

Экономические аспекты повышения уровня теплоизоляции стеновых ограждающих конструкций при реконструкции зданий

Фаренюк Г. Г., Тимощенко А. Б.
Государственный научно-исследовательский институт
строительных конструкций (НИИСК), г. Киев

Приведена методика оценки сроков окупаемости утепления зданий и сооружений, а также результаты оценки экономической привлекательности конструктивных решений повышения сопротивления теплопередаче наружных стен при реконструкции зданий до значений, установленных нормами 2007 г.

Современные требования к энергосбережению при эксплуатации зданий существенно изменяют подход к проектированию и оценке тепловой изоляции зданий. Новые нормативные требования, установленные в ДБН В.2.6-31:2006 [1], распространяются как на вновь строящиеся, так и на существующие здания, подлежащие реконструкции. Поскольку реконструкция тепловой изоляции зданий – мероприятие достаточно дорогое, особую актуальность в настоящее время имеет вопрос об экономической эффективности, а именно – о сроках его окупаемости. Оценка показателя экономической привлекательности конструктивных энергосберегающих мероприятий проводится следующим образом.

Рассчитываются суммарные теплопотери здания по методике норм ДБН В.2.6-31:2006 [1] для зданий, подлежащих реконструкции, с сопротивлением теплопередаче наружных стен $0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ и принятого в новых нормах значением $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Вычислив разность этих двух показателей и

поделив ее на КПД котла, получим экономию теплоты при эксплуатации зданий с повышенным уровнем теплоизоляции. Значение этой экономии в денежном эквиваленте удобно получать, исходя из стоимости 1 Гкал теплоты, которая зависит от стоимости топлива в текущее время и определяется следующим образом:

$$C_{1\text{Гкал}} = \frac{4,187 \cdot 10^3 \cdot C_2}{Q_p^H \cdot 1000}, \quad (1)$$

где C_2 - стоимость 1000 м³ газообразного топлива, у.е.;

Q_p^H - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг, Дж – значение 1 ккал.

Умножив полученное значение на экономию теплоты в Гкал, получим значение экономии теплоты в у.е./год:

$$E_m = C_{1\text{Гкал}} \cdot \Delta Q, \quad (2)$$

где ΔQ - экономия теплоты, пересчитанная из МДж в Гкал следующим образом:

$$\Delta Q = \frac{\Delta Q_{\text{МДж}}}{4,187 \cdot 10^3}. \quad (3)$$

Следует также учесть то, что с ростом инфляции величина E_m возрастет, что определяется с помощью формулы:

$$E_{mi} = E_m (1 + i), \quad (4)$$

где i – индекс инфляции в течение года.

Теперь для того, чтобы определить срок окупаемости энергосберегающих мероприятий, следует определить их стоимость. Цены на теплоизоляционные материалы устанавливаются, как правило, для конкретной толщины и площади единицы материала (рулона, листа, 1 м³ и т.д.). Исходя из этих данных, удобно определить стоимость некой номинальной единицы материала, например, листа площадью 1 м² и толщиной 100 мм.

При этом для требуемого сопротивления теплопередачи толщина листа каждого материала будет разной, и его стоимость, таким образом, можно определить по формуле:

$$C_i = C_n \frac{\delta}{\delta_n}, \quad (5)$$

где δ – требуемая толщина материала, определяемая из соотношения $\delta = R_{норм} \cdot \lambda$, где $R_{норм}$ – значение нормативного сопротивления теплопередаче (термического сопротивления) данного теплоизоляционного слоя, λ – расчетная теплопроводность данного материала;

δ_n – номинальная толщина единицы материала, равная 100 мм.

Далее удобно определить стоимость единицы термического сопротивления данного теплоизолирующего слоя соответствующей толщины по формуле:

$$C_r = \frac{C_i}{R_{норм}}. \quad (6)$$

В этом случае стоимость теплоизоляции наружных стен здания площадью S составит:

$$K = C_r \cdot R_{норм} \cdot S. \quad (7)$$

Учитывая то, что субъект хозяйственной деятельности, как правило, не имеет свободных средств и вынужден будет их кредитовать, определим сумму наращенного долга по формуле:

$$K_{д} = K(1 + pT_k), \quad (8)$$

где p и T_k – соответственно процентная ставка и срок кредитования.

Эта формула учитывает простые проценты кредитования. Если кредит выдается под сложные проценты, что чаще имеет место при сроке кредитования в несколько лет, то сумма наращенного долга определяется не по формуле (8), а по следующей формуле:

$$K_{\text{Д}} = K(1+p)^{T_{\text{к}}} \quad (9)$$

Влияние инфляции уменьшит величину наращенного долга до суммы, определяемой по формуле:

$$K_r = \frac{K_{\text{Д}}}{(1+i)^{T_{\text{к}}}} \quad (10)$$

Теперь, поделив полученную величину наращенного долга на денежный эквивалент экономии теплоты в год, получим величину срока окупаемости:

$$\zeta = \log_2 \frac{C_{\text{эре}}}{C_2} \quad (11)$$

Результаты расчетной оценки сроков окупаемости повышения нормативного сопротивления стеновых ограждающих конструкций до значений 2,8 и 3,0 м²·К/Вт при применении изоляционных материалов с характеристиками, приведенными в таблице 1, при стоимости 1000 м³ природного газа 50, 100, 150, 200 и 220 долларов США (далее по тексту – у.е.; расчеты Украины со странами – энергопоставщиками ведутся в привязке к денежной единице США, поэтому присутствует именно эта единица измерения финансовых затрат) даны на рисунках 1÷3.

Таблица 1. Расчетные характеристики теплоизоляционных материалов

Наименование материала	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Требуемая толщина при нормативном термич. сопротивлении, м	Номинальная стоимость единицы материала, у.е.
1	2	3	4
Газобетон	0,13	0,39	7,8
Минераловатные изделия	0,042	0,126	13,5
ПСБ-С	0,05	0,15	15,0

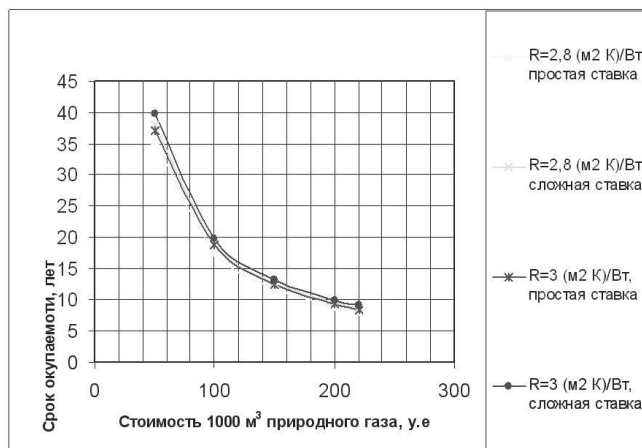


Рисунок 1. Зависимость срока окупаемости тепловой изоляции из газобетона от стоимости природного газа

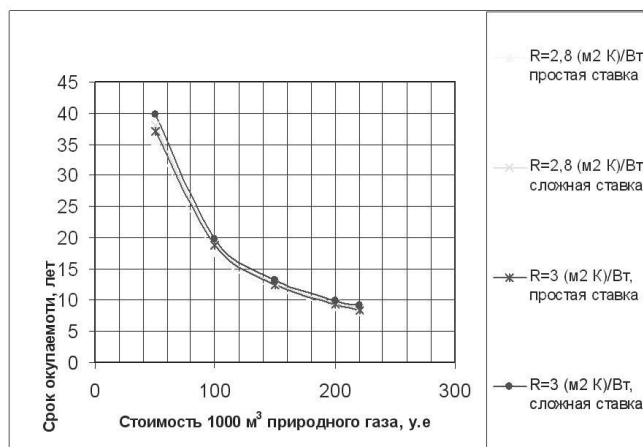


Рисунок 2. Зависимость срока окупаемости тепловой изоляции из минераловатных изделий от стоимости природного газа

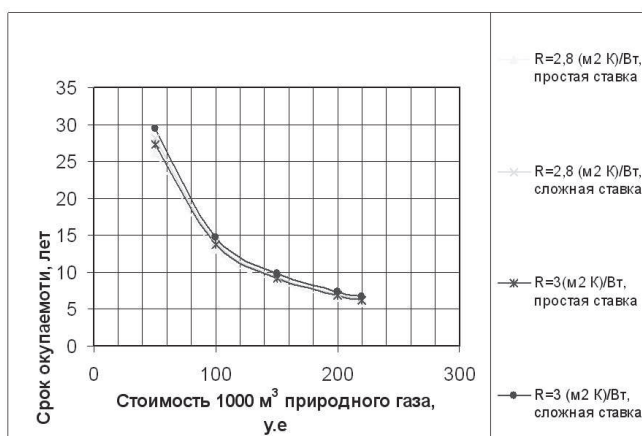


Рисунок 3. Зависимость срока окупаемости тепловой изоляции из ПСБ-С от стоимости природного газа

При проведенні економічних оцінок окупаемости енергосберегаючих заходів особливо важливим фактором є базова ціна конструкції. Здебільшого, як базову ціну приймають інвойсну ціну системи утеплення. Однак особливістю формування ціни в нашій будівельній практиці є те, що ціна систем фасадного утеплення, в основному, визначається не ціною утеплювача, т.е. того елемента конструкції, який і визначає енергетичний ефект від застосування системи в цілому, а ціною декоративних матеріалів. Особливо цей підхід переважає в системах фасадного утеплення з вентиляруваною повітряною прослойкою і промисловим декоративним зовнішнім шаром, ціна матеріалів якого в декілька разів перевищує ціну безпосередньо теплоізоляційного шару. Для розрахунків економічної ефективності енергосберегаючих конструкцій концептуально слід розглядати ціну саме тих елементів конструкції, які і визначають енергетичні її параметри. Облицювальні шари систем утеплення, виконані як захисні, так і архітектурні функції, повинні порівнюватися за їх ціною з аналогічними конструктивними елементами, які обов'язково застосовуються при проведенні реконструкції будівель для надання їм сучасного зовнішнього вигляду, навіть якщо будівля не утеплюється. Наприклад, якщо розглядати масивні системи фасадного утеплення, то ціна штукатурного зовнішнього шару системи не перевищує ціну нової штукатурки, яку в будь-якому випадку необхідно наносити на фасад будівлі після 20-40 років її експлуатації. Це стосується і систем фасадного утеплення з вентиляруваною повітряною прослойкою – якщо застосовують систему навісного фасаду при реконструкції будівлі, то і порівнювати економіку слід з аналогічною конструкцією без його утеплення.

З результатів розрахунку за формулою (11) випливає, що при підвищенні цін на паливо пропорційно зменшуються терміни окупаемости систем утеплення. Однак це, ймовірно, не відображає реальну картину, якщо взяти до уваги те, що при виробництві теплоізоляційних матеріалів, особливо виробів з мінеральної вати, природний газ не може не використовуватися. Це відповідно підвищує ціну теплоізоляційних матеріалів з ростом цін на паливо. Якщо розглянути структуру формування ціни теплоізоляційних матеріалів, то статистично можна прийняти, як граничну оцінку, збільшення номінальної ціни одиниці теплоізоляційного матеріалу приблизно в 1,5 рази при зростанні ціни 1000 м^3 природного газу в 2 рази. Це означає, що з ростом ціни 1000 м^3 палива ціна матеріалів зростає в геометричній прогресії з коефіцієнтом, рівним 1,5, і степенню, визначеною за формулою:

$$\zeta = \log_2 \frac{C_{re}}{C_2}, \quad (12)$$

где C_{re} и C_2 - соответственно реальная и номинальная стоимость 1000 м^3 природного газа

Реальная стоимость номинальной единицы материала определяется как:

$$C_{re} = C_n \cdot 1,5^\zeta. \quad (13)$$

где C_{re} – реальная стоимость единицы теплоизоляционного материала,
 C_n – номинальная стоимость единицы теплоизоляционного материала.

При этом начальная стоимость материалов считается принятой при номинальной стоимости 1000 м^3 природного газа равной 50 у. е. – стоимости, когда осуществлялось проектирование и изготовление конструкций здания, подлежащего реконструкции в текущий период времени. Ниже приведены результаты расчета окупаемости установки дополнительной теплоизоляции с учетом данного фактора (рисунки 4÷6). В этом случае, как можно заметить, при возрастании стоимости 1000 м^3 природного газа в 2 раза, срок окупаемости уменьшается примерно в 1,3 раза вместо 2 раз, что больше соответствует действительности. Однако, и при более жесткой оценке экономической эффективности сроки окупаемости при существующих ценах на энергоносители являются вполне приемлемыми с точки зрения долгосрочных инвестиций, имеющих стратегическое для государства значение – максимально 25 лет при применении материалов на основе газобетона, до 13 лет – при применении минераловатных теплоизоляционных изделий.

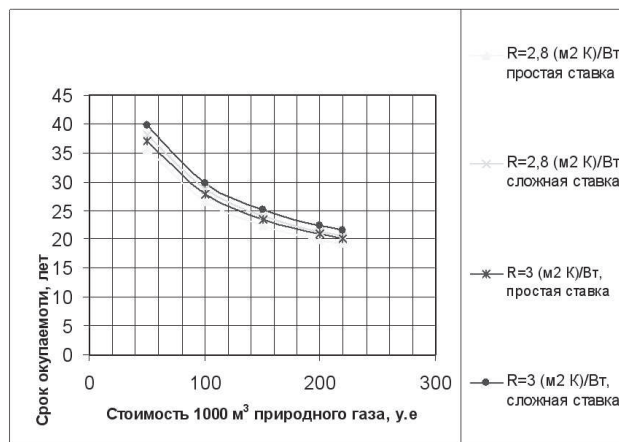


Рисунок 4. Зависимость срока окупаемости тепловой изоляции из газобетона от стоимости природного газа при учете изменения стоимости утеплителя

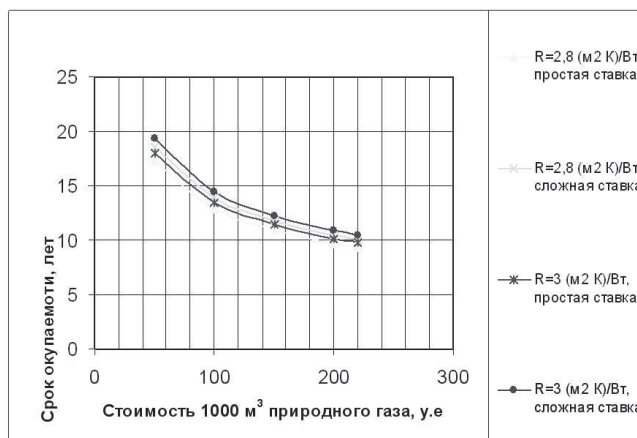


Рисунок 5. Зависимость срока окупаемости тепловой изоляции из минераловатных изделий от стоимости природного газа при учете изменения стоимости утеплителя

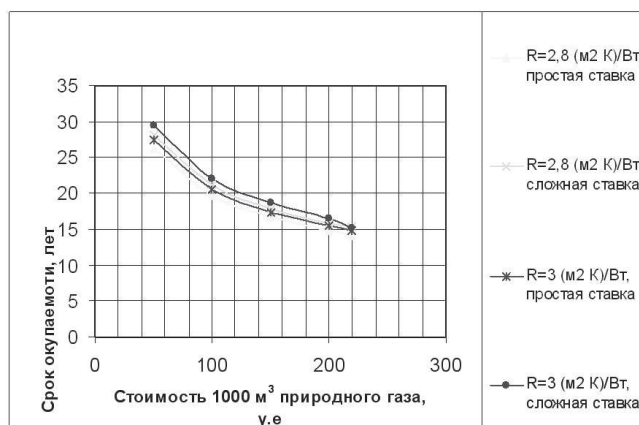


Рисунок 6. Зависимость срока окупаемости тепловой изоляции из ПСБ-С от стоимости природного газа при учете изменения стоимости утеплителя

При прогнозной цене 1000 м³ газа порядка 220 у.е. сроки окупаемости соответственно снижаются до 20 и 11,5 лет.

Выводы

1. Повышение требований к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, проведенное в Украине в 1994-1996 г.г. [2], выполняло только стратегические задачи государства по экономии энергии и не носило экономической привлекательности к применению энергосберегающих конструкций и технологий, внедрение которых по своему принципу осуществлялось административным путем.

2. При существующих ценах на энергоносители внедрение энергосберегающих конструкций уже является экономически выгодным. Дальнейшее повышение этих цен в еще большей степени повысит экономическую привлекательность для бизнеса в области энергосбережения и повышения энергоэффективности строительных объектов.

Перечень ссылок

1. **ДБН В.2.6-31:2006** Теплова ізоляція будівель
2. **СНиП 2.04.05-91** Отопление, вентиляция и кондиционирование

Получено 03.04.07