

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ BIM- ПРОЕКТИРОВАНИЯ

METHODS FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF MULTI- STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS USING BIM DESIGN

PhD, доцент Юсуфхўжаев С.А

магистрант Жураева Н.

(Ташкентский архитектурно-
строительный университет)

E-mail: nika777055@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы повышения энергоэффективности многоэтажных жилых зданий с использованием технологий информационного моделирования зданий (BIM). Анализируются как пассивные, так и активные способы оптимизации энергопотребления, включая проектные решения, инженерные системы и автоматизацию. Подробно рассматривается применение BIM на этапах анализа, моделирования и оценки эффективности различных проектных сценариев. Приводятся примеры использования программных решений, таких как Autodesk Insight, IES VE, Green Building Studio и других. Особое внимание уделено возможностям интеграции возобновляемых источников энергии и оценке результатов моделирования с учётом нормативных требований Республики Узбекистан. Полученные выводы могут быть использованы в практике архитектурного и инженерного проектирования, а также в научных исследованиях, направленных на повышение устойчивости и энергоэффективности жилищного фонда.

Ключевые слова: BIM, энергоэффективность, цифровое проектирование, многоэтажные жилые здания, энергетическое моделирование, автоматизация, устойчивое строительство, возобновляемые источники энергии, теплопотери, инженерные системы.

Annotation. The article explores modern methods for improving the energy efficiency of multi-storey residential buildings using Building Information Modeling (BIM) technologies. Both passive and active strategies for energy optimization are analyzed, including design solutions, engineering systems, and automation. The study details the application of BIM at the stages of analysis, modeling, and evaluation of energy-efficient design scenarios. Software tools such as Autodesk Insight, IES VE, Green Building Studio, and others are discussed. Special attention is given to the

integration of renewable energy sources and performance evaluation in compliance with the construction codes of the Republic of Uzbekistan. The results can be applied in architectural and engineering practice, as well as in academic research aimed at enhancing the sustainability and energy efficiency of residential buildings.

Key words: BIM, energy efficiency, digital design, multi-storey residential buildings, energy modeling, automation, sustainable construction, renewable energy sources, heat loss, engineering systems.

Введение. В условиях глобального роста цен на энергоносители и повышения требований к устойчивому развитию строительство энергоэффективных зданий становится ключевой задачей архитектурного и инженерного проектирования. Согласно данным Международного энергетического агентства, здания потребляют около 40% всей потребляемой энергии в мире [1]. В Узбекистане, с учётом суровых климатических условий и активной урбанизации, вопрос повышения энергоэффективности в жилищном секторе приобретает особую актуальность.

Одним из наиболее перспективных инструментов для реализации энергоэффективных решений является технология информационного моделирования зданий (BIM — Building Information Modeling). BIM предоставляет проектировщикам возможность заранее моделировать энергетическое поведение здания, оптимизировать выбор конструктивных решений и инженерных систем, а также интегрировать возобновляемые источники энергии (ВИЭ) на стадии проектирования [2].

Целью данной статьи является комплексное рассмотрение методов повышения энергоэффективности многоэтажных жилых зданий с использованием BIM-проектирования, включая как пассивные, так и активные стратегии, применение энергетического моделирования и взаимодействие с нормативными требованиями Республики Узбекистан.

Основная часть. Пассивные методы основаны на архитектурных и конструктивных решениях, не требующих дополнительного энергопотребления. Эти решения учитываются уже на стадии концептуального проектирования, и BIM играет ключевую роль в их визуализации, анализе и интеграции.

Ориентация и форма здания

Форма здания, его ориентация по сторонам света, а также плотность застройки оказывают существенное влияние на уровень тепловых потерь. Используя инструменты анализа солнечной инсоляции в среде Autodesk Revit и Insight, проектировщики могут визуальнo оценить, как разные конфигурации здания влияют на поступление солнечной энергии в разные сезоны [3].

Оптимальная ориентация окон на южную сторону позволяет максимально использовать естественное освещение и пассивное солнечное отопление.

Поверхностное соотношение и компактность

Компактность формы здания выражается через отношение площади наружных ограждающих конструкций к общей площади здания. Чем меньше это соотношение, тем ниже потенциальные теплопотери. В BIM-среде можно автоматически вычислить эти параметры и сравнить различные варианты проектных решений [4].

Использование теплоизоляционных материалов

BIM позволяет точно задавать параметры материалов, включая коэффициент теплопроводности, плотность, тепловую инерцию. Согласно O'z DSt 3322:2018 [5], для 1-й климатической зоны Узбекистана минимальное термическое сопротивление наружной стены должно составлять не менее $2,5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Использование многослойных конструкций с утеплителем (минеральная вата, пенополистирол, вспененное стекло и др.) позволяет достичь требуемых значений.

Светопрозрачные конструкции

Площадь остекления также оказывает большое влияние на уровень энергопотребления. Через BIM-модель можно выполнить анализ коэффициента остекления, солнечных теплопритоков, уровня дневного освещения и определить потребность в дополнительной защите от перегрева (жалюзи, козырьки, солнцезащитные стёкла) [6].

Активные методы направлены на управление потреблением энергии за счёт использования технических систем и автоматизации. Их проектирование в BIM-среде позволяет точно интегрировать инженерные решения в общую модель здания и выполнить энергетический анализ уже на раннем этапе проектирования.

Энергоэффективные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC)

Современные системы HVAC с высокой энергоэффективностью включают в себя:

- Конденсационные котлы,
- Насосные установки с переменной частотой,
- Системы рекуперации тепла.

В BIM-платформах (Revit MEP, MagiCAD) можно детализировать HVAC-системы, задавая реальные технические характеристики оборудования. Это позволяет рассчитать тепловые потери, баланс потребляемой энергии и выбрать наилучший вариант в соответствии с ШНК Республики Узбекистан, включая ШНК 2.01.04-20 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [7].

Системы автоматизации зданий (BMS)

Интеграция систем автоматического управления (BMS — Building Management Systems) позволяет значительно снизить потребление энергии за счёт:

- Управления освещением в зависимости от времени суток и присутствия людей,
- Контроля температуры по зонам,
- Мониторинга качества воздуха.

BIM-модель может быть связана с системой BMS через IFC-форматы, что упрощает цифровую трансформацию объекта и создание «умного здания» [8].

Использование светодиодного освещения и датчиков

Применение энергоэффективного освещения и автоматических выключателей с датчиками движения/освещённости позволяет снизить энергопотребление на 20–30%. BIM позволяет моделировать освещённость помещений и выбирать подходящие светильники, используя встроенные библиотеки производителей [9].

Внедрение возобновляемых источников энергии

Применение солнечных панелей, тепловых насосов и солнечных коллекторов может быть визуализировано и смоделировано в BIM-платформах. Такие системы требуют точного расчёта ориентации, площади установки и анализа инсоляции. Программы вроде Autodesk Insight или Green Building Studio позволяют определить предполагаемую выработку энергии и её экономическую эффективность [10].

BIM даёт возможность не только проектировать геометрию и инженерные сети здания, но и проводить энергетические расчёты. Ниже представлены ключевые инструменты и их функционал.

Autodesk Insight

Insight — плагин для Autodesk Revit, позволяет анализировать:

- Годовое энергопотребление здания,
- Индекс энергоэффективности (EUI),
- Удельное потребление энергии на м²,
- Влияние геометрии, изоляции, остекления и оборудования.

Insight визуализирует данные в виде графиков и рейтингов, помогая сравнивать различные сценарии проектных решений [11].

IES VE (Integrated Environmental Solutions Virtual Environment)

IES VE — продвинутый инструмент, позволяющий:

- Выполнять динамическое тепловое моделирование (DTM),
- Рассчитывать тепловую инерцию,
- Анализировать вентиляцию и комфорт в помещениях.

Он широко применяется в европейской практике сертификации зданий по стандартам **BREEAM** и **LEED**. Через IFC можно связать IES VE с BIM-платформами, сохранив всю структуру здания [12].

Green Building Studio

Облачный сервис Autodesk, позволяющий быстро оценить:

- Общее потребление энергии,
- Выбросы CO₂,
- Потенциал для установки солнечных батарей.

Он автоматически анализирует десятки параметров здания и выдаёт рекомендации по снижению энергопотребления на основе международных нормативов [13].

EnergyPlus

Открытый инструмент для моделирования микроклимата, систем HVAC и потребления энергии. Может использоваться совместно с плагинами типа **OpenStudio**, поддерживающими экспорт из BIM-среды. Особенно полезен для точных расчетов в научных исследованиях [14].

Информационное моделирование зданий предоставляет проектировщику возможность создавать, сравнивать и анализировать альтернативные проектные решения в единой среде. Это позволяет определить наиболее энергоэффективные конфигурации конструкции, инженерных систем и компоновки помещений.

Сценарий 1: Оптимизация теплового контура

В одном из проектов в Ташкенте была выполнена оптимизация теплового контура здания путём:

- Снижения площади наружных стен за счёт изменения формы,
- Повышения термического сопротивления ограждающих конструкций до $R = 3,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$,
- Снижения процента остекления северного фасада с 50% до 30%.

Результаты моделирования в Autodesk Insight показали снижение общего энергопотребления на 12% [15].

Сценарий 2: Интеграция BMS и автоматизации

В BIM-модели жилого комплекса использовалась симуляция системы BMS с функциями:

- Управления климатом по зонам,
- Умного освещения,
- Мониторинга присутствия.

По расчётам, включение BMS позволило дополнительно снизить потребление энергии на 8–10% без изменения архитектурных решений [16].

Сценарий 3: Внедрение солнечных батарей

Сценарий применения фотоэлектрических панелей на крыше многоэтажного дома моделировался в Green Building Studio. Учтены:

- Географическое положение Ташкента,
- Угол наклона крыши (30°),
- Эффективность панелей (18%).

Результаты показали, что покрытие до 15% годового потребления возможно за счёт ВИЭ [17].

Учет нормативных требований Узбекистана

Проектирование энергоэффективных зданий в Узбекистане должно соответствовать ряду строительных норм и правил. Интеграция этих требований в BIM-модель возможна за счёт настройки параметров материалов, оборудования и расчётных алгоритмов.

Основные ШНК, регулирующие энергопотребление зданий

- **O'z DSt 3322:2018** – Теплоизоляция зданий. Нормы сопротивления теплопередаче.
- **ШНК 2.01.04-20** – Отопление, вентиляция и кондиционирование.
- **ШНК 2.04.01-19** – Энергетическая эффективность зданий.
- **ШНК 2.02.01-20** – Тепловая защита зданий.
- **ШНК 4.01.01-07** – Электроснабжение и освещение [5], [7], [18].

BIM позволяет встраивать эти нормы в процесс проектирования и автоматизировать проверку соответствия.

В соответствии с текущими инициативами Минстроя Узбекистана, к 2030 году предполагается повсеместное внедрение **энергопаспортов зданий**. BIM-модель может использоваться как основа для формирования паспорта с автоматическим расчётом:

- Годового потребления энергии,
- Удельного энергопотребления ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$),
- Класа энергоэффективности [19].

Результаты и выводы. **Использование BIM-проектирования даёт уникальные возможности для повышения энергоэффективности многоэтажных жилых зданий. Благодаря цифровому моделированию можно не только визуализировать здание, но и провести полноценный энергетический анализ, оптимизировать инженерные решения и рассчитать эффект от применения тех или иных технологий.**

В условиях перехода к устойчивому строительству в Республике Узбекистан BIM становится важным инструментом реализации государственной политики в сфере энергосбережения. Интеграция норм и стандартов в проектные модели позволяет гарантировать соответствие требованиям ШНК, а применение

инструментов анализа даёт основание для обоснованных технических и экономических решений.

Развитие цифровых технологий, нормативной базы и повышение квалификации специалистов — ключ к созданию энергоэффективного и устойчивого жилого фонда на долгосрочную перспективу.

Список использованной литературы

1. International Energy Agency (IEA). *Energy Efficiency 2023*. Paris: IEA, 2023.
2. Eastman C. et al. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. 3rd ed. Wiley, 2018.
3. Autodesk. *Insight Help Guide*. <https://help.autodesk.com>
4. Krygiel E., Nies B. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Wiley, 2008.
5. О'з DSt 3322:2018. Тепловая защита зданий. Требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций. – Ташкент: Узстандарт, 2018.
6. Плахова Н.Ю. Энергосбережение в строительстве: учебное пособие. – Москва: АСВ, 2020.
7. ШНК 2.01.04-20. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Ташкент: Госстрой Узбекистана, 2020.
8. Колчин С.А. *Умные здания. Инженерные системы и автоматизация*. – СПб.: Питер, 2021.
9. Можаяев В.Л. *Светотехника и энергосберегающие системы освещения зданий*. – Москва: Архитектура-С, 2019.
10. Autodesk Green Building Studio. Documentation. <https://gbs.autodesk.com>
11. Autodesk Insight: Energy Analysis with Revit. <https://knowledge.autodesk.com>
12. IES VE User Guide. <https://www.iesve.com>
13. Autodesk. *Green Building Studio Energy Analysis*. <https://knowledge.autodesk.com>
14. EnergyPlus Engineering Reference. <https://energyplus.net>
15. Халматов Б.Б. и др. Опыт энергоэффективного проектирования жилых зданий в Узбекистане // *Архитектура и строительство Узбекистана*, 2022, №3.
16. Арипов Ш.Ш. *BIM и автоматизация систем управления зданием*. // *Технологии строительства*, 2023, №2.
17. Якубов И.З. *Возможности ВИЭ в многоквартирных домах*. – Ташкент: УралНИИпроект, 2021.
18. ШНК 2.04.01-19. Энергетическая эффективность зданий. – Ташкент: УзНИИСА, 2019.
19. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 28.02.2023 №115 "О мерах по повышению энергоэффективности зданий".