных параметров

микроклимата в помещении [4]. Многолетний международный опыт строительства энергоэффективных зданий наглядно демонстрирует, что эффективность использования энергии непосредственно связана с эффективностью стратегического и оперативного управления на всех этапах жизненного цикла строительного объекта. Это означает, что успех в области энергоэффективности зависит от единой технической политики, которая применяется всеми участниками процесса строительства - предприятиями строительного комплекса, их поставщиками и контрагентами [5]. Важное значение при рассмотрении вопросов энергосбережения играют как технические возможности, так и экономическая целесообразность применяемых управленческих решений, которые направлены на совершенствование процессов организации строительства, а также на обеспечение соблюдения установленных требований энергоэффективности зданий и сооружений на всех этапах: от проектирования до капитального ремонта. Установленные требования для энергоэффективных зданий на каждом этапе строительства можно подразделить как представлено на рис. 2 [6].



Источник: составлено авторами по материалам исследования

Рис.2. Требования к энергоэффективным зданиям

Выполнить существующие требования возможно путём применения всеми участниками процесса новых подходов к совершенствованию структур и методов управления строительством. Существуют различные инновационные способы для внедрения и поддержания энергоэффективности, такие как создание информационной модели здания на основе BIM-технологий¹, следование принципам бережливого производства, использование инновационных методов и технологий в строительстве [7, 8, 9]. Жизненный цикл здания можно разделить на несколько этапов, и на каждом этапе необходимо применять энергоэффективные решения (рис. 3)



Источник: составлено авторами по материалам исследования

Рис.3. Энергоэффективные решения на каждом этапе жизненного цикла

¹BIM (Building Information Model) - объектно-ориентированная модель строительного объекта или комплекса строительных объектов, как правило, в трёхмерном виде, с элементами которой связаны данные геометрических, физических и функциональных характеристик строительного объекта. (Прим. ред.)

Использование BIM-технологий позволяет создавать точные трехмерные информационные модели зданий, включая их конструктивные особенности, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также других факторов, влияющих на энергопотребление здания. Данные модели обеспечивают инновационное управление жизненным циклом строительного объекта, предоставляя возможность моделирование и оценки износа, прогнозирование потенциальных разрушений зданий в процессе эксплуатации, проектировать реконструкцию, ремонт или снос, а также согласовывать различные инженерные решения в виртуальной среде. Использование такой модели позволяет автоматизировать многие процессы, уменьшить количество проектных ошибок и значительно снизить стоимость строительства в целом. С её помощью возможно принимать энергоэффективные решения на каждом этапе жизненного цикла здания [10, 11].

На этапе проектирования необходимо заложить основные меры по повышению энергоэффективности путем снижения спроса на отопление, снижение потребности в охлаждении здания и в энергии для вентиляции, снижение энергопотребления для освещения и сокращение энергии, используемой для нагрева воды. Это достигается благодаря применяемым архитектурных решений, качественной изоляции и высокой эффективности контролируемой вентиляции и теплообмена.

В отечественной практике активно начинает внедряться метод бережливого строительства, инструментами которого являются [12, 13]:

- грамотное планирование и проектирование строительства объекта с использованием цифровой модели;
- непрерывное совершенствование используемых материалов и внедрение передовых практик;
- контроль за выполнением каждого этапа строительства и недопущение возникновения ошибок;

- расчет материалов и уменьшение отходов, а также правильная и экологичная утилизация образующихся отходов;
- выявление и оценка существующих потерь и разработка методов по их устранению;
- создание четких сроков работы и выстраивание системы контроля за их точным выполнением;

Концепция бережливого производства предполагает точное описание задач, эффективное и экологичное распределение и использование строительных материалов, уменьшение отходов и их грамотная утилизация, проведение мероприятий по снижению сроков и затрат на строительство на этапе проектирования с помощью цифровых моделей и выстраивание эффективной коммуникации со всеми участниками строительного процесса.

Проведение качественного и регулярного аудита состояния показателей энергоэффективности нормативным значениям позволяет на этапе эксплуатации предотвратить уменьшение энергоэффективности здания и запланировать проведение ремонта. Модернизация старого жилого фонда с применением инновационных материалов и технологий позволяет повысить энергоэффективность и снизить потребности зданий в энергоресурсах [14, 15].

Такая комплексная оценка энергоэффективности на каждом этапе строительства и эксплуатации позволяет выстраивать грамотную систему внедрения и контроля энергоэффективных решений и своевременной модернизации устаревших систем старого жилого фонда.

Однако на сегодняшний день в отечественной строительной отрасли существуют факторы, тормозящие процесс внедрения и выстраивания такой системы организации энергоэффективного строительства и управления им. Проведение SWOT-анализа, использование информационных моделей и практик бережливого строительства позволило выявить существующие сильные и слабые стороны использования данных методик (см. таблицу)

SWOT-анализ предложенных методов повышения энергоэффективности

SWOT-анализ	
Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> • Создание информационной модели на основе BIM-технологий позволяет эффективно использовать информацию о здании и корректировать управленческие решения на каждом этапе строительства - от проектирования до эксплуатации и ремонта. • Окупаемость здания, построенного с применением BIM-технологий, значительно возрастает по сравнению со зданиями, возведенными по классическим схемам. • Возможность автоматизации большинства процессов на каждом этапе строительства здания. • Исключение проектных ошибок, что снижает себестоимость возведения здания, улучшает качество проектирования и строительства и в целом позволяет повысить конкурентоспособность государства на мировом рынке 	<ul style="list-style-type: none"> • Построенная информационная модель с использованием BIM-технологий требует периодического обновления и дополнения в связи с быстрым развитием информационных технологий. • Отечественные BIM-решения уступают зарубежным аналогам и на сегодняшний день не в полной мере описывают решение поставленных задач. • Нормативное регулирование использования BIM-технологий ещё длительное время будет претерпевать изменения и дополнения, как и адаптация субъектов строительной отрасли к новым изменениям. • Отсутствие полного понимания возможностей использования информационной модели как у заказчика, так и у организаций, осуществляющих проектирование и строительство. • Финансовые затраты на использование программ для работы с информационными моделями, которые на порядок дороже традиционных САПР-программ. • Отсутствие высококвалифицированных BIM-специалистов и длительный процесс обучения для полного интегрирования в процесс создания информационных технологий. • Для работы с информационными моделями требуются более мощные компьютеры по сравнению с САПР-моделями, а значит, требуется высокоскоростная сеть, мощные серверы и дополнительный персонал для администрирования сетей. • Отсутствие налаженного производства энергоэффективных материалов и комплектующих инженерных систем
Угрозы	Возможности
<ul style="list-style-type: none"> • Использование IFC-файлов в программных комплексах разных разработчиков при конвертации информационной модели из одной программы в другую может привести к потере части информации и возникновению ошибок в расчетах. • Долгая адаптация российских программ под государственные нормы и требования. 	<ul style="list-style-type: none"> • При использовании современных технологий компания становится более конкурентоспособной на рынке. • Налоговые льготы могут иметь существенное влияние и являться действенным способом стимулирования для компаний в поиске новых технологических решений. • Инновационная модернизация отрасли и мотивация строительных компаний внедрять новые материалы и технологии. • Модернизация старого жилищного фонда, которая позволит улучшить микроклимат в помещениях, снизить затраты на электроэнергию и тепло, повысить ликвидность самого здания и улучшить его состояние и долговечность

SWOT-анализ	
Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none">• Длительное создание нормативной базы из-за отсутствия масштабного опыта применения в Российской Федерации.• Дорогостоящее и длительное обучение персонала для работы с BIM-технологиями	

Источник: составлено авторами по материалам исследования

Проведенный SWOT-анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны применения BIM-технологий и инструментов бережливого строительства и на его основе сформировать основные подходы к управлению энергоэффективностью жилого сектора (рис. 4).



Источник: составлено авторами по материалам исследования

Рис. 4. Основные подходы к управлению энергоэффективностью жилого сектора

Внедрение предложенных решений в отечественную строительную отрасль позволит устранить выявленные слабые стороны использования передовых практик по достижению энергоэффективности в строительстве и выстроить эффективную систему стратегического и оперативного управления для достижения лучших результатов.

Заключение

Использование информационной трехмерной модели на каждом этапе строительства и применение инновационных материалов, позволяющих существенно снизить энергопотребление, может стать ключевым способом снижения затрат на строительство и достижения конкурентоспособности отрасли на международном рынке. BIM-моделирование дает возможность оптимизировать все процессы при разработке комплексной компьютерной модели и объединить всю информацию в базу данных, что позволяет получать актуальную проектную информацию и визуализацию, с помощью чего возможно принимать управленческие решения на каждом этапе строительства и повышать энергоэффективность.

Существующие трудности применения информационного моделирования и использования принципов бережливого строительства можно преодолеть, если будет разработано нормативное регулирование энергоэффективности в строительстве; будут созданы инструменты финансового регулирования и поощрения участников строительного сектора, внедряющих передовые технологии в части энергосбережения; созданы учебные программы и дисциплины по подготовке высококвалифицированных специалистов для внедрения систем с применением BIM-технологий в строительной отрасли.

Список литературы

1. Безган, Д.Ю. BIM-технологии: подготовка новых кадров / Д.Ю. Безган // Педагогическая наука и практика. – 2018. – № 4(22). – С. 45-49.
2. Асатрян, В.А. Внедрение BIM-технологий как фактор конкурентоспособности компаний строительной отрасли / В.А. Асатрян, И.Н. Попова, Ю.В. Лазич // Beneficium. – 2019. – № 3(32). – С. 4-13.
3. Борсук, Е.В. Эксплуатация строительных объектов на основе информационной модели / Е.В. Борсук, А. С. Давидович // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1. – С. 60-65.
4. Матвеева, М.В. К вопросу организации процессов 4D-моделирования и управления ими в строительстве / М.В. Матвеева, А.А. Адегбола // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2022. – Т. 12. - № 2(41). – С. 190-195.
5. Селезнев, П.П. Путь к устойчивому будущему: как превратить ваше здание в экологически чистый объект / П.П. Селезнев // Экономика строительства. – 2023. – № 7. – С. 75-80.
6. Гусакова, Н.В. Исследование энергоэффективности источников теплоснабжения в малоэтажном строительстве / Н.В. Гусакова, К.Э. Филюшина, А.А. Ярлакабов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20. - № 6. – С. 160-166.
7. Кушнин, А.В. Современные тенденции в сфере малоэтажного энергоэффективного строительства / А.В. Кушнин, Р.И. Шенкман // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 2. – С. 58-65.
8. Чередниченко, Т.Ф. Современные технологические решения строительства энергоэффективных зданий / Т.Ф. Чередниченко, Н.А. Пушкалева // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3(50). – С. 101.

9. Левин, Ю.П. Энергоэффективность, энергосбережение и безопасность в строительстве / Ю.П. Левин. – Волгоград: Волгоградское науч. изд-во, 2010. – 90 с.
10. Горшков, А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий / А.С. Горшков // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1(11). – С. 9-13.
11. Пименов, С.И. Строительная информационная модель / С.И. Пименов // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13. - № 3. – С. 72-84.
12. Бабаева, А.С. Проблема энергоэффективности зданий в строительстве / А.С. Бабаева // Интеграция естественных и технических наук: от теории к практике: сборник материалов XXXIII-ой международной очно-заочной научно-практической конференции, Москва, 16 июля 2023 г. – М.: Научно-издательский центр "Империя", 2023. – С. 9-12.
13. Комаров, А.К. Организационно-технологические мероприятия по экономии ресурсов и энергосбережению в процессе проектирования и строительства в зимний период / А.К. Комаров, В.Е. Розина, П.А. Шустов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2022. – Т. 12. - № 4(43). – С. 579-588.
14. Анализ зрелости BIM-решений как инструмента обеспечения жизненного цикла здания / А.С. Сунцов, О.Л. Симченко, Ю.А. Толкачев [и др.] // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11. - № 3. – С. 41-53.
15. Астафьева, О.Е. Современные подходы к управлению энергосбережением в строительстве / О.Е. Астафьева // Вестник университета. – 2018. – № 11. – С. 72-76.

SWOT-analysis of existing methods of development and management for energy efficiency in the construction sector

Leiman Evgeniy Nikolaevich,

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research University "MPEI",
Russia, Moscow, vn.ter.g. Lefortovo municipal district,
st. Krasnokazarmennaya, 14, 111250
LeymanYN@mpei.ru*

Permyakov Maxim Alexandrovich,

*Graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research University "MPEI",
Russia, Moscow, vn.ter.g. Lefortovo municipal district,
st. Krasnokazarmennaya, 14, 111250
PermiakovMA@mpei.ru*

Silkov Andrey Mikhailovich,

*Graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research University "MPEI",
Russia, Moscow, vn.ter.g. Lefortovo municipal district,
st. Krasnokazarmennaya, 14, 111250
SilkovAM@mpei.ru*

In the context of the annual increase in global energy consumption, the issue of using methods for the rational use of energy resources is urgent. Since the construction industry in Russia occupies a leading position in energy consumption, the development and implementation of energy-efficient solutions specifically for this industry is a priority task for the domestic economy. Review and analysis of the world's leading practices of energy-efficient construction at each stage of the building's life cycle made it possible to identify available ways to build energy-efficient construction. The most important component of the development vector for energy-efficient construction is the building of competent strategic and operational management, the desire to create a unified technical policy that is common to all participants in the construction process at every stage from design to maintenance and repair. The best way to achieve such a policy is the use of innovative digital building models based on BIM technologies and compliance with the principles of lean construction. The SWOT analysis of the described methods allows us to identify existing shortcomings and problems of their use in the domestic construction industry, as well as identify existing ways to solve them. This will improve the approach to energy-efficient construction and take into account the use of energy-efficient solutions at every stage of the building's life cycle. Moreover, this will lead

to increased competitiveness of the domestic construction segment in the global community.

Keywords: energy efficient technologies; information modeling technologies (BIM); implementation of BIM technologies; lean manufacturing; energy saving management.