

Особенности технико-экономической оценки проектов по внутреннему утеплению стеновых конструкций

С.Ю. Кадокова, И.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Энергосбережение в строительной отрасли предполагает установку дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций. Но толщина наружной стеновой конструкции имеет предел. После определённой толщины денежные затраты на утепление растут медленней, чем суммы, сэкономленные на отоплении. Большая цепочка участников инвестиционных энергосберегающих проектов (ИЭП) ведёт к значительному сроку их окупаемости. Предлагается использовать технологию внутреннего утепления наружных стен с минимальным количеством участников ИЭП. Дается расчёт экономического эффекта. Оценку ИЭП следует проводить с учётом энергозатрат на протяжении всего жизненного цикла предлагаемой строительной конструкции.

Ключевые слова: энергосбережение, энергетическая эффективность, теплоизоляция ограждающих конструкций, ИЭП, коэффициент дисконтирования, энергосервис.

Проблема энергосбережения и повышения энергетической эффективности постоянно находится на контроле руководства страны. Так, в сентябре 2023 г. Постановлением Правительства РФ № 1473 от 09.09.2023 была утверждена новая государственная программа по этой тематике, в которой предполагается снижение энергоёмкости ВВП страны на 35% по сравнению с уровнем 2019 г.

Одной из наиболее энергоёмких отраслей народного хозяйства является жилищно-коммунальная сфера, с которой тесно связаны процессы нового строительства, капитального ремонта, реконструкции зданий и сооружений. В свою очередь, наиболее существенным компонентом, определяющим показатель энергоёмкости региональных валовых продуктов, является потребление тепловой энергии на нужды отопления как в жилом, так и в нежилом секторе.

В качестве первого шага решения проблемы согласно федеральному закону №261-ФЗ «Об энергоснабжении...» была создана система учёта потребляемых ресурсов в зданиях различного назначения, которая

охватывает практически все строящиеся, а также большинство эксплуатируемых объектов. Эта система даёт возможность получать данные учёта теплоресурсов потребителю и поставщику, несмотря на наличие вопросов относительно:

- учёта расхода тепла на отопление зданий ранних годов постройки, который оказывается больше требуемого современными нормативами;
- эксплуатации конкретных узлов учёта тепловой энергии и необходимости их замены через 10–15 лет (стоимость возрастает пропорционально инфляционным показателям и из-за поставок комплектующих по более сложным логистическим цепочкам).

Эти данные служат исходным аналитическим фундаментом для принятия к реализации программ реконструкции и капитального ремонта зданий или их элементов, для организации технического обслуживания с учётом жизненного цикла объектов капитального строительства. Принимая во внимание, что плата за тепло составляет более половины суммы месячного тарифа за коммунальные услуги, анализ учётных данных, как правило, показывает необходимость в первую очередь осуществлять утепление ограждающих строительных конструкций объекта реконструкции.

Опыт капитального ремонта жилых зданий массовых серий показал, что за счёт применения наружной теплоизоляции из минераловатных плит увеличение приведённого сопротивления теплопередаче ($R_{пр}$) наружных стен с 1,0 до 3,13 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт; чердачного перекрытия с 1,47 до 4,12 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт; замена окон с $R_{пр} = 0,34$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт на стеклопакеты с $R_{пр} = 0,54$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт позволит снизить расход тепловой энергии за отопительный период в домах различных строительных серий на 34–38% [1]. Следует отметить, что исходные значения коэффициентов сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций соответствовали санитарной норме по перепаду между температурой внутреннего воздуха и внутренней поверхности

ограждающей конструкции. Вопрос зависимости величины расхода тепловой энергии на отопление здания от величины сопротивления теплопередаче стен обсуждается также в статье специалиста из Финляндии [2].

Вместе с тем бесконечное увеличение теплозащиты ограждающих конструкций невозможно по экономическим причинам. Каждый рубль, потраченный на покупку и монтаж дополнительного слоя теплоизоляционной конструкции, приносит всё меньше теплотехнического эффекта, так как эти дополнительные слои экономят всё меньше уходящий из помещений тепловой энергии.

Вопросом оптимизации толщины слоя материала, имеющего низкий коэффициент теплопроводности, посвящён ряд работ, в том числе и фундаментальных [3]. В этой монографии предложено сравнивать капитальные затраты K на устройство теплоэффективной конструкции с ежегодными отчислениями на амортизацию $C_{с.о}$ и текущий ремонт $C_{огр}$ с затратами на отопление здания, вернее с экономией, которая образуется в платежах за данную коммунальную услугу после проведения работ по дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций. Аналогичный подход изложен в работе [4], где дополнительно учтены коэффициенты дисконтирования, применяемые к ценообразованию на монтажные работы (со стоимостью материалов) и на тарифы на горячую воду (теплоноситель). Идентичная методика декларируется в диссертационной работе [5], а также в многочисленных статьях из специализированных журналов [6–8].

Область применения данной методики достаточно узка: она касается только стопроцентных владельцев строений, желающих уменьшить эксплуатационные затраты на обеспечение своей собственности энергоресурсами. Именно поэтому собственник недвижимости может планировать свои капитальные затраты, от которых вправе получать определённый экономический эффект и, следовательно, знать вероятностный

срок окупаемости вложений в энергосберегающий инвестиционный проект (ЭИП). В случае с многоквартирными домами дополнительное утепление ограждающих конструкций финансируется из следующих источников:

- регионального фонда капитального ремонта;
- денег, собранных собственниками квартир (ТСЖ) по решению общего собрания;
- кредитных денег энергосервисной компании, которая впоследствии получает соответствующие платежи с жильцов за период окупаемости ЭИП.

По решению общего собрания жильцов управляющая компания может нанять инвестора, например, банковскую структуру, который обеспечит выполнение ЭИП с оплатой в рассрочку.

Таким образом достигаются следующие цели:

- региональный орган власти отчитывается за снижение на его территории потребления тепловой энергии на отопление и освобождение тепловых мощностей. Правда, при этом по другим, как правило Федеральным программам (схемам теплоснабжения), строятся новые, часто не загруженные котельные, замедляющие когенерационные установки ТЭЦ;
- банки кредитуют под высокий процент управляющие компании, энергосервисные фирмы, подрядные организации для выполнения энергосберегающих строительных проектов;
- жильцы многоквартирных домов могут рассчитывать, что после расчётов со всеми промежуточными участниками ЭИП у них исчезнет из платёжных документов строка о кредитных платежах, замаскированная под другие наименования, и уменьшится плата за отопление дома, несмотря на повышение тарифов за тепло.

Одновременно решаются так называемые рыночные цели: рост ВВП и получение прибыли. Производители материалов и оборудования выпускают продукцию, которая имеет платежеспособный спрос. Подрядные

организации в свою очередь выполняют строительно-монтажные работы. Управляющие компании и ТСЖ отчитываются за экономию тепловой энергии, хотя вычислить долю этой экономии, отнесённой только за счёт утепления фасадов, невозможно. Поставщики тепловых ресурсов и энергоносителей в договорных документах прописывают условия оплаты поставки не менее определённого объёма (газ можно не получать, но платить за него – обязательно). Соответственно, все субъекты хозяйственных отношений платят налоги в разные бюджеты. Есть случаи, когда некоторые энергосберегающие мероприятия становятся весьма актуальными для отдельных потребителей. Речь идёт об утеплении стен или их частей с внутренней стороны [9].

Об этом, в частности, говорится в [10, 11]. Наряду с рекомендацией об уменьшении теплопотерь через оконные проёмы в ночное время с помощью шторных устройств предлагаются конструкции радиаторных экранов, представляющие собой воздушную прослойку каркасного типа, внутри которой волнообразно и наклонно размещена алюминиевая фольга. Такое техническое решение применимо для использования в домах современной постройки, в которых каждая квартира снабжена собственным тепловым счётчиком, установленным на своей части отопительной системы (при адекватном использовании данной системы учета). Другой сферой применения рассматриваемой энергосберегающей технологии является установка экранов за радиаторами отопления в государственных учреждениях (школах, детских садах, поликлиниках, музеях и т. п.). Там, где службы эксплуатации могут контролировать избыточные расходы тепловой энергии: следить за соблюдением температурного графика, снижать теплопотребление в ночные часы и выходные дни, использовать фасадное регулирование, ночное зашторивание оконных проёмов (включая приточные решётки в конструкциях рам стеклопакетов), имея при этом доступ в любое

время во все помещения здания. Важным условием в этом случае является недопустимость хозрасчётных отношений для таких учреждений, т. е. ученики, посетители музея и театра, больные не участвуют прямо или косвенно, например через платежи ОМС, в расчётах за тепло, воду и электричество.

В качестве базового научного метода оценки экономической эффективности предлагаемого внутреннего утепления стен примем методологию расчёта приведённых затрат на дополнительное утепление в двух вариантах:

- без использования кредитных ресурсов (индивидуальное владение и государственные программы);
- с использованием кредитных денег (энергосервисный контракт).

Рассмотрим конструкцию радиаторного экрана, включающую гофрированную алюминиевую плёнку размером $1200 \times 700 \times 25$ мм, размещённую за радиатором, срок службы которого 25 лет. Общая площадь гофрированной поверхности – $5,5 \text{ м}^2$, достигнутое значение сопротивления теплопередаче $R_{\text{пр}} = 0,97 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. Таким образом уменьшение теплового потока изнутри наружу составит $Q = F(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})/R_{\text{пр}} = 1,2 \cdot 0,7 (20 + 24)/0,97 = 38,1 \text{ Вт} = 32,8 \text{ ккал/ч}$. Соответственно годовой расход тепла (за отопительный период) $Q_{\text{от}} = z_{\text{от}} \cdot 24 \cdot Q (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) / (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 211 \cdot 24 \cdot 32,8 (20 + 1,2) / 44 = 80029 \text{ ккал/год}$. Принимая текущую стоимость тепловой энергии объёмом 1 Гкал для Санкт-Петербурга на эту зиму $c = 2595 \text{ р.}$, ожидаемая экономия по счетам за отопление на одно место радиатора составит $C = Q_{\text{год}} \cdot c = 0,08 \cdot 2595 \approx 208 \text{ р.}$ Стоимость работы, выполняемой «самозанятым» специалистом, с изготовлением экрана (каркас, гипсокартонная плита, алюминиевая фольга) оценивается в 1200–1600 р. за место. Таким образом, государственное учреждение получает экономию тепла, оправдывающую затраты на внутреннее утепление приблизительно на 8 лет, что вполне приемлемо.

Единственное, что следует учесть – необходимость, согласно правилам бухгалтерского учёта, из сэкономленных сумм производить амортизационные отчисления на восстановление экрана в период следующего капитального ремонта, размещаемые, например, на депозитных счетах в банках со страхованием вкладов.

Несколько иной будет картина в случае привлечения заёмных средств. Согласно формуле сложных процентов коэффициент удорожания денег составит $K = (1 + r)^\tau$.

Тогда для суммы $A = 100000$ р. заёмных средств сегодня, переплата по процентам к концу восьмого года составит:

$$C = \sum_{\tau=1}^8 A(1 + r)^\tau = 125795 \text{ р.}$$

где A – приведенные затраты, р.; r – банковский процент, 10 %; τ – срок кредитования.

При этом считаем, что тарифы растут ежегодно с такой же десятипроцентной скоростью.

Ещё хуже дело обстоит, когда в процесс утепления конструкций включается юридическое лицо-посредник, например, подрядная организация, которая сама берёт кредиты на производство работ, а затем сдаёт в аренду выполненный энергосберегающий элемент, конечно за более высокую плату, так как учитывает свои накладные расходы, прибыль и т. д.

Может появиться и дополнительный рыночный участник – энергосервисная компания, которая, в свою очередь, заключает договоры на производство работ с подрядчиками, и конечно, учитывает свои интересы. Такими компаниями могут служить и сами банковские структуры.

Таким образом можно сделать следующие выводы по особенностям технико-экономической оценки предлагаемого варианта утепления стеновых конструкций изнутри:

1. Экономические расчёты по методу приведённых затрат могут использоваться только для собственников строительных объектов (от зданий до квартир), которые являются инвесторами энергосберегающих проектов.

2. Включение в ЭИП участников-кредиторов; участников-арендодателей смонтированного оборудования и конструкций; участников, эксплуатирующих оборудование и конструкции, обеспечивает занятость, повышение объёмов основных средств и круговорот платежей, но не уменьшает расходы собственников здания на отопление (вентиляция отключена). Ожидаемый по годовой расчёт движения денежных потоков должен быть произведён в бизнес-плане ЭИП и непрерывно корректироваться.

3. Целеполаганием программ по энергосбережению и, соответственно, уменьшению углеродного следа на всём протяжении жизненного цикла строительной конструкции является экономия первичных ресурсов, в первую очередь – газа. Любой строительный элемент должен рассматриваться с точки зрения оценки его удельной энергоёмкости по изготовлению, монтажу и эксплуатации [12, 13].

4. С технической точки зрения улучшение теплоизолирующей характеристики радиаторного экрана возможно за счёт применения, например, фольгированных базальтовых прошивных матов толщиной 5 мм, волнообразно уложенных в каркас. Это ожидаемо повысит сопротивление теплопередаче такого радиаторного экрана до $R_{пр} = 1,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Литература

1. Табунщиков Ю.А., Ливчак В.И., Гагарин В.Г., Шилкин Н.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // АВОК. 2009. №5. С. 38–44.

2. Сеппанен О. Требования к энергоэффективности зданий в странах ЕС // Энергосбережение. 2010. № 7. С. 32–37.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. 3-е изд. СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. 400 с.
4. Дмитриев А.Н., Ковалев И.Н., Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. 120 с.
5. Горшков А.С. Разработка научных и методологических принципов повышения эффективности использования энергетических ресурсов на предприятиях текстильной и легкой промышленности и снижения энергоемкости выпускаемой продукции: специальность: 05.02.22 – Организация производства (текстильная и легкая промышленность): автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / А.С. Горшков, 2019. 32 с.
6. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Об оценке энергетической эффективности энергосберегающих мероприятий // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. 2014. № 2. С. 26–29.
7. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Определение экономически целесообразной теплозащиты офисного здания со значительными теплоизбытками // С.О.К. 2017. № 2 С. 88–91.
8. Табунщиков Ю.А., Ковалев И.А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен здания. Системные аспекты // Энергосбережение. 2017. № 8. С. 20–27.
9. Basińska M., Kaczorek D., Koczyk H. Economic and Energy Analysis of Building Retrofitting Using Internal Insulations // Energies. 2021, 14(9), 2446. doi.org/10.3390/en14092446

10. Иванова Ю.В., Федорова И.В., Кадокова С.Ю. Методы повышения тепловой защиты стеновых конструкций зданий // Инженерный вестник Дона. 2023. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8497.

11. Иванова Ю.В., Кадокова С.Ю. Метод расчета дополнительного внутреннего утепления строительных конструкций. // Инженерный вестник Дона. 2024. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9077.

12. Савин В.К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение. М.: Лазурь, 2005. 432 с.

13. Стахов А.Е., Андреев А.А. Энергетическая оценка решений тепловой защиты с позиции жизненного цикла зданий // АВОК. 2020. №4. С. 56–59.

References

1. Tabunshchikov Yu.A., Livchak V.I., Gagarin V.G., Shilkin N.V. AVOK. 2009. №5. P. 38–44.

2. Seppanen O. ES Energoberezhnie. 2010. № 7. P. 32–37.

3. Bogoslovskij V.N. Stroitel'naya teplofizika [Building thermophysics]. 3-e izd. SPb.: AVOK Severo-Zapad, 2006. 400 p.

4. Dmitriev A.N., Kovalev I.N., Tabunshchikov Yu.A., Shilkin N.V. Rukovodstvo po ocenke ekonomicheskoy effektivnosti investitsij v energosberegayushchie meropriyatiya [Guide to assessment of the economic efficiency of investments in energy-saving measures]. M.: AVOK-PRESS, 2005. 120 p.

5. Gorshkov A.S. Razrabotka nauchnyh i metodologicheskikh principov povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh resursov na predpriyatiyah tekstil'noj i legkoj promyshlennosti i snizheniya energoemkosti vypuskaemoj produktsii [Development of scientific and methodological principles for increasing the efficiency of energy resources use in textile and light industry enterprises and reducing the energy intensity of products]: special'nost': 05.02.22 –



Organizaciya proizvodstva (tekstil'naya i legkaya promyshlennost'): avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk A.S. Gorshkov, 2019. 32 p.

6. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Inzhenernye sistemy. AVOK Severo-Zapad. 2014. № 2. P. 26–29.

7. Malyavina E.G., Frolova A.A. S.O.K. 2017. № 2 P. 88–91.

8. Tabunshchikov Yu.A., Kovalev I.A. Energoberezhenie. 2017. № 8. P. 20–27.

9. Basińska M., Kaczorek D., Koczyk H. Energies. 2021, 14(9), 2446. doi.org/10.3390/en14092446.

10. Ivanova Yu.V., Fedorova I.V., Kadokova S.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8497.

11. Ivanova Yu.V., Kadokova S.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. №3. URL: ivdon.rurumagazinearchiven3y20249077.

12. Savin V.K. Stroitel'naya fizika: energoperenos, energoeffektivnost', energoberezhenie [Construction physics: energy transfer, energy efficiency, energy conservation]. M.: Lazur', 2005. 432 p.

13. Stahov A.E., Andreenko A.A. AVOK. 2020. №4. pp. 56–59.

Дата поступления: 17.02.2025

Дата публикации: 26.03.2025