

Расчёт срока окупаемости утепления фасада жилого здания

Болтовский Лев Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описание методики расчёта и непосредственный расчёт срока окупаемости утепления фасада жилого здания. В ходе работы использованы поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования, позволившие определить снижение теплопотерь через наружные стены, годовую экономию тепловой энергии и ориентировочный срок возврата вложенных средств. В результате была описана последовательность расчёта, получены значения коэффициентов теплопередачи до и после утепления, рассчитаны годовая экономия и срок окупаемости фасадного утепления.

Ключевые слова: утепление фасада, срок окупаемости, теплопотери, энергосбережение, жилое здание.

Calculation of the payback period for insulating the facade of a residential building

Boltovskiy Lev Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to describe the calculation method and directly calculate the payback period for insulating the facade of a residential building. The work used exploratory, analytical and computational research methods to determine the reduction of heat loss through external walls, annual heat energy savings and the approximate payback period of investments. As a result, the calculation sequence was described, heat transfer coefficients before and after insulation were determined, and the annual economic effect and payback period were calculated.

Keywords: facade insulation, payback period, heat losses, energy saving, residential building.

1 Введение

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что значительная часть эксплуатационных затрат жилого здания связана с отоплением. Наружные стены относятся к основным ограждающим конструкциям, через которые в холодный период года происходит передача тепла из помещения во внешнюю среду. При недостаточном сопротивлении теплопередаче увеличивается расход тепловой энергии, возрастает финансовая нагрузка на собственников и снижается общий уровень энергетической эффективности здания.

Утепление фасада позволяет уменьшить теплопотери, повысить температуру внутренней поверхности стен, снизить риск образования конденсата и улучшить комфорт проживания. При этом само мероприятие требует значительных капитальных вложений, поэтому для предварительного обоснования важно рассчитать не только технический эффект, но и срок окупаемости. Такой расчёт позволяет оценить, за какой период экономия на оплате тепловой энергии сможет компенсировать стоимость утепления.

1.2 Обзор исследований

В статье Н. И. Даниловой [1] рассматриваются современные методы утепления фасадов зданий и их влияние на энергосбережение. Особое внимание уделяется роли теплоизоляции наружных стен в снижении энергопотребления здания и устранении термических мостов. В работе С. В. Клокова, А. А. Кузнецова и К. А. Миндрова [2] представлен подход к экономическому обоснованию утепления наружных стен зданий, в том числе приведена логика расчёта срока окупаемости через отношение капитальных вложений к получаемой экономии. В исследовании А. С. Горшкова [3] рассматривается модель оценки прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение, что особенно важно при анализе мероприятий по снижению теплопотребления существующих зданий. И. С. Никитина и С. А. Королев [4] анализируют эффективность инвестиций в проекты тепловой защиты зданий, подчёркивая необходимость сопоставления технического результата и финансовых затрат. В статье В. П. Грахова и соавторов [5] рассмотрена эффективность энергосберегающих мероприятий в жилищном строительстве, включая мероприятия, направленные на снижение теплопотерь через ограждающие конструкции.

1.3 Цель исследования

Целью исследования является описание методики расчёта и непосредственный расчёт срока окупаемости утепления фасада жилого здания.

2 Материалы и методы

В качестве объекта исследования рассматривается условное жилое здание прямоугольной формы. Расчёт выполняется для наружных стен здания до и после устройства фасадного утепления минераловатными плитами. В работе применён расчётно-аналитический метод, основанный на определении сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, коэффициента теплопередачи, годовой экономии тепловой энергии и срока окупаемости капитальных вложений.

При выполнении расчёта использованы справочные значения теплопроводности строительных материалов, а также упрощённая оценка годовой экономии через градусо-сутки отопительного периода. Для предварительного расчёта принимается, что отопление здания оплачивается по тарифу за тепловую энергию, а снижение теплопотерь через фасад прямо влияет на годовое потребление тепла.

3 Результаты и обсуждение

Теплопередача через наружную стену зависит от состава конструкции, толщины слоёв и коэффициента теплопроводности материалов. Чем выше суммарное сопротивление теплопередаче, тем ниже коэффициент теплопередачи и тем меньше тепловой поток через ограждающую конструкцию.

Для расчёта принято жилое здание с общей площадью утепляемых наружных стен 210 м². В качестве утеплителя рассматривается слой минераловатных плит толщиной 100 мм. Исходные данные представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта

Показатель	Значение
Площадь утепляемого фасада	210 м ²
Основной материал стены	кирпич керамический
Толщина кирпичной стены	0,38 м
Толщина наружной штукатурки	0,02 м
Толщина внутренней штукатурки	0,02 м
Материал утеплителя	минеральная вата
Толщина утеплителя	0,10 м
Градусо-сутки отопительного периода	6000 °С·сут
Тариф на тепловую энергию	2500 руб./Гкал
Стоимость утепления фасада	3500 руб./м ²

Сначала определяется теплотехническое сопротивление наружной стены до утепления. Сопротивление отдельного слоя рассчитывается как отношение толщины материала к его коэффициенту теплопроводности.

$$R = R_{\text{внутр}} + \sum (d / \lambda) + R_{\text{внеш}}$$

где

R – суммарное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

d – толщина слоя, м

λ – коэффициент теплопроводности материала, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$

$R_{\text{внутр}}$ – сопротивление внутренней поверхности, принимается $0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

$R_{\text{внеш}}$ – сопротивление наружной поверхности, принимается $0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

Расчёт сопротивления стены до утепления выполняется следующим образом

$$R_0 = 0,13 + \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,02}{0,70} + 0,04$$

$$R_0 = 0,696 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи определяется как обратная величина сопротивления теплопередаче.

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U_0 = \frac{1}{0,696} = 1,44 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

После устройства утепления в конструкцию добавляется слой минераловатных плит толщиной $0,10$ м с коэффициентом теплопроводности $0,04 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$. Сопротивление утеплителя составляет

$$R_{\text{ут}} = \frac{0,10}{0,04} = 2,50 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Тогда суммарное сопротивление стены после утепления будет равно

$$R_1 = 0,696 + 2,50 = 3,196 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

$$U_1 = \frac{1}{3,196} = 0,31 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Таким образом, коэффициент теплопередачи наружной стены снижается с $1,44$ до $0,31 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Это означает, что расчётные теплотери через фасад уменьшаются примерно на 78% , значения отображены в таблице (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнение теплотехнических показателей стены

Показатель	До утепления	После утепления
Сопротивление теплопередаче R , $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	0,696	3,196

Коэффициент теплопередачи $U, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	1,44	0,31
Снижение коэффициента теплопередачи	-	$\approx 78\%$

Для оценки годовой экономии тепловой энергии определяется разница коэффициентов теплопередачи до и после утепления.

$$\Delta U = U_0 - U_1$$

$$\Delta U = 1,44 - 0,31 = 1,13 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Годовая экономия энергии через фасад рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{год}} = \frac{\Delta U \cdot A \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000}$$

где

$Q_{\text{год}}$ – годовая экономия тепловой энергии, кВт·ч/год

A – площадь утепляемого фасада, м²

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут

24 – количество часов в сутках

1000 – коэффициент перевода Вт·ч в кВт·ч.

$$Q_{\text{год}} = 1,123 \cdot 210 \cdot 6000 \cdot 24 / 1000$$

$$Q_{\text{год}} = 33\,970 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$$

Для дальнейшего экономического расчёта переводим полученное значение в гигакалории. В расчёте принято, что 1 Гкал соответствует примерно 1163 кВт·ч тепловой энергии.

$$E = \frac{Q_{\text{год}}}{1163}$$

$$E = 33\,970 / 1163 = 29,2 \text{ Гкал}/\text{год}$$

Годовая денежная экономия определяется произведением сэкономленного количества тепловой энергии на тариф.

$$\mathcal{E} = E \cdot C_{\text{т}}$$

$$\mathcal{E} = 29,2 \cdot 2500 = 73\,000 \text{ руб.}/\text{год}$$

Следующим этапом определяется стоимость выполнения утепления фасада. Для предварительного расчёта принимается укрупнённая стоимость работ и материалов 3500 руб./м².

$$K = A \cdot C_{\text{ут}}$$

$$K = 210 \cdot 3500 = 735\,000 \text{ руб.}$$

Простой срок окупаемости определяется отношением капитальных вложений к годовой экономии.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Xi}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{735\,000}{73\,000} = 10,1 \text{ года}$$

Следовательно, при принятых исходных данных утепление фасада жилого здания окупается примерно за 10 лет. Полученное значение является ориентировочным, так как фактический срок окупаемости зависит от реальной стоимости работ, климатических условий, тарифа на тепловую энергию, качества монтажа утеплителя и режима эксплуатации здания. Подробные экономические показатели отображены в таблице (табл. 3).

Таблица 3 – Экономические показатели утепления фасада

Показатель	Значение
Площадь утепляемого фасада	210 м ²
Стоимость утепления 1 м ²	3500 руб./м ²
Общие капитальные вложения	735 000 руб.
Годовая экономия тепловой энергии	29,2 Гкал/год
Годовая денежная экономия	≈ 73 000 руб./год
Простой срок окупаемости	≈ 10,1 года

Для проверки устойчивости результата выполнена оценка чувствительности срока окупаемости к изменению тарифа на тепловую энергию (табл. 4). При более высоком тарифе денежная экономия увеличивается, поэтому срок окупаемости сокращается. При более низком тарифе, наоборот, возврат вложений занимает больше времени.

Таблица 4 – Зависимость срока окупаемости от тарифа

Тариф на тепловую энергию, руб./Гкал	Годовая экономия, руб./год	Срок окупаемости, лет
2000	58 400	12,6
2500	73 000	10,1
3000	87 600	8,4

Также существенное влияние оказывает стоимость фасадных работ. Если стоимость утепления ниже принятого значения, срок окупаемости уменьшается. Если стоимость возрастает, период возврата вложений увеличивается. Поэтому перед реализацией проекта необходимо уточнять сметную стоимость, учитывать состояние фасада, необходимость подготовки основания, демонтажа старой отделки, устройство армирующего слоя и финишной отделки (табл. 5).

Таблица 5 – Зависимость срока окупаемости от стоимости утепления

Стоимость утепления, руб./м ²	Капитальные вложения, руб	Срок окупаемости, лет
3000	630 000	8,6
3500	735 000	10,1
4000	840 000	11,5

Выполненный расчёт показывает, что утепление фасада оказывает выраженное влияние на снижение теплотерь через наружные стены. До утепления коэффициент теплопередачи стены составлял 1,44 Вт/(м²·К), после утепления минераловатными плитами толщиной 100 мм он снизился до 0,31 Вт/(м²·К). За счёт этого годовая экономия тепловой энергии составила около 29,2 Гкал.

При общей стоимости утепления 735 тыс. руб. и тарифе на тепловую энергию 2500 руб./Гкал простой срок окупаемости составляет примерно 10,1 года. Такой результат можно считать приемлемым для предварительной оценки, поскольку срок службы фасадных теплоизоляционных систем обычно значительно превышает рассчитанный период окупаемости. Дополнительный эффект заключается в повышении комфортности помещений, снижении риска промерзания стен и улучшении общего энергетического состояния здания.

4 Выводы

В ходе исследования рассмотрен порядок расчёта срока окупаемости утепления фасада жилого здания. На основании принятых исходных данных определены теплотехнические показатели наружной стены до и после утепления, рассчитано снижение коэффициента теплопередачи, годовая экономия тепловой энергии и ориентировочная денежная экономия.

Установлено, что устройство утеплителя из минераловатных плит толщиной 100 мм позволяет снизить коэффициент теплопередачи наружной стены примерно с 1,44 до 0,31 Вт/(м²·К). Расчётная годовая экономия тепловой энергии составляет около 33 970 кВт·ч, или 29,2 Гкал. При стоимости утепления 3500 руб./м² и площади фасада 210 м² общие капитальные вложения составляют 735 000 руб.

Простой срок окупаемости утепления фасада в рассматриваемом примере составил приблизительно 10,1 года. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения представленной методики для предварительной оценки эффективности фасадного утепления жилых зданий и выбора экономически обоснованного варианта повышения энергоэффективности.

Библиографический список

1. Данилова Н. И. Современные методы утепления фасадов зданий и влияние теплоизоляции наружных стен на энергосбережение здания // Вестник

- науки. 2023. Т. 4. №. 12(69). С. 1441-1447. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56448120> (Дата обращения: 19.05.2026).
2. Клоков С. В. Кузнецов А. А. Миндров К. А. Экономическое обоснование утепления наружных стен зданий // Оригинальные исследования. 2021. Т. 11, №. 4. С. 219-224. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46161328> (Дата обращения: 19.05.2026).
 3. Горшков А. С. Модель оценки прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение // Вестник МГСУ. 2015. №. 12. С. 136-146. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25031723> (Дата обращения: 19.05.2026).
 4. Никитина, И. С. Королев С. А. Оценка эффективности инвестиций в проекты тепловой защиты // Управление в современных системах. 2014. №. 4(4). С. 48-54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22563374> (Дата обращения: 19.05.2026).
 5. Грахов В. П. Мохначев С. А. Егорова В. Г. Эффективность энергосберегающих мероприятий в жилищном строительстве // Современные проблемы науки и образования. 2015. №. 2-1. С. 273. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56448120> (Дата обращения: 19.05.2026).