

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В УТЕПЛЕНИЕ ФАСАДОВ

А. С. ГОРШКОВ, к. т. н., доцент кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений» ФГАОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Постановка задачи

Обеспечение энергетической эффективности проектируемых и строящихся зданий является важной государственной задачей. Однако вопросы энергосбережения важны не только для вновь проектируемых зданий, но и для существующего жилого фонда.

Суммарный объем зданий, построенных по новым теплозащитным нормативам, вступившим в действие с 2000 года, составляет не более 5% от объема всего жилого фонда в России. По этой причине в ближайшие годы наиболее актуальной станет проблема уменьшения потребления тепловой энергии в зданиях, построенных до 2000 года.

В настоящее время в нашей стране реализуется государственная программа по проведению капитальных ремонтов в существующих зданиях. Важно, чтобы эта программа коррелировала с программой энергосбережения. При этом не следует игнорировать экономическую составляющую инвестиционных проектов при реализации данной программы. Энергосберегающие мероприятия должны не только приводить к уменьшению объемов потребляемой зданиями энергии, но и быть окупаемыми.

Актуальность рассматриваемой проблемы

Одним из способов снижения потерь тепловой энергии на отопление является дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, чердачных перекрытий, наружных дверей и пр.). Повышение уровня теплоизоляции ограждающих конструкций приводит к уменьшению так называемых трансмиссионных потерь тепловой энергии. Чем меньше потери тепла в здании, тем меньше тепловой энергии потребуется подвести к зданию от источника теплоснабжения для компенсации трансмиссионных потерь тепловой энергии в нем (при обеспечении нормативных показателей микроклимата). Таким образом, утепление приводит к уменьшению потребляемой в здании энергии и, следовательно, к сокращению платежей за отопление.

На этом принципе основан экономический эффект, достигаемый при утеплении фасадов. Однако реализация данного мероприятия потребует дополнительных капитальных вложений. Капитальные вложения в реновацию и утепление фасадов являются одновременными. Уменьшение эксплуатационных расходов на отопление при этом будет наблюдаться как после окончания первого отопительного периода, так и после последующих, т. е. эта (прибыльная) составляющая инвестиций растянута во времени. По истечении некоторого периода времени суммарный экономический эффект от утепления может компенсировать начальные одновременные капвложения. Этот период времени и является прогнозируемым сроком окупаемости. На этом

принципе основана, в том числе, оценка экономической целесообразности уровня теплозащиты зданий.

При рассмотрении вопроса утепления существующих зданий следует отметить тот факт, что здания, построенные по нормативам, действовавшим до введения в действие Федерального закона РФ «Об энергосбережении...» (ФЗ № 261 от 23 ноября 2009 г.), морально (но не физически) устарели — в части, обусловленной недостаточным уровнем тепловой защиты наружных ограждающих конструкций. С введением программы энергосбережения повысились, в том числе, нормативные требования к уровню тепловой защиты зданий.

По этой причине существующие здания не соответствуют новым нормативным требованиям, и единственной возможностью, способной привести их в соответствие новым нормативным требованиям, является утепление существующих зданий до современного или еще более высокого уровня по теплоизоляции.

Модель расчета

Для расчета сроков окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление фасадов существующего многоквартирного жилого здания, использован метод приведенных затрат. Для простой (бездисконтной) окупаемости инвестиций получено следующее основное уравнение:

$$T = \frac{K_2}{\Theta_1 - \Theta_2} = \frac{\Delta K}{\Delta \Theta}, \quad (1)$$

где ΔK — капитальные затраты на возведение 1 м² наружной стены, разность капитальных затрат, приведенных к 1 м² наружной стены, руб./м²,

Θ_1 — эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м² наружной стены за один отопительный сезон до проведения утепления, руб./м² · год,

Θ_2 — эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м² наружной стены за один отопительный сезон после утепления стен, руб./м² · год,

$\Delta \Theta$ — разность потерь тепловой энергии через 1 м² наружной стены до проведения мероприятий по утеплению фасадов существующего здания (Θ_1) и после утепления (Θ_2).

В формуле (1) годовая экономия денежных средств $\Delta \Theta$, руб./м², достигаемая в результате проведения работ по реновации фасадов существующего здания и уменьшения тем самым трансмиссионных потерь тепловой энергии, определяется следующим образом:

$$\Delta \Theta = (U_1 - U_2) \cdot \frac{0,024 \cdot \text{ГСОП}}{1163} \cdot c_T, \quad (2)$$

где U_1 — коэффициент теплопередачи (U-value) наружных стен существующего здания до проведения работ по реновации (утеплению) фасадов, Вт/(м² · °С),

U_2 — коэффициент теплопередачи (U-value) наружных стен существующего здания после проведения работ по реконструкции (утеплению) фасадов, Вт/(м² · °С),

ГСОП — градусо-сутки отопительного периода, °С · сут., 0,024 и 1163 — переводные коэффициенты,

c_T — стоимость тепловой энергии на отопление в данном населенном пункте, руб./Гкал.

Отметим, что срок окупаемости, рассчитываемый по формуле (1) не учитывает:

- рост тарифов на тепловую энергию,
- проценты по кредиту (в случае использования заемных средств на проведение мероприятий по утеплению наружных стен здания),
- дисконтирование будущих денежных поступлений.

По этой причине рассчитанное по формуле (1) значение прогнозируемого срока окупаемости инвестиций можно рассматривать только как оценочное.

Если строительная компания или физическое лицо для выполнения работ по утеплению фасадов использует собственные (не заемные) средства, то капитальные затраты ΔK будут равны сметной стоимости работ. В случае если для выполнения работ исполнителем используются заемные средства (предоставленный банком кредит), при аннуитетных ежемесячных платежах суммарные инвестиции в энергосбережение $\Delta \tilde{K}$ следует определять по формуле:

$$\Delta \tilde{K} = m \cdot A \cdot \Delta K, \quad (3)$$

где m — число периодов погашения кредита (например, если кредит взят на 1 год: $m = 12$, если на 2 года: $m = 24$ и т. д.),

A — коэффициент аннуитета,

ΔK — собственные средства исполнителя работ (инвестиции без учета платежей по кредиту).

Коэффициент аннуитета A рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{p_{кр} \cdot (1 + p_{кр})^m}{(1 + p_{кр})^m - 1}, \quad (4)$$

где $p_{кр}$ — месячная процентная ставка банка по кредиту, выраженная в сотых долях в расчете на периодичность платежей (например, для случая 12% годовых и ежемесячных платежей: $p_{кр} = 0,12/12 = 0,01$),

m — то же, что и в формуле (3).

Из анализа формул (1) и (2), в частности, следует, что при заданном реализованном проекте утепления фасадов ($\Delta U = U_1 - U_2$) в заданном климатическом районе (ГСОП) скорость возврата вложенных средств зависит только от стоимости тепловой энергии на отопление ст и динамики ее изменения со временем (роста тарифов на тепловую энергию).

Тарифы на тепловую энергию ежегодно возрастают. Это означает, что с каждым последующим годом (отопительным периодом) годовая экономия денежных средств $\Delta \mathcal{E}_i$ будет увеличиваться.

Однако при рассмотрении данной модели следует учитывать, что сэкономленные в последующие годы денежные средства должны быть рассчитаны исходя из фактической стоимости денег через n лет, т. е. будущие денежные потоки должны быть дисконтированы.

С учетом обозначенных выше факторов прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в дополнительное утепление фасадов определяется выражением:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K}}{\Delta \mathcal{E}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]}, \quad (5)$$

где $\Delta \tilde{K}$ — то же, что в формуле (3), руб./м²,

$\Delta \mathcal{E}$ — то же, что в формуле (2), руб./м²,

r — средний ежегодный рост стоимости тарифов на тепловую энергию,

i — процентная ставка.

Уравнение (5) позволяет вычислить период окупаемости T рассматриваемого энергосберегающего мероприятия с учетом суммарных капитальных затрат на его реализацию ($\Delta \tilde{K}$), платежей по кредиту ($p_{кр}$), роста стоимости тарифов на тепловую энергию (r), дисконтирования будущих денежных потоков (i), достигаемых за счет экономии средств в результате данного энергосберегающего мероприятия.

Отметим, что уравнение (5) позволяет вычислить период окупаемости любого энергосберегающего мероприятия или технического решения, в том числе инженерного. Важно лишь правильно оценить его энергосберегающий потенциал ($\Delta \mathcal{E}$) и капитальные затраты на его реализацию ($\Delta \tilde{K}$).

Мерой дисконтирования будущих денежных потоков можно выбрать средний уровень инфляции за определенный промежуток времени (например, за 5 или 10 последних лет), ставку рефинансирования Центрального Банка, доходность альтернативных вложений (например, депозит), прочие факторы, влияющие на величину будущих денежных потоков.

Следует отметить, что в уравнение (5) входит несколько переменных в течение времени параметров, в частности — динамика роста тарифов на тепловую энергию (выраженная через параметр r) и процентная ставка (i), по которой оценивается дисконтирование будущих денежных потоков, накапливаемых в результате внедрения заданного энергосберегающего мероприятия. В настоящее время невозможно определенно знать, как эти переменные параметры будут меняться с течением времени в будущем. Поэтому для решения задачи оценки прогнозируемого срока окупаемости вложенных в энергосбережение инвестиций можно лишь построить несколько возможных (вероятных) сценариев изменения переменных величин, входящих в уравнение (5), и выбрать из перечня полученных данных наиболее вероятный сценарий.

Пример расчета

Рассмотрим вариант утепления наружных стен здания, построенного в Санкт-Петербурге до 2000 года. Примем, что сопротивление теплопередаче наружных стен соответствует требованиям, принимаемым к ограждающим конструкциям до 2000 года, и составляет $R_0^{исх} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

При $R_0^{исх} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ получим, что U_1 (см. формулу (2)) равно $1,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$.

Количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП) для Санкт-Петербурга — $4796 \text{ °С} \cdot \text{сут}$. Отопление в здании — централизованное (от городской ТЭЦ). Стоимость тепловой энергии $c_T = 1351,25 \text{ руб./Гкал}$ с учетом НДС (см. Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга № 589-р от 20.12.2012 г.).

Требуется утеплить наружные стены существующего здания до соответствия их современным требованиям к уровню тепловой защиты (СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий») и рассчитать срок окупаемости мероприятий по дополнительному утеплению. В качестве утеплителя примем изделия минераловатные, предназначенные для проведения фасадных работ с тонким штукатурным слоем по слою утеплителя. Рассчитаем требуемую толщину утеплителя $\delta_{тр}$, м. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$\delta_{тр} = (R_0^{тр} - R_0^{исх}) \frac{\lambda_{ут}}{r_{т.о.}}, \quad (6)$$

где $R_0^{тр}$ — требуемое (нормируемое) значение сопротивления теплопередаче наружных стен здания, м² · °С/Вт,

$R_0^{исх}$ — исходное (фактическое) значение сопротивления теплопередаче наружных стен зданий до проведения мероприятий по их дополнительному утеплению, м² · °С/Вт,

$\lambda_{ут}$ — теплопроводность утеплителя, Вт/(м · °С), принимается для условий эксплуатации Б(λ_B),

$r_{т.о.}$ — коэффициент теплотехнической однородности дополнительного слоя утеплителя.



Энергосберегающие мероприятия должны не только приводить к уменьшению объемов потребляемой зданиями энергии, но и быть окупаемыми.

Примем для минераловатного утеплителя коэффициент теплопроводности в условиях эксплуатации $B(\lambda_B)$ равным $0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, а коэффициент теплотехнической однородности $r_{т.о.}$ равным $0,8$.

Требуемое (нормируемое) сопротивление теплопередаче для наружных стен жилых зданий применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга ($G_{СОП}=4\,796 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$) $R_0^{тп}=3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Значению сопротивления теплопередаче $3,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ соответствует коэффициент теплопередачи $U_2 = 0,325 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. С учетом того, что фактическое сопротивление теплопередаче неутепленного здания принято равным $1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, требуемое значение толщины слоя теплоизоляции $\delta_{тп}$ составит:

$$\delta_{тп} = (R_0^{тп} - R_0^{нск}) \cdot \frac{\lambda_{ут}}{r_{т.о.}} = (3,08 - 1,0) \cdot \frac{0,045}{0,8} = 0,117 \text{ (м)}$$

Соответственно, для дальнейших расчетов примем, что требуемая толщина минераловатного утеплителя составляет 120 мм . Капитальные затраты на дополнительное утепление наружной стены существующего здания толщиной утеплителя 120 мм с последующим нанесением тонкого штукатурного покрытия ΔK примем равными $1\,950 \text{ руб.}/\text{м}^2$.

Примем, что для финансирования работ по утеплению существующего здания строительная компания взяла кредит под $14,5\%$ годовых на 3 года ($m = 36$).

В этом случае коэффициент аннуитета составит:

$$A = \frac{p_{кр} \cdot (1 + p_{кр})^m}{(1 + p_{кр})^m - 1} = \frac{0,012 \cdot (1 + 0,012)^{36}}{(1 + 0,012)^{36} - 1} = 0,034$$

Тогда суммарные инвестиции $\tilde{\Delta K}$ на реализацию энергосберегающего проекта с учетом платежей по кредиту составят (при аннуитетных ежемесячных платежах):

$$\tilde{\Delta K} = m \cdot A \cdot \Delta K = 36 \cdot 0,034 \cdot 1950 = 2\,386,8 \text{ (руб.}/\text{м}^2)$$

Рассчитаем по формуле (2) величину уменьшения эксплуатационных затрат за первый отопительный период в результате внедрения энергосберегающих мероприятий:

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E} &= (U_1 - U_2) \cdot \frac{0,024 \cdot G_{СОП}}{1163} \cdot c_T = \\ &= (1 - 0,325) \cdot \frac{0,024 \cdot 4796}{1163} \cdot 1351,25 = 90,3 \text{ (руб.}/\text{м}^2) \end{aligned}$$

Средняя величина относительного роста тарифов на тепловую энергию в год (Δc_T) в Санкт-Петербурге составляет 16% . Таким образом, среднегодовой рост тарифов на тепловую энергию (r) примем равным $0,16$.

Дисконтирование будущих денежных потоков (i) произведем по ставке рефинансирования ЦБ РФ ($8,25\%$), т. е. параметр i при расчете срока окупаемости инвестиций примем равным $0,0825$.

На основании полученных исходных данных произведем расчет времени окупаемости инвестиций в утепление фасадов существующего здания.

Получим:

$$\begin{aligned} T &= \frac{\ln \left[1 + \frac{\tilde{\Delta K}}{\Delta \mathcal{E}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]} = \\ &= \frac{\ln \left[1 + \frac{2386,8}{90,3} \cdot \frac{(0,16 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,16}{1 + 0,0825} \right]} = 15,4 \text{ (лет)} \end{aligned}$$

В случае если строительная компания будет использовать собственные средства (не заемные) на проведение работ по реновации фасадов с последующим их утеплением, срок окупаемости инвестиций составит:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K}{\Delta \mathcal{E}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1950}{90,3} \cdot \frac{(0,16 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,16}{1 + 0,0825} \right]} = 13,5 \text{ (лет)}$$

Таким образом, при сложившейся экономической и тарифной ситуации в России окупаемость инвестиций в утепление фасадов существующих зданий применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга составит примерно 15 лет.

Примечание.

Представленные выше расчеты и выводы справедливы при проведении работ по реновации (утеплению) фасадов и при одновременной установке АИТП (авторегулирования параметров теплоносителя) на вводе в здание. В противном случае утепление фасадов может привести лишь к повышению температуры внутреннего воздуха в эксплуатируемых помещениях и не обеспечит получение заявленного энергосберегающего эффекта (фактическое снижение эксплуатационных расходов может оказаться меньше расчетных значений).

Факторами, положительно влияющими на уменьшение срока окупаемости инвестиций в реновацию фасадов, являются:

- динамика роста тарифов на тепловую энергию (r),
- уменьшение процентных ставок банка по кредиту ($p_{кр}$),
- снижение инфляции или рисков (i),
- увеличения параметра $\Delta \mathcal{E}$, отражающего разность потерь тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены до проведения мероприятий по утеплению фасадов существующего здания и после утепления (увеличение $\Delta \mathcal{E}$ может быть достигнуто только за счет увеличения толщины слоя теплоизоляции, что автоматически приведет к увеличению капитальных затрат $\tilde{\Delta K}$, и неизвестно, какой из этих параметров будет увеличиваться быстрее),
- уменьшение стоимости капитальных затрат на утепление $\tilde{\Delta K}$ (что, впрочем, может привести к ухудшению качества строительно-монтажных работ).

Поэтому единственным объективным фактором, влияющим на сокращение прогнозируемого срока возврата инвестиций по формуле (5), является разница $(r - i)$ между ежегодным относительным ростом тарифов и коэффициентом, отражающим дисконтирование будущих денежных потоков (инфляция, риски, альтернативные вложения и пр.), а также уменьшение процентных ставок банка по кредиту ($p_{кр}$) в случае использования компанией для реализации данного энергосберегающего мероприятия заемных средств. □