

## CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT OBJECT WITHIN THE PRIORITY PROGRAM

Okhotnikova M.O.<sup>1</sup> (Russian Federation), Tamayo Vera S.J.<sup>2</sup> (Republic of Finland)  
Email: Okhotnikova562@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Okhotnikova Mariia Olegovna – Magister,  
DEPARTMENT OF BUILDING MATERIALS AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY,  
VOLGA STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, YOSHKAR-OLA;  
<sup>2</sup>Tamayo Vera Simon Jose – PhD in Technology,  
DEPARTMENT OF ENERGY AND ENVIRONMENT PROTECTION,  
AALTO UNIVERSITY, REPUBLIC OF FINLAND

**Abstract:** the article considers the calculation of heat energy consumption by the heating and ventilation systems of the building when applying the selected energy saving solutions, determining the energy saving potential and evaluating the economic efficiency of the proposed measures, which consists in calculating the predicted payback period. Considered the Finnish approach to energy efficiency in construction and compared with the new requirements established in Russia. Analysis of various design decisions is carried out using MagiCAD Comfort & Energy.

**Keywords:** energy saving, energy efficiency, energy saving measures.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Охотникова М.О.<sup>1</sup> (Российская Федерация), Тамайо Вера С.Х.<sup>2</sup> (Финляндская Республика)

<sup>1</sup>Охотникова Мария Олеговна – магистр,  
кафедра строительных материалов и технологии строительства,  
Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола;  
<sup>2</sup>Тамайо Вера Симон Хосе – кандидат технических наук,  
кафедра энергии и окружающей среды,  
Университет Аалто, Финляндская Республика

**Аннотация:** в статье рассматривается расчет потребления тепловой энергии системами отопления и вентиляцией здания при применении выбранных энергосберегающих решений, определение потенциала энергосбережения и оценка экономической эффективности предложенных мероприятий, заключающаяся в расчете прогнозируемого срока окупаемости. Рассмотрен финский подход к энергоэффективности в строительстве и сопоставлен с новыми требованиями установленными в России. С помощью программы MagiCAD Comfort & Energy проводится анализ различных проектных решений.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие мероприятия.

УДК 69.001.5

С каждым годом проблема энергосбережения становится актуальной. Ограниченность энергетических ресурсов, дороговизна энергии, плохое влияние на окружающую среду, которое связано с ее производством, - эти факторы наводят на мысль, что лучше сокращать потребление энергии, чем повышать ее производство.

Проектирование энергоэффективных домов – это сложная комплексная работа специалистов, основанная на принципах максимального обеспечения энергоэффективности, экологичности и экономической эффективности здания. Главная причина, сдерживающая массовое внедрение энергоэффективных домов в России, – отсутствие решения по компенсации дополнительных затрат застройщиков на повышение энергоэффективности жилых домов, которые составляют от 10 до 25 % сметной стоимости. При этом принимается во внимание только удорожание капвложений. При рассмотрении выгоды подобного строительства, соответственно, правильно было бы исходить из расчета приведенных затрат (капитальные вложения плюс эксплуатационные расходы) жизненного цикла здания. Здесь очевидна эффективность для экономики в целом в виде полученной выгоды от экономии ресурсов, не говоря о социальном эффекте – снижении коммунальных платежей населения. Расчеты показывают, что дополнительные капвложения окупаются за 8 лет в виде экономии на платежах, не считая экономии от снижения применения углеводородов [1].

Для проведения технико-экономического обоснования применения современных инженерных решений для повышения энергетической эффективности систем отопления и вентиляции в гражданских зданиях рассматривается проект строительства жилого многоквартирного здания в г. Йошкар-Ола.

Технико-экономическое обоснование заключается в расчете потребления тепловой энергии системами отопления и вентиляции здания при применении выбранных энергосберегающих решений, определении потенциала энергосбережения и оценке экономической эффективности предложенных мероприятий, заключающееся в расчете прогнозируемого срока окупаемости.

В начале исследовательской работы автор ознакомился с финским подходом к энергоэффективности в строительстве и сопоставил с новыми требованиями установленными в России. Ознакомился с новыми программными обеспечениями, такими как RIUSKA и IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE), которые используются в строительной индустрии при проектировании современных зданий в Финляндии.

С помощью MagiCAD Comfort & Energy можно провести анализ различных проектных решений и сравнить, как различные типы изоляции, окон, расположение здания по сторонам света, особенности местного климата влияют на энергоэффективность и внутренний климат здания. Также можно выполнить все необходимые расчеты, как по одному помещению, так и для всего здания целиком. С программой MagiCAD можно легко создать трехмерную модель состояния здания. В то же время модель пространства, основанная на геометрии и технических данных здания, является одновременно базой данных помещений и основой для расчетов и анализа.

Основные возможности:

- Возможность сопоставлять различные проектные решения.
- Возможности оценки и анализа будущих затрат на энергопотребление уже на начальном этапе проекта.
- Составление различных сценариев внутреннего комфорта и энергозатрат для всего здания и отдельных помещений.
- Наглядное представление отчетов в виде графиков.
- Точный подбор оборудования.
- Быстрые и точные расчеты охладительной нагрузки, в том числе с учетом термальной массы.
- Данные для составления энергетического паспорта здания.

Входящая в пакет программа Riuska имеет сертификат BREEAM.

Расчёт энергозатрат здания при помощи программы RIUSKA

Для расчёта энергозатрат здания в программе RIUSKA необходимо создать типовой план этажа здания в программе Room for MagiCAD для AutoCAD. Геометрия здания импортируется в RIUSKA с использованием информационных моделей зданий (IFC).

Помимо геометрии здания, модель включает в себя информацию о пространствах, типах ограждающих конструкций, которые могут быть сопоставлены с соответствующими структурами в RIUSKA.

Случай 1 это энергоэффективное жилое здание, в котором выбраны такие ограждающие конструкции, которые используются при строительстве высокоэнергоэффективных зданий в Северной Европе.

В европейских странах при выборе требуемого уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций нормируется не требуемое сопротивление теплопередаче, а максимально-допустимое значение коэффициента теплопередачи  $U_{i(max)}$ .

В таблице 1 приведены максимально-допустимые величины коэффициентов теплопередачи  $U_{i(max)}$  для различных наружных ограждающих конструкций зданий, проектируемых на территории Финляндии и отапливаемых в полном объеме в течение отопительного периода (согласно требованиям п. 2.5.4 [2] стандарта Финляндии National Building Code of Finland, Part D3).

Таблица 1. Максимально-допустимые значения коэффициента теплопередачи  $U_{i(max)}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), для различных типов наружных ограждающих конструкций

| Тип ограждающей конструкции    | Максимально-допустимое значение коэффициента теплопередачи $U_{i(max)}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К) |
|--------------------------------|--|
| Наружная стена                 | 0,17   |
| Покрытие, чердачное перекрытие | 0,09   |
| Нижнее перекрытие              | 0,16   |
| Окна, наружные двери           | 1,0  |

В случае 1 используется центральная механическая приточно-вытяжная вентиляция с высокоэффективной рекуперационной секцией.

Далее рассматривается случай 2 для сравнения. В RIUSKA в готовой трёх размерной модели создаются другие ограждающие конструкции на основе Российских требований к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций указанных в СП 50.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) [3].

В стандартах европейских стран нормируется не сопротивление теплопередаче  $R_0$ , как было упомянуто выше, а обратная ей величина, - так называемая величина U-value, принимаемая равной  $U=1/R_0$  [3]. Аналогичным образом рассчитаны максимально-допустимые величины коэффициентов теплопередачи  $U_i(\max)$  для других типов ограждающих конструкций, что и отражено в таблице 2.

Таблица 2. Максимально-допустимые значения коэффициента теплопередачи  $U_i(\max)$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), для различных типов наружных ограждающих конструкций

| Тип ограждающей конструкции    | Максимально-допустимое значение коэффициента теплопередачи $U_i(\max)$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К) |
|--------------------------------|---|
| Наружная стена                 | 0,28  |
| Покрытие, чердачное перекрытие | 0,19  |
| Нижнее перекрытие              | 0,19  |
| Окна                           | 1,67  |
| Наружные двери                 | 1,65  |

Для того чтобы опровергнуть или доказать необходимость рекуперации в системе вентиляции создается 3 случая. В модели этого здания в вентиляционной системе нет рекуперации тепла, ограждающие конструкции такие же как и в случае 2.

Обработка результатов

Расчёт динамический, используется 1 расчётный год для климатических условий Республики Марий Эл.

В случае 1 здание является действительно высокоэнерго-эффективным, с потреблением тепловой энергии 90,2 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

В случае 2 очевиден эффект уменьшения теплоизоляционных параметров ограждающих конструкций из-за чего потребление тепловой и электрической энергии составляет 116 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.

При использовании традиционных систем вентиляции, т.е. только естественная вентиляция, в случае 3 энергозатраты составляют 205,1 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Расчитанные моделью значения расхода тепловой энергии на отопление здания сведены в таблицу 3.

Таблица 3. Расход тепловой энергии на отопление здания

|  | Случай 1 | Случай 2 | Случай 3 |
|--|----------|----------|----------|
| Расход тепловой энергии на отопление в МВт·ч/год | 405      | 521      | 922      |

При сравнении 1 и 2 случая экономия тепловой энергии составляет 116 МВт·ч в год.

Согласно тарифам на тепловую энергию, поставляемую муниципальным предприятием "Йошкар-Олинская ТЭЦ-1» потребителям, расположенным на территории Йошкар-Олы, стоимость 1 Гкал тепловой энергии на 2018-2019 годы составляет 1880,53 руб [4]. Исходя из этой стоимости можно рассчитать экономию эксплуатационных затрат рассматриваемого здания в год. Вычислим стоимость 1 кВт ч в руб. Расход тепловой энергии в Гкал вычислен, исходя из следующего соотношения:

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 86 \cdot 10^{-5} \text{ Гкал}$$

Следовательно 1 кВт·ч тепловой энергии равен 1,62 рублям.

Сэкономленное количество невозобновляемого источника энергии в м<sup>3</sup> природного газа рассчитываем следующим образом:

$$116 \cdot 1000 : 10,4 = 11153,85 \text{ м}^3/\text{год}$$

Где 10,4 кВт·ч/м<sup>3</sup> теплосодержание природного газа [5].

Сэкономленные денежные затраты при использовании здания составят 187920 руб.

Согласно Маристат стоимость 1м<sup>2</sup> жилья среднего ( типовые) качества за I квартал 2019 года составляет 37008 руб [6]. В Финляндии доказано, что при улучшении энергоэффективности от традиционного здания к зданию низкого энергопотребления себестоимость строительства увеличивается только на 3%. Исходя из этого, стоимость 1м<sup>2</sup> проектируемого многоквартирного дома составляет 38118 руб.

Исходя из этого можно рассчитать инвестиции для строительства энергоэффективного дома. Для этого умножим жилую площадь здания на разницу стоимостей строительства высокоэнергоэффективного здания к типовому:

$$4494,6 \cdot (38118 - 37008) = 4\,989\,006 \text{ руб.}$$

Вычислив срок окупаемости запроектированных мероприятий для высокоэнергоэффективного дома, получаем 26 лет.

Необходимо отметить, что срок окупаемости, не учитывает возможный рост тарифов на тепловую энергию, проценты по кредиту (если для реализации выбранных мероприятий требуется использовать заемные средства), а так же дисконтирование будущих денежных поступлений, полученных в результате выполнения мероприятий, которые снижают требуемое количество тепловой энергии для системы отопления и вентиляции. Следовательно, полученное значение прогнозируемого срока окупаемости инвестиций может быть использовано только в качестве оценочного.

При сравнении 2 и 3 случая разница тепловой энергии составляет 401 МВт•ч в год.

Сэкономленное количество невозобновляемого источника энергии в год в случае 2 составит 38557,69 м<sup>3</sup>. А сэкономленная сумма денег в год при использовании здания составит 649 620 руб.

Согласно опросу сделанным автором на предприятиях, инвестиции строительства приточной-вытяжной вентиляционной системы с рекуперацией составляют 1100 руб. за 1м<sup>2</sup> жилья. Следовательно инвестиции строительства приточной-вытяжной вентиляционной системы с рекуперацией для здания с жилой площадью 4494,6 м<sup>2</sup> составят 4 944 060 руб.

Используя простой экономический расчет, окупаемость составляет 8 лет. Это наглядно доказывает эффективность использования системы рекуперации тепла при проектировании вентиляционной системы здания.

Сравнивая 1 и 3 случаи разница тепловой энергии составляет 517 000 кВт•ч в год.

Сэкономленное количество невозобновляемого источника энергии в год в случае 1 составит 49 711 538 м<sup>3</sup>. А сэкономленная сумма денег в год при использовании здания составит 837 540 руб.

Используя возможные мероприятия по повышению энергоэффективности период окупаемости составит 12 лет.

#### *Список литературы / References*

1. Савранский А.А. Достижение эффекта энергосбережения при возведении жилых домов // Энергосбережение. 2015. №4. С. 12-15.
2. National Building Code of Finland, Part D3.
3. СП 50.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»).
4. МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1» Тарифы 2018 год. [Электронный ресурс]: МУП «ЙОШКАР-ОЛИНСКАЯ ТЭЦ-1» Режим доступа: <http://yolatec1.ru/novosti/321-mup-yoshkar-olinskaya-tec-1-g-yoshkar-oly-uvedomlyat-o-povyshenii-s-1-iyulya-2018-goda-tarifov-na-teplonositel-i-teploenergiyu.html> (дата обращения 19.05.2019).
5. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник/Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982. С. 113.
6. Цены и тарифы. Официальная статистика. [Электронный ресурс]: Официальный сайт Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл. Режим доступа: [http://maristat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/maristat/resources/75eb26004cf7677b8988d90d9d5f7b1a/88exprj-1.pdf/](http://maristat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/maristat/resources/75eb26004cf7677b8988d90d9d5f7b1a/88exprj-1.pdf/) (дата обращения 19.05.2019).