

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕМ
В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ**

**MANAGEMENT OF STEADY RESOURCE-SAVING
IN HOUSING STOCK OF THE RUSSIAN CITIES**

С.Г. ШЕЙНА, Н.П. УМНЯКОВА, Е.Н. МИНЕНКО
S.G. SHEINA, N.P. UMNYAKOVA, E.N. MINENKO

(Академия строительства и архитектуры
Донского государственного технического университета,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)
(Academy of Civil Engineering and Architecture of Don State Technical University,
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru; n.umnyakova@mail.ru; 14198900s@gmail.com

Статья посвящена проблеме повышения эффективности потребления зданиями ресурсов на этапе их эксплуатации. Основой решения данной проблемы, по мнению авторов, является внедрение системы управления устойчивым ресурсосбережением зданий, составляющих опорный жилищный фонд российских городов. Для оптимизации выбора энергоресурсосберегающих решений на этапе эксплуатации зданий авторами предложена методика, учитывающая остаточный срок их службы. В ее основе лежит применение ресурсно-технологических моделей для анализа изменения уровня затрат на реализацию ресурсосберегающих мероприятий. Рассмотрен пример реализации предложенной методики для выбора теплоизоляционных материалов для утепления фасадов здания в ходе его капитального ремонта.

The article is devoted to the problem of improvement the efficiency of resource consumption by buildings during their maintenance. To solve this problem the authors suggest to establish a modern management system of resource-savings in the housing stock of Russian cities. The crucial elements of proposed system are monitoring of the resource consumption in buildings, development and timely implementation of building's repair programs included energy-efficient solutions. The article presents a new method for optimization the choice of resource-saving solutions in residential buildings taking into account the residual building service life. It is based on comparison the building's life cycle cost and the level of sustainability achieved by it through the implementation of alternative resource-saving solutions. The proposed method involves the use of resource and technology models for analyzing the change in the level of costs for implementation of resource-saving measures. The article provides an example of application the proposed method for choice the optimal set of resource-saving.

Ключевые слова: энергоресурсосбережение, энергетическая эффективность, жилищный фонд, ресурсно-технологические модели, повышение энергетической эффективности жилищного фонда.

Keywords: energy and resource saving, energy efficiency, housing stock, resource and technology models, the improvement of energy efficiency in the housing stock.

Одной из важнейших задач строительного комплекса нашей страны является повышение эффективности потребления ресурсов зданиями, составляющими опорный жилищный фонд российских городов, а также строительные объекты различных отраслей промышленности, включая текстильную. Ее решение обеспечит снижение эксплуатационных затрат и энергоемкости зданий различного назначения, уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду, повышение качества и комфорта среды обитания граждан [1].

Рациональное потребление ресурсов, прежде всего энергии? на этапе эксплуатации зданий достигается внедрением системы управления ресурсосбережением, основными элементами которой являются:

- мониторинг уровня энергопотребления зданий для выявления объектов, нуждающихся в проведении энергетической санации, а также оценки эффективности реализации энергоресурсосберегающих решений (ЭРР);

- разработка и своевременная реализация программ текущих и капитальных ремонтов, включающих мероприятия по ресурсосбережению, энергоэффективной реконструкции зданий (рис. 1).



Рис. 1

Учитывая, что реализация энергоресурсосберегающих решений в зданиях на этапе их эксплуатации в силу накопленного физического и морального износа может быть нецелесообразна, нами предложена следующая методика обоснования выбора оптимальных ЭРР.

Методика выбора ЭРР в процессе эксплуатации здания

1. Сбор исходных данных по объекту: объемно-планировочные решения, техническое состояние, текущий уровень энергопотребления, источники финансирования ресурсосберегающих решений.

2. Подбор энергоресурсосберегающих решений (ЭРР), представленных на строительном рынке, формирование альтернативных вариантов.

3. Сравнительный анализ альтернативных вариантов ЭРР.

3.1 Расчет затрат, необходимых для реализации каждого варианта ЭРР, на основе ресурсно-технологических моделей (РТМ).

РТМ представляет собой сгруппированный набор данных о материальных и трудовых ресурсах, необходимых для выполнения соответствующего вида работ, сформированный на основе данных смет по объектам-аналогам. Изменяя стоимость основных (ценообразующих) ресурсов, заложенных в РТМ, проводят сравнительный анализ затрат на выполнение работ по повышению энергетической эффективности зданий [2], [3].

3.2 Укрупненная оценка эффективности реализации ЭРР с учетом остаточного срока службы здания на основе расчета коэффициента K_3 эффективности ремонтных работ:

$$K_3 = \frac{C_{\text{рем.раб}} + C_{\text{энергосбер.меропр}}}{C_{\text{восст}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{рем.раб}}$ – стоимость ремонтных работ; $C_{\text{энергосбер.меропр}}$ – стоимость энергоресурсосберегающих мероприятий; $C_{\text{восст}}$ – восстановительная стоимость здания [4].

При $K \leq 1$ реализация ресурсосберегающих мероприятий в здании экономически целесообразна.

При $K > 1$ стоимость ЭРР превышает восстановительную стоимость объекта, следовательно, их выполнение экономически неэффективно, целесообразнее построить новое здание. Варианты, для которых $K_3 > 1$, следует исключить из дальнейшего рассмотрения.

На рис. 2 представлен алгоритм предложенной методики – выбор ЭРР на этапе эксплуатации зданий.

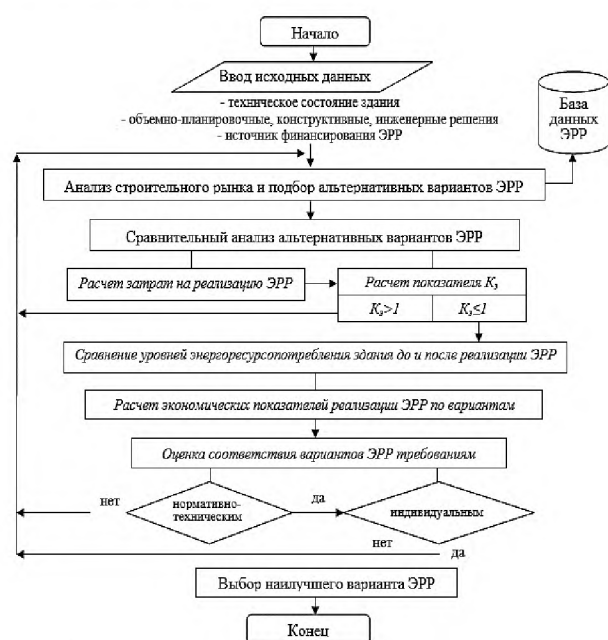


Рис. 2

3.3 Расчет ожидаемого уровня энергопотребления здания по каждому варианту и сравнение полученных значений с фактическими (текущими) данными.

3.4 Оценка экономической эффективности реализации ЭРР на основе действующих методик и показателей [5...7], например, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход и др., а также показателя эффективности ресурсосберегающих решений $F(x)$, рассчитываемого по формуле:

$$F(x) = T_x e_x - C_x - C_э \rightarrow \max, \quad (2)$$

где C_x – первоначальная стоимость капиталовложений; $C_э$ – стоимость энергии и выбросов парниковых газов при производстве и утилизации энергоэффективного оборудования, материала; T_x – срок эффективной эксплуатации; e_x – получаемая экономия энергии.

3.5 Оценка соответствия вариантов ЭРР нормативным (в части тепловой защиты здания) и индивидуальным требованиям (экономическим, экологическим, по энергосбережению и т.д.).

4. Выбор наилучшего варианта ЭРР.

Рассмотрим пример реализации предложенной методики для выбора оптимальных материалов для утепления фасадов 5-этажного жилого здания 1976 г. постройки, расположенного в г. Ростове-на-Дону.

На основе анализа строительного рынка Ростовской области нами был подобран ряд альтернативных теплоизоляционных материалов и выполнено их сравнение с базовым вариантом (пенополистирольные плиты ПСБ-С 25 Ф), предусмотренным сметой на выполнение работ по утеплению фасадов рассматриваемого здания в ходе его капитального ремонта.

Варьируемые параметры расчета – тип и толщина изоляции δ , коэффициент теплопроводности материала λ . Ограничения: $K_э \leq 1$; приведенное сопротивление теплопередаче стен не должно быть меньше нормативного значения, равного $2,633 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Средняя стоимость тарифов на тепловую энергию для Ростовской области на II полугодие 2016 г. принята в размере $900,95 \text{ с НДС руб./Гкал}$. Полученные результаты расчетов эффективности реализации альтернативных вариантов теплоизоляционных материалов, выполненных в соответствии с предложенной методикой, представлены в табл. 1.

Все рассмотренные варианты удовлетворяют нормативным требованиям в части тепловой защиты здания ($R_0 > 2,633 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$). При этом наилучшим вариантом из рассмотренных является утепление фасадов здания минеральной ватой из стекловолокна $\delta=100 \text{ мм}$. Применение этого материала обеспечит наименьший срок окупаемости работ и наибольшую экономию энергии.

Анализ изменения стоимости работ по утеплению фасадов при изменении стоимости основных ценообразующих материалов, выполненный при помощи РТМ в ходе расчетов, показал, что для условий Ростовской области рост стоимости материала на каждые 50 руб./м^3 приводит к росту удельной стоимости работ по утеплению фасадов на $13,26 \text{ руб./м}^2$.

Т а б л и ц а 1

Варьируемые параметры Расчетные показатели	Тип изоляции	Пено-поли-стирольные плиты ПСБ-С 25 Ф	Базальтовая вата	Минеральная вата	Базальтовая вата	Минеральная вата на основе стекловолокна	Пеноплекс Комфорт
	δ слоя, мм	80	80	100	100	100	100
	λ , Вт/м ² ·°С	0,032	0,036	0,037	0,04	0,041	0,032
Стоимость работ по утеплению фасадов, тыс. руб.		2895	2787	2752	2991	2752	2952
Изменение стоимости материала за 1 м ³ , %		-	↓29	↓39	↑28	↓39	↑17
Изменение стоимости работ за 1 м ² , %		-	↓3,7	↓4,1	↑7,6	↓4,9	↑2,0
Показатель Кэ		0,9	0,87	0,84	0,94	0,84	0,92
Приведенное сопротивление теплопередаче стены (R ₀ , м ² ·°С/Вт)		3,218	2,94	3,421	3,218	3,157	3,843
Затраты энергии на отопление, кДж/(м ² ·°С·сут)		82,34	83,79	84,14	82,34	82,63	79,84
Изменение уровня затрат энергии на отопление, кДж/(м ² ·°С·сут)		-	↑1,8	↑2,2	0	↑0,4	↓3,04
Потребность в тепловой энергии на отопление, Гкал/год		222,8	226,8	227,8	222,8	223,6	216,1
Экономия энергии на отопление, тыс.руб./год		318,5	314,9	314,1	318,5	317,8	324,6
Срок окупаемости T _{ок} , лет		9,1	8,9	8,8	9,4	8,7	9,1
Показатель F(x), тыс. руб.		3473	3511	3529	3378	3602	3538

ВЫВОДЫ

Предложенная методика обеспечивает подбор оптимальных вариантов ЭРР с учетом остаточного срока службы здания. Ее применение на практике повысит точность и эффективность расчетов, связанных с обоснованием выбора оптимальных ресурсосберегающих решений среди нескольких альтернативных вариантов с учетом имеющихся ограничений.

ЛИТЕРАТУРА

1. National Energy Foundation. Report FM professional's expectations and experiences of improving the use of energy.2014 (дата обращения:15.01.2017)
2. Шеина С.Г., Миненко Е.Н., Федяева П.В. Экспериментально-теоретические исследования энергосбережения в жилищном фонде муниципальных образований // Научное обозрение. – 2014, № 11-2. С. 419...424.
3. Петров К.С., Вонгай А.О., Саковская К.А. Повышение тепловой защиты зданий различных назначений в условиях городской застройки // Научное обозрение: интернет-журнал. – Том 7. № 3 (2015).
4. Шеина С.Г. Стратегическое управление техническим состоянием жилищного фонда муниципального образования. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012.

5. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. – 2013. № 6. С. 7...9.

6. Клычников Р.Ю., Езерский В.А., Монастырев П.В. Оптимизация параметров теплозащиты жилых зданий по экономическому критерию // Промышленное и гражданское строительство. – 2010, № 1. С.13...16.

REFERENCES

1. National Energy Foundation. Report FM professional's expectations and experiences of improving the use of energy.2014 (data obrashhenija:15.01.2017)
2. Sheina S.G., Minenko E.N., Fedjaeva P.V. Jeksperimental'no-teoreticheskie issledovaniya jenergosberezhenija v zhilishhnom fonde municipal'nyh obrazovaniy // Nauchnoe obozrenie. – 2014, № 11-2. S.419...424.
3. Petrov K.S., Vongaj A.O., Sakovskaja K.A. Povyshenie teplovoj zashhity zdaniy razlichnyh naznachenij v uslovijah gorodskoj zastrojki // Naukovedenie: internet-zhurnal. – Tom 7. № 3 (2015).
4. Sheina S.G. Strategicheskoe upravlenie tehnikeskim sostojaniem zhilishhnogo fonda municipal'nogo obrazovaniya. – Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2012.
5. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaja ocenka jenergojefektivnosti jenergosberegajushih meroprijatij // Stroitel'nye materialy. – 2013. № 6. S.7...9.

6. Klychnikov R.Ju., Ezerskij V.A., Monastyrev P.V. Optimizacija parametrov teplozashhity zhilyh zdaniy po jekonomicheskomu kriteriju // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2010, № 1. S.13...16.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ
РААСН. Поступила 03.04.17.
