

*Муштаева Виктория Викторовна, студент*

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,*

*Россия, Казань*

*E-mail: [vika.mushtaeva@mail.ru](mailto:vika.mushtaeva@mail.ru)*

*Медведева Галина Александровна, к.т.н., доцент, доцент*

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,*

*Россия, Казань*

*E-mail: [medvedevaga79@mail.ru](mailto:medvedevaga79@mail.ru)*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЗДАНИЙ**

**Аннотация:** цель исследования – обзор энергоэффективных конструкций здания. Изучение отечественных и зарубежных материалов наиболее подходящих для энергосбережения зданий. Основные результаты работы состоят в оценке определение потенциала энергосбережения в физическом и денежном выражениях. Так же определение времени окупаемости. Переход на энергосберегающие конструкции уменьшит затраты на не возобновляемые ресурсы, а цена материалов оправдывает себя в эксплуатации. Так же, при использование зеленых материалов, мы заботимся об экологии, что значительно важно в наше время.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, потребление энергии, экологически чистые материалы.

**Abstract:** The purpose of the study is a review of energy-efficient building structures. The study of domestic and foreign materials most suitable for energy saving buildings. The main results of the work are to assess the definition of energy saving potential in physical and monetary terms. Also the definition of payback time.

The transition to energy-saving designs will reduce the cost of non-renewable resources, and the price of materials justifies itself in operation. Also, when using green materials, we care about the environment, which is very important in our time.

**Keywords:** energy efficiency, energy consumption, environmentally friendly materials.

## Введение

Энергоэффективность – рациональное использование энергетических ресурсов. Обеспечение должного уровня энергетического обеспечения, но с меньшим использованием ресурсов [1].

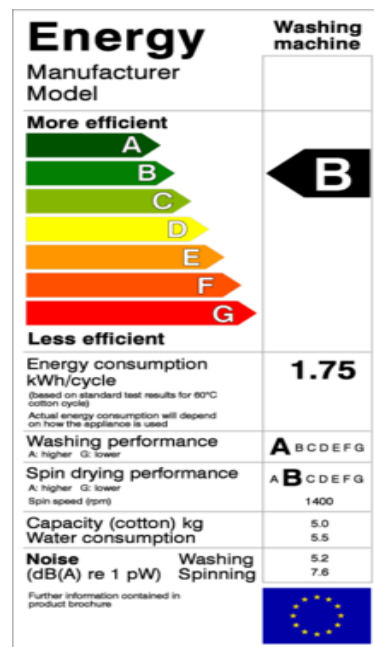


Рис.1 - Маркировка энергоэффективности Европейского союза [1].

Проектирование и строительство энергоэффективной конструкции здания считается наиболее рентабельным способом улучшения тепловых характеристик здания. Тепловая инерция в энергоэффективных конструкциях зданий дает оптимальные решения, способы и методы для проектирования энергосберегающих конструкций, которые позволят уменьшить потребление энергии с сохранением теплового комфорта, с меньшим вредом для окружающей среды (рисунок 1)

## Основные принципы решения проблем энергоэффективности

В настоящее время описаны 6 важных принципов, которые касаются научно-инженерной деятельности специалистов в среде разрешения вопросов энергоэффективности при теплоснабжении и климатизации зданий [2]:

1. Энергетические ресурсы. Ресурсы энергетики являются надежными и и доставка их в здание является важным фактором обеспечения и повышения качества жизни людей.

2. Гарантированность обеспечения энергией. Постоянная подача энергетических ресурсов требуется для того, чтобы поддержать качество и комфорт наших жизней.

3. Окружающая среда. Созданы пределы на использование энергетических ресурсов, так как многие из них не возобновляемые. Так же, уменьшение потребности в этих ресурсах позволит нам дольше обеспечивать высокое качество жизни.

4. Жизнеподдержание . Создание жизнеподдерживающих энергетических систем на основе возобновляемых ресурсов, так как это требуется для нормальных жизненных условий.

5. Эффективность потребления энергии. При использовании экономических рычагов расход энергии находящийся в существующих и строящихся структурах может быть значительно сокращен. Также могут себя реализовать необходимые для общества виды обслуживания зданий, при этом происходит сохранение уровня здоровья, комфорта, безопасности и производительности.

6. Баланс. При рассмотрении различных ресурсов нужно обеспечить необходимый баланс, так как их использование имеет как положительные, так и отрицательные моменты.

### **Способы повышения энергоэффективности**

*Отечественные способы.* Энергоэффективность ограждающих конструкций жилых, общественных и производственных зданий можно производить с применением эффективных утеплителей в конструкциях наружных стен, перегородок, покрытиях и перекрытиях. Варианты утепления в

уже существующих домах сильно отличаются как конструктивными решениями, так и используемыми в них материалами.

Рациональным и эффективным способом повышения теплозащиты эксплуатируемых зданий является дополнительное наружное утепление ограждающих конструкций. При проектировании новых и реконструкции существующих зданий предусматривают теплоизоляцию из эффективных материалов, размещая ее с наружной стороны ограждающей конструкции.

Материалы для утепления ограждающих конструкций, которые нашли наибольшее применение в России представлены в таблице 1 [3].

*Зарубежные способы.* Для повышения энергоэффективности они опираются на затраты. В данной стране экономическая эффективность является самым важным фактором в реализации мер по повышению энергоэффективности здания [4].

Материалы, которые наиболее применимы в зарубежной практике представлены в таблице 1.

Таблица 1. Наиболее применимые материалы для энергоэффективности ограждающих конструкций

Отечественные материалы	Зарубежные материалы
теплоизоляционные плиты из минеральной ваты	древесное волокно
конструкции ограждений с экструдированным пенополиэтиленом в качестве утеплителя	целлюлоза (выдувная/распыленная)
теплоизоляционные плиты, изготовленные из базальтовых горных пород	теплоизоляционные плиты из минеральной ваты
плиты (блоки) из пеностекла и т. п.	аргоновое заполнение между двойным остеклением
	Isynene H2FoamLite / LD-C-50(H2FoamLite представляет собой распыляемую водостойкую пенополиуретановую пену с открытыми порами)

## Методы снижения теплопотерь

*Отечественные методы.* В настоящий момент действуют два направления для того, чтобы снизить теплопотери в зданиях: преобразование имеющихся строений, для того, чтобы привести к новым стандартам теплозащиты и разработать и возвести новые энергоэффективные дома, которые отвечают современным строительным требованиям. В имеющемся фонде многоэтажных жилых домов России находятся большие резервы при достижении энергосберегающего эффекта, потому что уровень теплозащиты настоящих зданий намного ниже современных требований [5]. В большинстве случаев в домах средней полосы России, которые построены в советское время сопротивление теплопередаче стен составляет в среднем  $0,60 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Недавно приняли нормативные требования, которые увеличили значения сопротивления теплопередаче: для стен до  $3,0 \div 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . При несоответствии данного показателя, к примеру, в панельных домах постройки старого образца могут привести к удельным теплопотерям до  $90 \text{ Вт}/\text{м}^2$  [5]. При модернизации старых зданий тепловой изоляцией могут потребоваться единовременные капиталовложения, которые представляют собой 5-10 % от стоимости дома, а экономический эффект при этом может достигать 50 % при отоплении дома. Расчёты показали, что затраты на проведение тепловой модернизации этой категории зданий окупаются за 5-10 лет.

Эффективность применения энергосберегающих проектов проводится по сроку окупаемости инвестиций, необходимых для реализации этих проектов [6]:  $T_{\text{ок}} = \sum U / \sum \text{Э}$ , где:  $\sum U$  – суммарные инвестиции на реализацию энергосберегающего проекта;  $\sum \text{Э}$  – суммарный годовой экономический эффект от применения энергосберегающего проекта.

При утеплении наружных стен, перекрытий и покрытий до требований СП 50.13330.2012 этап II, можно наблюдать наименьший результат и это оказывается эффективным не только для домов новой постройки, а также при реконструкции домов из крупнопанельных блоков, в котором может быть предусмотрен дополнительный эффект, который связан с затратами на ремонт фасадов, стыков и т.п. Срок окупаемости для остальных зданий превышает 10 лет, а для старой застройки достигает 20 лет.

*Зарубежные методы.* Здания потребляют наибольшее количество энергии среди различных промышленных секторов во всем мире и, особенно на ближнем востоке. В исследованиях [7; 8; 9; 10], авторы подтвердили важность определения приоритетов энергопотребления в зданиях. На крупные общественные здания [8] приходится почти 30 % потребления энергии гражданскими зданиями в Китае. Мутани [9] подтвердили, что энергоэффективность зданий один из ключевых приоритетов европейского низкоуглеродного перехода. Тардиоли выявлено, что жилые и коммерческие здания составляют около 14 % выбросов парниковых газов и 40 % от общего потребления энергии окружающей среды. Тибермацин [10] упомянул, что только жилые здания в Алжире потребляют 40% общего потребления электроэнергии на национальный уровень.

Для исправления данной ситуации, ввели систему зеленого рейтинга (рис. 2), которая может помочь в процессе строительства на всех его этапах.

На рисунке 2 наглядно показана взаимосвязь между системой и комплексными индивидуальными мерами по повышению энергоэффективности [8].

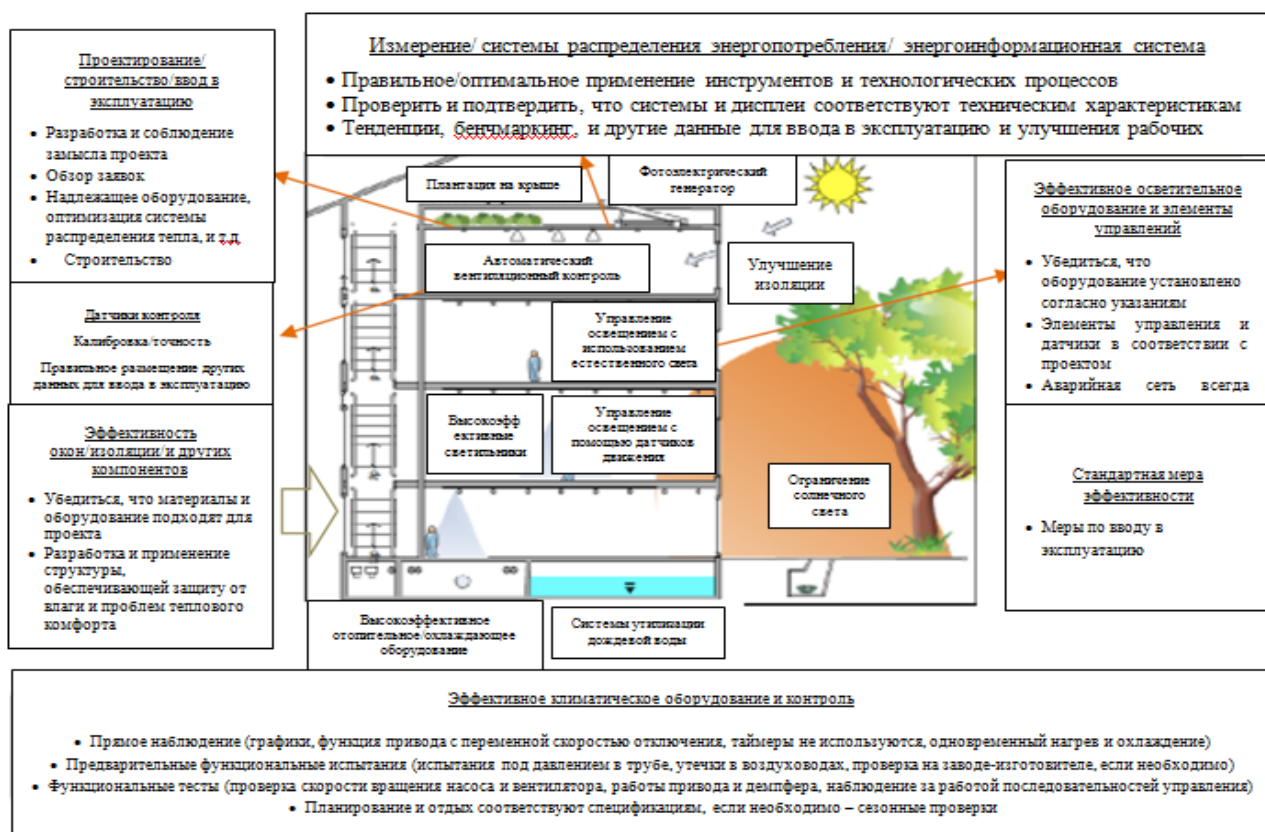


Рис. 2 - Система "зеленого" рейтинга [8].

Данную систему можно было бы использовать и в России. Мы имеем все нужные системы для ее использования:

1. Механические системы: установки обработки воздуха, абсорбционные чиллеры, включая насосы и трубопроводы, градирни, включая насосы и трубопроводы, блоки фанкойлов, вентиляторы подачи и выпуска и вентиляторы наддува;

2. Электрические системы: приводы переменной частоты, связанные с системой теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования; аварийным генератором и системой управления освещением;

3. Возобновляемые источники энергии: бытовая система горячего водоснабжения и фотоэлектрическая система

**Определение потенциала энергосбережения в физическом и денежном выражениях, с учетом уже установленных пластиковых окон, на 100м<sup>2</sup>**

*1. Утепление стен.*

1. «DURISOL», блок с повышенными звукоизоляционными свойствами для внутренних и наружных стен, размерами 1x1x1,25 – 1200 рублей за 1 м<sup>2</sup>.

2. На 100 м<sup>2</sup> нашей стены получим  $1200 \cdot 100 = 120000$  рублей.

3.  $100 \text{ м}^2 = 160 \text{ м}^2$  (площадь наружных стен) –  $60 \text{ м}^2$  (площадь окон).

4. Дюбель для теплоизоляции с металлическим гвоздем с термоголовкой 10x260 – цена 4616 руб. за 200 штук. С расчётом 6 шт на м<sup>2</sup> получим, что необходимо 600 дюбелей на 100 м<sup>2</sup> нашей стены.  $4616 \cdot 3 = 13848$  рубля.

5. Кронштейны выравнивающие. Из расчета не менее 6 шт на 1м<sup>2</sup>. У нас 100 м<sup>2</sup>, значит всего понадобится 600 кронштейнов по 20 рублей каждый, значит  $600 \text{ м}^2 \cdot 20 \text{ р} = 12000$  рублей.

6. П - образный профиль. 41 рубль за единицу (10x15x10x1 мм, Длина: 1 м) Всего необходимо 180 м профиля, значит  $180 \cdot 41 = 7380$  рублей.

7. Сетка армирующая 10×10мм (1x50 м) цена 1395 р. Необходимо 2 рулона. Значит 2790 р необходимо на сетку.

8. Штукатурное покрытие стен от 3-х до 6-ти см. 430 рублей м<sup>2</sup>. У нас 100 м<sup>2</sup> значит 46000 рублей на штукатурку.

9. Монтаж фиброцементного сайдинга за м<sup>2</sup> – 680 руб + монтаж утеплителя 100 мм за м<sup>2</sup> – 170 руб. Следовательно на 100 м<sup>2</sup> потребуется 85000 рублей.

Итого: На утепление 100 м<sup>2</sup> стены потребуется 287018 рублей.

2. Терморегулятор АРТ -18-5: цена – 1950 руб. Страна – производитель – Россия. Стоимость монтажа одного прибора – 250 руб.

Итого затраты составляют: (1950+250)\*6 = 13212 руб.

Для Казани: условие эксплуатации – Б, t<sub>н</sub>=-31<sup>0</sup>С, t<sub>в</sub>= 20<sup>0</sup>С, t<sub>от</sub>= -4,8<sup>0</sup>С, z<sub>от</sub>= 208 дней [6]. 1757,53 р – стоимость 1 Гкал Q. Расчет представлен в табл. 2.

Таблица 2. Расчет срока окупаемости (Ток).

Казань					
$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) * z_{от} = (20 + 4,8) * 208 = 5158,4 \frac{^{\circ}C \cdot \text{сут}}{\text{год}}$ $R_0^{TP} = a * ГСОП + b = 0,00035 * 5158,4 + 1,4 = 3,21 \frac{M^2 \cdot ^{\circ}C}{\text{Вт}}$ $R_0^{PP} = R_0 * m_p = 3,21 * 0,63 = 2,02 \frac{\text{Вт}}{M^2 \cdot C}$					
До утепления			После утепления		
Материал слоя	теплопроводность $\lambda$ , Вт/м · °С	Толщина на слоя $\delta$ , м	Материал слоя	теплопроводность $\lambda$ , Вт/м · °С	Толщина на слоя $\delta$ , м
Раствор известково-песчаный	0,81	0,015	Раствор известково-песчаный	0,81	0,015
Полистиролбетон на портландцементе	0,20	0,25	Полистиролбетон на портландцементе	0,20	0,25
Плиты из стеклянного штапельного	0,045	0,15	Блоки «DURISOL»	0,15	1



волокна					
Кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе	0,81	0,12	Кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе	0,81	0,12
$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,25}{0,20} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{1}{23} =$ $4,91 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$			$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,25}{0,20} + \frac{1}{0,15} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{1}{23} =$ $8,25 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$		
Расчет					
$Q = \frac{(t_B - t_H)F}{R}, \text{ Вт}$ $Q = \frac{(20+4,8)*100}{4,91} = 505,1 \text{ Вт или}$ $Q = 505,1 * 208 * 24 = 2521460 \frac{\text{кВт*ч}}{\text{год}} \text{ или}$ $Q = \frac{2521460*3600}{4,187*10^9} = 2,17 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$ $\rightarrow 2,17 * 1757,53 = 3813,8 \text{ руб.}$			$Q = \frac{(t_B - t_H)F}{R}, \text{ Вт}$ $Q = \frac{(20+4,8)*100}{8,25} = 300,6 \text{ Вт или}$ $Q = 300,6 * 208 * 24 = 1500595,2 \frac{\text{кВт*ч}}{\text{год}}$ <p>или</p> $Q = \frac{1500595,2*3600}{4,187*10^9} = 1,29 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$ $\rightarrow 1,29 * 1757,53 = 2267 \text{ руб.}$		
3813,8-2267= 1546,8 рублей					
Ток= 13212 / 1546,8 = 8 лет					

## Заключение

Представленные выше расчеты справедливы для утепления наружных стен зданий с установкой терморегуляторов на вводе в здание. Иначе наше утепление приведет лишь к повышению температуры внутреннего воздуха и не обеспечит абсолютно никакого энергосбережения. Так же не стоит забыть, что не только утеплители могут быть сделаны из экологически чистых материалов.

## Библиографический список:

1. Генцлер И.В., Петрова Е.Ф., Сиваев С.Б. Энергосбережение в многоквартирном доме.– Тверь: Научная книга, 2009. – 130 с.

2. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 288 с.
3. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.
4. Boverkets Byggregler, Boverkets Författningssamling, The national Board of Housing Building and planning, Karlskrona, (In Swedish). 2015.
5. Лихненко Е.В. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций гражданских зданий: Методические указания. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003 – 26 с.
6. Иванова Р.В., Медведева Г.А., Садыков Р.А. Энергоаудит жилых и коммунальных зданий: Методические указания к курсовой работе. Казань: КГАСУ, 2008. – 20 с.
7. Dongmei S. Research and Application of Energy Consumption Benchmarking Method for Public Buildings Based on Actual Energy Consumption. Energy Procedia. 2018; 152:475-83.
8. Zheng Z, Zhuang Z, Lian Z, Li Y. Study on Energy Consumption Ration for Office Buildings. Energy Procedia. 2017; 142:2317-22.
9. Mutani G, Delmastro C, Gargiulo M, Corgnati SP. Characterization of Building Thermal Energy Consumption at the Urban Scale. Energy Procedia. 2016;101:384-91.
10. Mohamed M. Investigating the environmental performance of Government primary schools in Egypt: with particular concern to thermal comfort [PhD thesis]. Dundee: Dundee University; 2009.