

Научная статья

Original article

УДК 69



**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ КАК ОДНО  
ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ОЦЕНКИ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
THE STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY OF A BUILDING AS ONE OF  
THE AREAS OF ASSESSMENT OF ITS TECHNICAL CONDITION**

**Илья Валерьевич Соргутов**, Доцент, Кафедра строительных технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Пермский государственный аграрно-технологический университет им. Акад. Д.Н. Прянишникова

**Ilya Valeryevich Sorgutov**, Associate Professor, Department of Construction Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov

**Аннотация:** В статье рассмотрены особенности исследования энергоэффективности здания как одно из направлений оценки его технического состояния. Здания несут основную долю потребления энергии в жарких регионах. Преобладающее количество потребляемой энергии связано с существующими зданиями. Теплоизоляция, соотношение окон и стен и устройства затенения являются основными переменными при оценке уровня

энергоэффективности здания. Размер системы остекления является основной переменной, которую можно регулировать в соответствии с требуемым дневным светом и источниками тепла в регионе. Полученные данные также показывают, что теплоизоляция и соотношение окон и стен может иметь большое влияние на потребление энергии и тепловой комфорт в жарких регионах.

**Abstract:** The article discusses the features of the study of energy efficiency of a building as one of the areas of assessment of its technical condition. Buildings bear the bulk of energy consumption in hot regions. The predominant amount of energy consumed is associated with existing buildings. Thermal insulation, the ratio of windows and walls and shading devices are the main variables in assessing the energy efficiency level of a building. The size of the glazing system is the main variable that can be adjusted according to the required daylight and heat sources in the region. The data also show that thermal insulation and the ratio of windows to walls can have a big impact on energy consumption and thermal comfort in hot regions.

**Ключевые слова:** здание, энергоэффективность, техническое состояние, теплоизоляция.

**Keywords:** building, energy efficiency, technical condition, thermal insulation.

В последние годы наблюдается тенденция к росту исследований, связанных с оценкой энергоэффективности зданий. Одним из направлений изучения выступает анализ особенностей теплоизоляции.

Теплоизоляция является основным фактором в энергоэффективных зданиях. Теплоизоляция используется во всем мире, где температура наружного воздуха значительно колеблется [1].

Существует сильная корреляция между потреблением энергии и толщиной теплоизоляции. Толщина теплоизоляции не может быть определена случайным образом, так как она влияет на общую стоимость строительства. В

результате требуется оптимальная толщина теплоизоляции для экономической эффективности, а также энергоэффективности.

В жарких регионах толщина оптимальной ориентации теплоизоляции составляет 3,6 см, 3,1 см, 4 см и 4 см на юге, севере, востоке и западе соответственно. Исследование показало, что более выгодно наносить теплоизоляционный слой на внешнюю поверхность наружной стены, чем посередине, поскольку это может помочь в контроле влаги и тепловых мостов [2].

Однако в некоторых исследованиях утверждается, что применение этой системы изоляции затруднено из-за повышенных затрат на строительство. Другое исследование показало, что применение теплоизоляции на внутренней поверхности было более выгодным для обеспечения энергоэффективности.

Одной из наиболее известных пассивных стратегий в строительстве является использование затеняющих устройств. Применение и конструкция затеняющих устройств глубоко изучены во всем мире. Например, группа исследователей использовала компьютерную программу TRNSYS для исследования различных горизонтальных моделей при применении затеняющих устройств. В исследовании подчеркивается, что использование затеняющих устройств может помочь улучшить энергоэффективность зданий.

В холодном регионе Канады отдельные авторы исследовали внутреннее затенение с помощью рулонных штор, жалюзи и повернутых углов. Исследование показало, что при южной ориентации эффекты увеличения размера оконной системы не обеспечат более эффективного режима дневного света [4].

Затеняющие устройства тесно связаны с ощущением теплового комфорта. Общепринятой практикой является использование небольшого прозрачного отверстия в жарких регионах для контроля притока тепла от солнца. В Марокко опубликовано исследование для изучения влияния выступов с использованием моделирования TRNSYS. В Индии группа авторов

обратила внимание на учет геометрических факторов оконного проема при потреблении энергии в теплом и влажном климате. Они пришли к выводу, что четырехсторонняя конфигурация ребер оказалась более эффективной по сравнению с альтернативными формами для большей энергоэффективности зданий [4].

Социально-демографические факторы оказывают сильное влияние на энергию, используемую бытовыми приборами. Жилые дома имеют различные функциональные зоны, такие как спальные комнаты, кухни и обеденные зоны. В таких зонах сложно поддерживать уровень теплового комфорта, а использование ОВиК во всех этих помещениях обычно одинаковое. В одной из работ было исследовано влияние поведения жильцов на потребление энергии в офисной среде с использованием стратегии «человек в цикле», которая учитывает индивидуальные различия в предпочтениях теплового комфорта. Полученные данные показали, что с помощью этого метода можно достичь снижения энергопотребления здания на 24%.

Социальный контекст и климат очень важны для определения модели использования энергии в зданиях. Инструменты моделирования энергопотребления зданий (BES) недавно были улучшены с учетом местного климата для проведения адекватной оценки энергопотребления здания в окружающей среде здания. Другие исследования показывают, что состояние микроклимата оказывает большое влияние на энергопотребление здания.

Несоответствие действующим нормам проектирования (с учетом требований сейсмобезопасности и энергоэффективности) является общей чертой существующего фонда зданий в европейских странах и в России из-за его относительной старости. Примечательно, что недостаточная энергетическая эффективность в основном связана с менее эффективными фасадными материалами, недостаточной изоляцией стен (например, легкие глиняные кирпичи) и элементов конструкции крыши, плохой

работой систем отопления/охлаждения и неэффективным воздействием солнца.

Механическое взаимодействие с низкой энергоэффективностью и жесткими каменными стенами с заполнением (обычно в виде двухслойной конфигурации из легкого глиняного кирпича) также может быть причиной преждевременного разрушения железобетонных зданий при сдвиге [3].

Учитывая эту ситуацию, обычно реализуется несколько стратегий для повышения энергоэффективности или (независимо) сейсмической безопасности в существующих зданиях; их размер зависит от климатической зоны или репрезентативной сейсмической опасности места расположения здания в дополнение к требованиям действующего справочного законодательства. С точки зрения снижения энергопотребления можно выделить пять основных групп приложений, охватывающих меры, касающиеся всего здания, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, компонентов ограждающих конструкций (крыша, стена, потолок и пол), окон и затенения, приборов и освещения. В частности, теплоизоляция крыши и/или наружных стен обычно улучшается с использованием традиционных материалов (например, полистирол, минеральная вата и т. д.) или инновационных систем (например, наноизоляционные материалы или материалы с фазовым переходом), а также замены окон – стекол и рам – и/или систем ОВиК (включая установку фотоэлектрических панелей и систем искусственного освещения с энергосберегающими устройств), что обычно требуется для достижения наивысшего уровня энергоэффективности [3].

В дополнение к энергетической модернизации имеющиеся методы повышения сейсмической безопасности направлены на повышение прочности и/или пластичности конструкции в соответствии с глобальным или локальным подходом (или, в некоторых случаях, комбинацией обоих). В первом случае здание соединяется с новыми сейсмостойкими элементами,

например, железобетонными стенами жесткости, экзоскелетом или рамами со стальными связями, чтобы лучше противостоять сейсмическим нагрузкам.

В качестве альтернативы, локальный подход улучшает прочность на сжатие, изгиб и/или сдвиг/пластичность отдельных элементов конструкции (балки, колонны, соединения, стены и т. д.), чтобы противостоять сейсмическим воздействиям [3].

Для проведения надлежащего анализа энергоэффективности здания (BER) при проведении оценки здания необходимо использовать современное программное обеспечение и точные и достаточные данные. Необходимые данные для моделирования включают геометрию здания, оборудование и системы HVAC, климатические и погодные условия, системы освещения и электрические системы и график использования, занятость здания, планы использования и т. д. Многие проектные решения, которые очень важны для определения энергоэффективности здания, принимаются в процессе проектирования или даже позже. Данные, описывающие такие решения, в схематическом проекте точно не известны. Примеры включают решения, касающиеся типов стекла, внутреннего окна, затенение, электрическое освещение, управление дневным освещением, HVAC, оборудование и т. д.

Из приведенного выше обсуждения становится ясно, что общие преимущества с точки зрения экономической эффективности, оптимизации ресурсов, экономии времени и управления логистикой достижимы только в том случае, если вмешательство по модернизации задумано как «интегрированное» на этапе проектирования и на этапе в то же время, если реализованы правильно совмещенные технологии. Например, желательно повысить энергоэффективность здания за счет улучшения теплоизоляции укрепляющих материалов, что дает экономическую выгоду, которая может частично окупить инвестиции в строительство. комплексная энергоструктурная реновация [4].

Аналогичным образом, важно, чтобы оценка возможных мер энергетической модернизации применялась в согласованном масштабе

(например, несущие стены, ограждающие конструкции и т. д.), это позволит использовать преимущества обычных трудовых операций. С этой целью недавно были разработаны комбинированные решения для реконструкции существующих конструкций. Также было предложено использовать щелочно-активированные шлаки как в качестве структурной штукатурки (применяемой в армированных стеклопластиком оболочках), так и в качестве термоизоляционного слоя для улучшения конструктивных характеристик и энергоэффективности некачественной кирпичной кладки; общий прирост энергоэффективности объясняется теплопроводностью инновационной штукатурки ( $0,35 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ) с массовой плотностью, близкой к  $700 \text{ кг/м}^3$  [4].

Следуя аналогичному подходу, несколько авторов предложили инновационную гибридную структурную и энергетическую модернизацию системы с использованием TRM в сочетании с системами теплоизоляции (т.е. самой растворной системой и/или дополнительными изоляционными панелями) для железобетонных и кирпичных ограждающих конструкций. Те же авторы подсчитали, что объединение двух вмешательств может снизить общую стоимость примерно на 30% за счет значительного снижения трудозатрат. Конструктивная эффективность была продемонстрирована посредством экспериментальных испытаний в плоскости/вне плоскости, проведенных на стенах с системой модернизации TRM/изоляции, которые превзошли их аналоги без модернизации.

Таким образом, можно сделать вывод, что исследование энергоэффективности здания при проведении его технической оценки позволяет не только оценить уровень энергопотребления зданием, но и определить возможные направления реконструкции с целью повышения уровня сбережения энергетических ресурсов.

### Список литературы

1. Корниенко С.В. Оценка энергоэффективности жилого здания по результатам энергоаудита // Жилищное строительство. 2012. №6.

2. Набиуллина Д.И., Овдиенко А.А. Оценка энергоэффективности и экологичности зданий по международным стандартам // Sciences of Europe. 2017. №13-2 (13).
3. A.S. Almushaikah, R.A. Almasri Evaluating the potential energy savings of residential buildings and utilizing solar energy in the middle region of Saudi Arabia – Case study Energy Ex., 39 (5) (2021), pp. 1457-1490
4. G. Feng, D. Chi, X. Xu, B. Dou, Y. Sun, Y. Fu Study on the Influence of Window-wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings Procedia Eng., 205 (2017), pp. 730-737

#### **List of literature**

1. Kornienko S.V. Assessment of energy efficiency of a residential building based on the results of an energy audit // Housing construction. 2012. No.6.
2. Nabiullina D.I., Avdeenko A.A. Assessment of energy efficiency and environmental friendliness of buildings according to international standards // Sciences of Europe. 2017. №13-2 (13).
3. A.S. Almushayka, R.A. Almasri Assessment of the potential energy savings of residential buildings and the use of solar energy in the middle region of Saudi Arabia - Energy Ex Case Study., 39 (5) (2021), pp. 1457-1490
4. G. Feng, D. Chi, X. Xu, B. Dou, Yu. Song, Yu. Fu Study of the influence of the ratio of windows and walls on the energy consumption of buildings with almost zero energy, Proceedings Eng., 205 (2017), pp. 730-737

© И.В. Соргутов, 2021 *Международный журнал прикладных науки и технологий "Integral" №1/2022.*

**Для цитирования:** И.В. Соргутов Исследование энергоэффективности здания как одно из направлений оценки его технического состояния // *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №1/2022*