

## ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 330.322:621.316

**А.С. Горшков**

*ФГАОУ ВО «СПбПУ»*

### МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗИРУЕМОГО СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Рассмотрена задача определения прогнозируемого срока окупаемости инвестиций, направленных на уменьшение потребляемых в здании энергетических ресурсов. Предложена формула, позволяющая произвести расчет прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение с учетом размера капитальных затрат, расчетного или фактического значения достигаемого энергосберегающего эффекта, роста тарифов на энергоносители, дисконтирования будущих денежных потоков, а также величины и срока возврата кредитных средств. На основании предложенной методики расчета можно произвести сравнение эффективности различных энергосберегающих решений.

**Ключевые слова:** здание, эксплуатация, энергетические ресурсы, энергопотребление, эксплуатационные затраты, энергетическая эффективность, энергосбережение, инвестиции, капитальные затраты, окупаемость

Обеспечение энергетической эффективности проектируемых зданий является важной государственной задачей, отраженной в директиве EPBD и последних нормативах по энергосбережению. Однако не менее актуальной задачей является снижение энергопотребления в существующих зданиях. Большинство этих зданий было построено до введения современных программ энергосбережения. По этой причине объем потребляемой энергии в существующих зданиях оказывается значительно выше по сравнению с новыми зданиями.

Одним из эффективных способов снижения энергопотребления в существующих зданиях является реализация энергосберегающих мероприятий [1—3], в т.ч. за счет использования вторичных энергетических ресурсов [4, 5] и возобновляемых источников энергии [6]. Энергосберегающие мероприятия, как правило, приводят к уменьшению потребляемой в здании энергии и, следовательно, к сокращению эксплуатационных затрат, например, затрат на отопление.

Однако реализация любого энергосберегающего мероприятия требует дополнительных инвестиций. Капитальные вложения в энергосбережение чаще представляют собой единовременные затраты. Уменьшение эксплуатационных расходов, достигаемое в результате применения того или иного энергосберегающего решения, будет наблюдаться в течение нескольких последующих лет, т.е. эта (прибыльная) составляющая инвестиций оказывается растянутой во времени.

По истечении некоторого периода времени суммарный экономический эффект от внедрения энергосберегающего технического решения может достичь величины первоначальных инвестиций. Этот период времени и следует считать прогнозируемым сроком окупаемости.

В том случае, если срок окупаемости инвестиций окажется меньше прогнозируемого срока службы или эксплуатации внедряемого технического решения, его следует признать экономически обоснованным.

*Модель расчета.* В качестве оценки эффективности вложенных средств часто рассчитывается чистый дисконтированный доход [7, 8], который подразумевает возврат средств в течение заранее заданного периода времени. Однако в ряде случаев удобно использовать значение прогнозируемого срока окупаемости инвестиций. Инвестор обладает некоторыми средствами. Он заинтересован в энергосбережении и хочет произвести оценку периода, в течение которого вложенные им средства вернутся, после чего будут приносить ему прибыль.

В данном исследовании для удобства модель расчета принята на основании реализации конкретного технического решения, а именно утепления наружных стен существующего здания. Методология повышения уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций и применения эффективных теплоизоляционных материалов представлена в [9—14].

Для расчета сроков окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление наружных стен существующего здания, например, многоквартирного жилого дома, использован метод приведенных затрат, подробно описанный в [15, 16].

Положим, что

$$\Pi_1 = K_1 + \mathcal{E}_1 T; \quad (1)$$

$$\Pi_2 = K_2 + \mathcal{E}_2 T, \quad (2)$$

где  $\Pi_1, \Pi_2$  — в рамках принятой модели суммарные затраты на капитализацию и эксплуатацию наружных стен, приведенные к 1 м<sup>2</sup> площади стен, р./м<sup>2</sup>;  $K_1$  — капитальные затраты на возведение 1 м<sup>2</sup> наружной стены (с учетом того, что рассматривается существующее здание, положим, что  $K_1 = 0$ ), р./м<sup>2</sup>;  $K_2$  — капитальные затраты на дополнительное утепление, р./м<sup>2</sup>;  $\mathcal{E}_1$  — эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м<sup>2</sup> наружной стены за один отопительный сезон до проведения работ по утеплению наружных стен, р./м<sup>2</sup>·год;  $\mathcal{E}_2$  — эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м<sup>2</sup> наружной стены за один отопительный сезон после ее утепления, р./м<sup>2</sup>·год;  $T$  — время, годы.

Условием окупаемости для принятой модели будет равенство приведенных затрат  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , т.е.

$$\Pi_1 = \Pi_2, \quad (3)$$

или с учетом уравнений (1), (2)

$$K_1 + \mathcal{E}_1 T = K_2 + \mathcal{E}_2 T. \quad (4)$$

С учетом того, что  $K_1 = 0$  (1):

$$\mathcal{E}_1 T = K_2 + \mathcal{E}_2 T. \quad (5)$$

Тогда из уравнения (5) можно рассчитать простой (бездисконтный) срок окупаемости рассматриваемого энергосберегающего мероприятия:

$$T = \frac{K_2}{\Theta_1 - \Theta_2} = \frac{\Delta K}{\Delta \Theta}, \quad (6)$$

где  $\Delta K$  — разность капитальных затрат, приведенных к  $1 \text{ м}^2$  наружной стены (с учетом того, что в рассматриваемом примере  $K_1 = 0$ , откуда  $\Delta K = K_2 - K_1 = K_2$ );  $\Delta \Theta$  — разность потерь тепловой энергии через  $1 \text{ м}^2$  наружной стены до проведения работ по утеплению фасадов существующего здания  $\Theta_1$  и после утепления  $\Theta_2$ .

Отметим, что срок окупаемости, рассчитанный по формуле (6), получен без учета:

роста тарифов на тепловую энергию;

процентов по кредиту (в случае использования заемных средств на проведение мероприятий по утеплению наружных стен здания);

дисконтирования будущих денежных потоков, достигнутых в результате реализации рассматриваемого энергосберегающего мероприятия и уменьшения потерь тепловой энергии на отопление.

По этой причине рассчитанное по формуле (6) значение бездисконтного срока окупаемости можно рассматривать только как оценочное.

*Капитальные затраты на реализацию энергосберегающего мероприятия.*

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

$$\Delta \tilde{K} = m \Delta K, \quad (7)$$

где  $m$  — число периодов погашения кредита (например, если кредит взят на 1 год,  $m = 12$ , если на два года,  $m = 24$ , и т.д.);  $A$  — коэффициент аннуитета;  $\Delta K$  — собственные средства исполнителя работ (инвестиции без учета платежей по кредиту).

Коэффициент аннуитета  $A$  рассчитывается по формуле

$$A = \frac{p_{\text{кр}} \left(1 + \frac{p_{\text{кр}}}{100}\right)^m}{\left(1 + \frac{p_{\text{кр}}}{100}\right)^m - 1}, \quad (8)$$

где  $p_{\text{кр}}$  — месячная процентная ставка банка по кредиту, выраженная в сотых долях в расчете на периодичность платежей (например, для случая 15 % годовых и ежемесячных платежей (12 раз в году)  $p_{\text{кр}} = 0,15/12 = 0,013$ );  $m$  — то же, что и в формуле (7).

*Влияние неучтенных факторов.* Тарифы на энергоносители ежегодно возрастают. Это означает, что с каждым последующим годом (отопительным периодом) годовая экономия денежных средств  $\Delta \Theta_i$  будет увеличиваться.

Пусть среднегодовой рост тарифов на тепловую энергию (в относительных единицах) составляет  $r$  (например, при среднегодовом росте тарифов 10 %  $r = 10 \% / 100 \% = 0,1$ ). Тогда годовая экономия денежных средств за

любой  $n$ -й рассматриваемый год  $\Delta \mathcal{E}_n$  (первый —  $n = 1$ , второй —  $n = 2$ , третий —  $n = 3$  и т.д.), достигаемая за счет внедрения какого-либо энергосберегающего мероприятия (в данном рассматриваемом случае, за счет утепления фасадов существующего здания и уменьшения трансмиссионных потерь тепловой энергии в здании), с учетом роста тарифов будет определяться исходя из следующего выражения:

$$\Delta \mathcal{E}_n = \Delta \mathcal{E}(1+r)^n. \quad (9)$$

Однако при рассмотрении выражения (9) следует учитывать, что сэкономленные в последующие годы денежные средства должны быть рассчитаны исходя из фактической стоимости денег через  $n$  лет (дисконтированы), т.е. будущие денежные потоки (9) должны быть умножены на параметр дисконтирования  $k_d$ :

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}_n = \Delta \mathcal{E}_n k_d = \Delta \mathcal{E}_n \frac{1}{(1+i)^n} = \Delta \mathcal{E} \frac{(1+r)^n}{(1+i)^n}, \quad (10)$$

где  $\Delta \mathcal{E}$  — то же, что в формуле (6), р./м<sup>2</sup>;  $k_d$  — параметр дисконтирования;  $r$  — средний ежегодный рост стоимости тарифов на тепловую энергию;  $i$  — ставка дисконтирования;  $n$  — номер рассматриваемого периода, например, экономия за второй, третий и любой последующий ( $n$ -й) год эксплуатации (отопительный период) утепленного здания.

Введение параметра дисконтирования  $k_d$  обусловлено тем, что деньги, полученные сегодня, могут принести в будущем доход (в результате их инвестирования). Кроме того, деньги, полученные в будущем в условиях инфляции, обесцениваются (на ту же сумму в будущем можно приобрести меньшее количество товаров и услуг). Существуют и другие факторы, снижающие стоимость будущих платежей. Неравноценность одновременных денежных сумм численно отражена в формуле (10) введением коэффициента  $k_d$ .

Дисконтированная стоимость широко используется в экономике и финансах как инструмент сравнения потоков платежей, получаемых в разные сроки. Модель дисконтированной стоимости позволяет определить, какой объем финансовых вложений готов сделать инвестор для получения данного денежного потока. Дисконтированная стоимость будущего потока платежей может определяться в зависимости:

- от доходности альтернативных вложений;
- стоимости привлечения (заимствования) средств;
- инфляции;
- риска, связанного с данным будущим потоком платежей;
- других факторов.

Ставка дисконтирования в значительной степени зависит от условий финансирования проекта и для каждого конкретного случая может отличаться. В последующих публикациях будут рассмотрены конкретные примеры использования предлагаемой модели расчета с обоснованием выбранной ставки дисконтирования. Для большинства расчетных случаев в качестве ставки дисконтирования  $i$  рекомендуется принимать ключевую ставку Центрального банка Российской Федерации.

Следует отметить, что при использовании для реализации энергосберегающего проекта кредитных банковских средств риски учтены при назначении банком получателю процентной ставки по кредиту.

Введем следующее обозначение:

$$q = \frac{1+r}{1+i}. \quad (11)$$

С учетом выражений (10) и (11) суммарная экономия денежных средств  $\Delta \tilde{\Xi}$  за время  $T$  может быть определена из следующего равенства:

$$\Delta \tilde{\Xi} = \Delta + q\Delta + q^2\Delta + \dots + q^{n-1}\Delta. \quad (12)$$

Умножив левую и правую части уравнения (12) на  $q$ , получим

$$[T\Delta \tilde{\Xi}]q = q\Delta \Xi + q^2\Delta \Xi + \dots + q^n\Delta \Xi. \quad (13)$$

Вычтем из уравнения (13) выражение (12). Имеем:

$$(q-1)[T \tilde{\Xi}] = \Delta [q^n - 1], \quad (14)$$

откуда, приравнявая рассматриваемый период  $n$  и время окупаемости инвестиций  $T$  ( $n = T$ ), находим

$$T\Delta \tilde{\Xi} = \Delta \frac{(q^T - 1)}{(q-1)} = \Delta \frac{\left(\frac{1+r}{1+i}\right)^T - 1}{(r-i)}(1+i). \quad (15)$$

Подставим выражение (15) в уравнение

$$\Delta \Pi = \Delta \tilde{K} - T\Delta \tilde{\Xi} = 0 \quad (16)$$

характеризующее условие окупаемости рассматриваемого энергосберегающего мероприятия.

Получим:

$$\frac{\Delta \tilde{K} (r-i)}{\Delta \Xi (1+i)} + 1 = \left(\frac{1+r}{1+i}\right)^T, \quad (17)$$

откуда выразим время окупаемости инвестиций  $T$ :

$$T = \frac{\ln \left[ 1 + \frac{\Delta \tilde{K} (r-i)}{\Delta \Xi (1+i)} \right]}{\ln \left[ \frac{1+r}{1+i} \right]}, \quad (18)$$

где суммарные капитальные затраты  $\Delta \tilde{K}$  при использовании кредитных средств следует рассчитывать по формуле (7).

Годовую экономию денежных средств  $\Delta \Xi$ , достигаемую за счет внедрения энергосберегающего мероприятия или комплекса энергосберегающих мероприятий, следует определять на основании приборов учета по фактическому расходу сберегаемого энергоресурса после нескольких лет эксплуатации.

При отсутствии фактических показателей энергосбережения на этапе технико-экономического обоснования проектного решения допускается использовать расчетные зависимости. В частности, годовую экономию денежных средств  $\Delta \Xi$ , р./м<sup>2</sup>, достигаемую в результате проведения работ по реновации (утеплению) фасадов существующего здания, допускается рассчитывать по формуле [17].

$$\Delta = (U_1 - U_2) \frac{0,024}{1163} \quad , \quad (19)$$

где  $U_1$  — коэффициент теплопередачи ( $U$ -value) наружных стен существующего здания до проведения работ по реновации (утеплению) фасадов, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $U_2$  — коэффициент теплопередачи ( $U$ -value) наружных стен существующего здания после проведения работ по реновации (утеплению) фасадов, Вт/(м<sup>2</sup>·°C); ГСОП — градусо-сутки отопительного периода, °C·сут; 0,024, 1163 — переводные коэффициенты;  $c_T$  — стоимость тепловой энергии на отопление в данном населенном пункте, р./Гкал.

Для других типов энергосберегающих мероприятий годовая экономия денежных средств может быть получена на основании анализа и оценки энергосберегающих проектных решений. С этой целью могут быть использованы публикации, а также методические материалы и пособия, в числе которых следует выделить [18—21].

*Примечание.* Уравнение (19) справедливо при проведении работ по реновации (утеплению) фасадов и 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 обеспечению заявленного энергосберегающего эффекта (фактическое снижение эксплуатационных расходов  $\Delta Э$  может оказаться меньше расчетных значений). При этом фактическое снижение эксплуатационных затрат может быть определено на основании фактических значений потребляемых энергоресурсов, измеренных до и после проведения работ по утеплению.

Из формулы (19), в частности, следует, что при заданном реализованном проекте утепления фасадов ( $\Delta U = U_1 - U_2$ ) в заданном климатическом районе (ГСОП) скорость возврата вложенных инвестиций зависит только от величины стоимости тепловой энергии  $c_T$  и динамики ее изменения со временем (роста тарифов на тепловую энергию).

*Заключительные положения.* Уравнение (18) 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 внедрения данного энергосберегающего мероприятия или комплекса мероприятий.

Отметим, что уравнение (18) позволяет вычислить период окупаемости любого энергосберегающего мероприятия или технического решения, в т.ч. инженерного. Важно лишь правильно оценить его энергосберегающий потенциал  $\Delta Э$  и капитальные затраты на его реализацию  $\Delta \tilde{K}$ .

Следует отметить, что в уравнение (18) входит несколько переменных со временем параметров, в частности динамика роста тарифов на тепловую энергию (выраженная через параметр  $r$ ) и 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 (18), и выбрать из перечня полученных данных наиболее вероятный сценарий.

Примеры расчета приведены в [22, 23].

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

- динамика роста тарифов на тепловую энергию  $r$ ;
- уменьшение процентных ставок банка по кредиту  $p_{кр}$ ;
- снижение инфляции или рисков  $i$ ;
- увеличение энергосберегающего потенциала  $\Delta \mathcal{E}$ ;
- уменьшение начальных инвестиций  $\Delta \tilde{K}$ .

Однако для случая утепления фасадов:

увеличение параметра  $\Delta \mathcal{E}$ , отражающего разность потерь тепловой энергии через  $1 \text{ м}^2$  наружной стены до проведения мероприятий по утеплению фасадов существующего здания и после утепления, может быть достигнуто только за счет увеличения толщины слоя теплоизоляции, что автоматически приведет к увеличению капитальных затрат  $\Delta \tilde{K}$ , и неизвестно, влияние какого из этих параметров будет более значительным;

уменьшение стоимости капитальных затрат на утепление  $\Delta \tilde{K}$  может привести к ухудшению качества строительно-монтажных работ.

Поэтому единственным объективным фактором, влияющим на сокращение прогнозируемого срока возврата инвестиций по формуле (18), является разница  $(r - i)$  между ежегодным относительным ростом тарифов и параметром, отражающим дисконтирование будущих денежных потоков (инфляция, риски, альтернативные вложения и пр.).

В случае использования заемных средств другим объективным фактором, влияющим на скорость возврата инвестиций в энергосбережение, является величина процентной ставки банка по кредиту  $p_{кр}$ . По этой причине в ряде стран ЕС приняты субсидии, направленные на энергетическую реконструкцию зданий. В Германии действует государственная программа «Энергетическая реконструкция», согласно которой принят пакет мер по реконструкции существующих зданий, целью которых является достижение уровня энергосбережения Effizienzhaus 100 и Effizienzhaus 85 [24]. Группа немецких банков KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) выделяет на энергетическую реконструкцию зданий выгодные кредиты и субсидии, уменьшая тем самым срок возврата инвестиций.

### Библиографический список

1. Pukhkal V., Murgul V., Garifullin M. Reconstruction of buildings with a superstructure mansard: option to reduce energy intensity of buildings // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Pp. 629—632.
2. Pukhkal V., Vatin N., Murgul V. Central ventilation system with heat recovery as one of measures to upgrade energy efficiency of historic buildings // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 633—634. Pp. 1077—1081.

3. *Vatin N., Nemova D., Ibraeva Y., Tarasevskii P.* Development of energy-saving measures for the multy-story apartment buildings // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vol. 725—726. P. 1408.
4. *Murgul V., Vuksanovic D., Vatin N., Pukhkal V.* The use of decentralized ventilation systems with heat recovery in the historical buildings of St. Petersburg // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 635—637. Pp. 370—376.
5. *Murgul V., Vuksanovic D., Vatin N., Pukhkal V.* Decentralized ventilation systems with exhaust air heat recovery in the case of residential buildings // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 680. Pp. 524—528.
6. *Aronova E., Radovic G., Murgul V., Vatin N.* Solar power opportunities in northern cities (case study of Saint-Petersburg) // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 587—589. Pp. 348—354.
7. *Ковалев И.Н.* Об окупаемости и рентабельности долгосрочных инвестиций // *Энергосбережение*. 2014. № 6. С. 14—16.
8. *Ковалев И.Н.* Рациональные решения при экономическом обосновании теплозащиты зданий // *Энергосбережение*. 2014. № 8. С. 14—19.
9. *Жуков А.Д., Бессонов И.В., Сапелин Н.В., Боброва Е.Ю.* Теплозащитные качества стен // *Вестник МГСУ*. 2014. № 5. С. 70—77.
10. *Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В.* Энергетическая эффективность и методология создания теплоизоляционных материалов // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ*. Серия : Политематическая. 2014. № 4 (35). Ст. 3. Режим доступа: <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/3RumyantsevZhukovSmirnova.pdf>.
11. *Румянцев Б.М., Жуков А.Д.* Теплоизоляция и современные строительные системы // *Кровельные и изоляционные материалы*. 2013. № 6. С. 11—13.
12. *Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В.* Теплопроводность высокопористых материалов // *Вестник МГСУ*. 2012. № 3. С. 108—114.
13. *Жуков А.Д.* Системы вентилируемых фасадов // *Строительство: наука и образование*. 2012. № 1. Ст. 3. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru/index.php/sno/pages/view/01-2012>.
14. *Жуков А.Д., Чугунков А.В., Жукова Е.А.* Системы фасадной отделки с утеплением // *Вестник МГСУ*. 2011. № 1—2. С. 279—283.
15. *Гагарин В.Г., Пастушков П.П.* Об оценке энергетической эффективности энергосберегающих мероприятий // *Инженерные системы*. АВОК Северо-Запад. 2014. № 2. С. 26—29.
16. *Гагарин В.Г., Пастушков П.П.* Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 7—9.
17. *Горшков А.С.* Инженерные системы. Руководство по проектированию, строительству и реконструкции зданий с низким потреблением энергии. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 162 с.
18. *Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий (дополнение)*. Минск, 2008. 31 с.
19. *Практическое пособие по повышению энергетической эффективности многоквартирных домов (МКД) при капитальном ремонте : в 9 т. / под общ. ред. д-ра техн. наук Г.П. Васильева*. М. : ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ», 2015. Т. 1. 89 с.
20. *Курочкина К.Ю., Горшков А.С.* Влияние авторегулирования на параметры энергопотребления жилых зданий // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. № 4 (31). С. 220—231.
21. *Губина И.А., Горшков А.С.* Энергосбережение в зданиях при утилизации тепла вытяжного воздуха // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. № 4 (31). С. 209—219.

22. Немова Д.В., Горшков А.С., Ватин Н.И., Кашибин А.В., Цейтин Д.Н., Рымкевич П.П. Техничко-экономическое обоснование по утеплению наружных стен многоквартирного жилого здания с устройством вентилируемого фасада // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 70—84.

23. Горшков А.С., Рымкевич П.П., Немова Д.В., Ватин Н.И. Методика расчета окупаемости инвестиций по реновации фасадов существующих зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 2 (17). С. 82—106.

24. Габриэль И., Ладнер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома : пер. с нем. О. Кокоревой. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 480 с. (Строительство и архитектура)

*Поступила в редакцию в сентябре 2015 г.*

Об авторе: **Горшков Александр Сергеевич** — кандидат технических наук, директор учебно-научного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем», **Санкт-Петербургский политехнический университет (ФГАОУ ВО «СПбПУ»)**, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, ALSGOR@yandex.ru.

Для цитирования: *Горшков А.С.* Модель оценки прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение // Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 136—146.

**A.S. Gorshkov**

#### **MODEL OF EVALUATING THE PROJECTED PAYBACK PERIOD IN ENERGY PRESERVATION**

Providing energy efficiency of newly designed buildings is an important state task which is considered in EPBD directive and the latest regulations on energy saving. Though reducing energy consumption of the existing building is not less important. The majority of the existing buildings had been built before the implementation of modern energy saving programs. That's why the volume of energy consumption in the existing buildings is greater than in new buildings.

In frames of the given investigation the author considers the problem of forecasting the payback period of investment into reduction of energy consumption in a building. The formula is offered for calculating the projected payback period in energy saving with account for capital costs, calculated or actual value of the achieved energy saving effect, rise in tariffs for energy sources, discounting of the future cash flows and the volume and time for return of credit funds. Basing on the offered calculation methods it is possible to compare the efficiency of different energy saving solutions.

**Key words:** building, operation, energy resources, energy consumption, operational expenses, energy efficiency, energy saving, investments, capital costs, payback

#### **References**

1. Pukhkal V., Murgul V., Garifullin M. Reconstruction of Buildings with a Superstructure Mansard: Option to Reduce Energy Intensity of Buildings. *Procedia Engineering*. 2015, vol. 117, pp. 629—632. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.223>.
2. Pukhkal V., Vatin N., Murgul V. Central Ventilation System with Heat Recovery as One of Measures to Upgrade Energy Efficiency of Historic Buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vol. 633—634, pp. 1077—1081. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.633-634.1077>.
3. Vatin N., Nemova D., Ibraeva Y., Tarasevskii P. Development of Energy-Saving Measures for the Multi-Story Apartment Buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2015, vol. 725—726, pp. 1408—1416. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.1408>.

4. Murgul V., Vuksanovic D., Vatin N., Pukhkal V. The Use of Decentralized Ventilation Systems with Heat Recovery in the Historical Buildings of St. Petersburg. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vol. 635—637, pp. 370—376. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.635-637.370>.
5. Murgul V., Vuksanovic D., Vatin N., Pukhkal V. Decentralized Ventilation Systems with Exhaust Air Heat Recovery in the Case of Residential Buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vol. 680, pp. 524—528. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.680.524>.
6. Aronova E., Radovic G., Murgul V., Vatin N. Solar Power Opportunities in Northern Cities (Case Study of Saint-Petersburg). *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vol. 587—589, pp. 348—354. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.587-589.348>.
7. Kovalev I.N. Ob okupaemosti i rentabel'nosti dolgosrochnykh investitsiy [On Payback and Profitability of Permanent Investments]. *Energoberezhenie* [Energy Saving]. 2014, no. 6, pp. 14—16. (In Russian)
8. Kovalev I.N. Ratsional'nye resheniya pri ekonomicheskom obosnovanii teplozashchity zdaniy [Rational Solutions in Economic Justification of Thermal Protection of Buildings]. *Energoberezhenie* [Energy Saving]. 2014, no. 8, pp. 14—19. (In Russian)
9. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N., Bobrova E.Yu. Teplozashchitnye kachestva sten [Thermal Insulation Properties of Walls]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 5, pp. 70—77. (In Russian)
10. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D., Smirnova T.V. Energeticheskaya effektivnost' i metodologiya sozdaniya teploizolyatsionnykh materialov [Energy Efficiency and Methods of Creating Heat-Insulating Materials]. *Internet-Vestnik VolgGASU. Seriya : Politematicheskaya* [Internet Journal of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Multi-Topic Series]. 2014, no. 4 (35), article. 3. Available at: <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/3RumyantsevZhukovSmirnova.pdf>. (In Russian)
11. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D. Teploizolyatsiya i sovremennye stroitel'nye sistemy [Heat Insulation and Modern Construction Systems]. *Krovel'nye i izolyatsionnye materialy* [Roofing and Insulation Materials]. 2013, no. 6, pp. 11—13. (In Russian)
12. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D., Smirnova T.V. Teploprovodnost' vysokoporistykh materialov [Thermal Conductivity of Highly Porous Materials]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 3, pp. 108—114. (In Russian)
13. Zhukov A.D. Sistemy ventiliruemykh fasadov [Systems of Ventilated Facades]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2012, no. 1, article 3. Available at: <http://www.nso-journal.ru/index.php/sno/pages/view/01-2012>. (In Russian)
14. Zhukov A.D., Chugunkov A.V., Zhukova E.A. Sistemy fasadnoy otdelki s utepleniem [System of Facade Finishing with Heat Insulation]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, no. 1—2, pp. 279—283. (In Russian)
15. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Ob otsenke energeticheskoy effektivnosti energosberegayushchikh meropriyatiy [On Evaluating Energy Efficiency of Energy Saving Measures]. *Inzhenernye sistemy. AVOK Severo-Zapad* [Engineering Systems. AVOK North-West]. 2014, no. 2, pp. 26—29. (In Russian)
16. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaya otsenka energoeffektivnosti energosberegayushchikh meropriyatiy [Quantitative Assessment of Energy Efficiency of Energy Saving Measures]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013, no. 6, pp. 7—9. (In Russian)
17. Gorshkov A.S. *Inzhenernye sistemy. Rukovodstvo po proektirovaniyu, stroitel'stvu i rekonstruktsii zdaniy s nizkim potrebleniem energii* [Engineering Systems. Manual on Design, Construction and Reconstruction of Buildings with Low Energy Consumption]. Saint Petersburg, Izdatel'stvo Politekhnikeskogo universiteta Publ., 2013, 162 p. (In Russian)
18. *Metodicheskie rekomendatsii po sostavleniyu tekhniko-ekonomicheskikh obosnovaniy dlya energosberegayushchikh meropriyatiy (dopolnenie)* [Guidelines on Technical and Economic Justification for Energy Saving Measures (Addendum)]. Minsk, 2008, 31 p. (In Russian)

19. Vasil'ev G.P., editor. *Prakticheskoe posobie po povysheniyu energeticheskoy effektivnosti mnogokvartirnykh domov (MKD) pri kapital'nom remonte : v 9 tomakh* [Practical Guide on Increasing Energy Efficiency of Multiflat Buildings during Major Repairs : in 9 Volumes]. Moscow, OAO «INSOLAR-INVEST» Publ., 2015, vol. 1, 89 p. (In Russian)

20. Kurochkina K.Yu., Gorshkov A.S. Vliyanie avtoregulirovaniya na parametry energopotrebleniya zhilykh zdaniy [Influence of Autoregulation on the Parameters of Energy Consumption of Residential Buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2015, no. 4 (31), pp. 220—231. (In Russian)

21. Gubina I.A., Gorshkov A.S. Energoberezhenie v zdaniyakh pri utilizatsii tepla vytyazhnogo vozdukh [Energy Saving in Buildings in Case of Heat Recovery of the Transfer Air]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2015, no. 4 (31), pp. 209—219. (In Russian)

22. Nemova D.V., Gorshkov A.S., Vatin N.I., Kashabin A.V., Tseytin D.N., Rymkevich P.P. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie po utepleniyu naruzhnykh sten mnogokvartirnogo zhilogo zdaniya s ustroystvom ventiliruemogo fasada [Technical and Economic Justification of Heat Insulation of External Walls of a Residential Apartment Building with Ventilated Facade System]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2014, no. 11 (26), pp. 70—84. (In Russian)

23. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Nemova D.V., Vatin N.I. Metodika rascheta okupaemosti investitsiy po renovatsii fasadov sushchestvuyushchikh zdaniy [Methods of Calculating Payback of Facades Renovation of the Existing Buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2014, no. 2 (17), pp. 82—106. (In Russian)

24. Gabriel' I., Ladner Kh. *Rekonstruktsiya zdaniy po standartam energoeffektivnogo doma* [Reconstruction of Buildings According to Standards of Energy Efficient House]. Translated from German. Saint Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2011, 480 p. (Construction and Architecture) (In Russian)

About the author: **Gorshkov Aleksandr Sergeevich** — Candidate of Technical Sciences, director, Educational and Scientific Center “Monitoring and Rehabilitation of Natural Systems”, **St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU)**, 29 Politekhnicheskaya str., 195251, Saint Petersburg, Russian Federation; [ALSGOR@yandex.ru](mailto:ALSGOR@yandex.ru).

For citation: Gorshkov A.S. Model' otsenki prognoziruemogo sroka okupaemosti investitsiy v energoberezhenie [Model of Evaluating the Projected Payback Period in Energy Preservation]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 12, pp. 136—146. (In Russian)