

УДК 332.8

© А. О. Березин, д-р экон. наук, профессор  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: berezingasu@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-1-205-210

© A. O. Berezin, Dr. Sci. Ec., Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture  
and Civil Engineering)  
E-mail: berezingasu@yandex.ru

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СФЕРЕ ЖКХ С УЧЕТОМ ИНТЕНСИВНОСТИ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

### FORECASTING THE STRUCTURE OF ENERGY SAVING MEASURES IN THE FIELD OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES, TAKING INTO ACCOUNT THE IMPLEMENTATION INTENSITY

Рассмотрены особенности ресурсосбережения и энергосбережения в сфере ЖКХ. Приведена схема реализации энергосберегающих мероприятий и классифицированы факторы, влияющие на энергосбережение в сфере ЖКХ. Предложена модель оптимальной структуры энергосберегающих мероприятий.

*Ключевые слова:* энергосбережение, энергоэффективность ЖКХ, ресурсосбережение.

The article deals with the features of resource and energy saving in the field of housing and communal services. A scheme of implementation of energy saving measures is submitted, and the factors influencing energy saving in the sphere of housing and communal services are classified. A model of the optimal structure of energy saving measures is proposed.

*Keywords:* energy saving, energy efficiency of housing and communal services, resource saving.

#### Введение

Проблема энергосбережения и повышения энергоэффективности для России не является новой, об этом последние 15 лет говорится многими специалистами, бизнесменами, учеными, чиновниками, проводятся различные форумы, конференции, ведутся дискуссии в различных форматах и составах. Такое пристальное внимание к проблематике энергоэффективности и энергосбережения связано с тем, что, по сути, эффективность использования энергетических ресурсов — один из ключевых индикаторов научно-технического и экономического потенциала общества, который позволяет оценить уровень развития экономики страны в целом и отдельных отраслей в частности.

Анализируя данные Всемирного банка<sup>1</sup>, следует отметить, что энергоэффективность в три раза дешевле наращивания производства энергоресурсов. Обзор по секторам экономики показывает, что наибольшим техническим по-

тенциалом повышения энергоэффективности обладают жилые здания и сфера ЖКХ (по разным оценкам потенциал доходит до 80 млн тнэ (тонны нефтяного эквивалента)). Причем большинство специалистов сходятся во мнении, что потенциал энергоэффективности в секторах конечного потребления значительно выше, чем в производстве энергии. Так, по оценкам, экономия расходов на энергоресурсы в сфере содержания и обслуживания жилых зданий составит порядка 25 млрд долл./год (посчитано в ценах на 01.01.2019 года с учетом расходов по обслуживанию жилых зданий и энергосбережения в системах теплоснабжения).

Говоря о путях энергосбережения и энергоэффективности в России, можно выделить следующие направления:

- модернизацию производства с применением энергоэффективных и энергосберегающих технологий и оборудования;
- повышение энергоэффективности зданий, а также внедрение в сферу обслуживания энергосберегающих технологий;

<sup>1</sup> Энергоэффективность в России: скрытый резерв. Отчет Всемирного Банка. URL: [http://www.cenef.ru/file/FINAL\\_EE\\_report\\_rus.pdf](http://www.cenef.ru/file/FINAL_EE_report_rus.pdf) (дата обращения: 20.10.19).

- стимулирование потребителей ЖКУ к рациональному использованию электро- и тепловой энергии за счет организационных и нормативных мер, тарифной политики, внедрения механизмов субсидирования для повышения энергоэффективности объектов;

- автоматизацию систем учета как в жилищной сфере, так и в промышленности.

Энергосбережение и энергоэффективность — одни из приоритетных направлений социально-экономической политики России. Рост тарифов на энергоресурсы делает инвестиции в энергосбережение инвестиционно-привлекательными и интересными для любого инвестора.

Программы энергосбережения, стимулирования и развития энергоэффективности, в том числе и в жилищно-коммунальной сфере, поддерживаются на государственном уровне с помощью различного рода мотивационных механизмов:

- на законодательном уровне разрабатываются стандарты и требования к энергосбережению и энергоэффективности, далее, на государственном уровне, осуществляется контроль их исполнения;

- на различных уровнях осуществляется бюджетная поддержка в виде субсидий и льгот в сфере ЖКХ;

- организация рекламно-информационных кампаний о пользе энергосбережения в сфере ЖКХ и энергоэффективности для конечных потребителей.

Следует сказать, что реализация программ по энергосбережению и энергоэффективности в сфере ЖКХ может осуществляться на разных уровнях: на уровне УК или ТСЖ, на уровне предприятий, на местном, региональном или федеральном уровнях. Каждый из этих уровней требует отдельного подхода, отдельных механизмов и моделей.

Кроме различных уровней реализации программ по энергосбережению и энергоэффективности в сфере ЖКХ, следует не забывать направления энергосберегающих мероприятий, к которым относятся следующие<sup>2</sup>:

- снижение теплопотерь в зданиях;

<sup>2</sup> Практические рекомендации по реализации программ энергосбережения в общественных зданиях. URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/fa093471-a303-4e02-8706-e6eab027cfea> (дата обращения: 25.10.19).

- экономия тепловой энергии (в том числе модернизация тепловых вводов);

- экономия электрической энергии;

- экономия холодного водоснабжения;

- экономия горячего водоснабжения;

- целевой энергетический мониторинг и т. д.

Развитие и внедрение технологий энергосбережения в России требуют проведения фундаментальных научных исследований и, как следствие, достаточно серьезного финансирования. Очевидно, что можно использовать зарубежный опыт с адаптацией к российской специфике (особенности климата, ведения бизнеса, культура производства ЖКУ, обслуживания оборудования и т. д.).

На рисунке представлена принципиальная схема реализации энергосберегающих мероприятий в ЖКХ. Эффективность энергосбережения не вызывает сомнения, так как по разным мероприятиям и разным типам зданий период окупаемости может составить от 3 мес. до 8–9 лет.

Одной из главных проблем внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий является отсутствие у собственников жилья требуемого размера финансовых средств. Поэтому отдельного внимания заслуживает проблема оптимального выбора мероприятий по энергосбережению (построения модели структуры энергосберегающих мероприятий) с учетом объема финансирования и получаемого эффекта (окупаемости).

Говоря о выборе мероприятий по энергосбережению, по нашему мнению, необходимо сказать несколько слов о факторах, влияющих на результативность этих мероприятий. Все факторы можно разделить на *количественные* и *качественные*. Это связано с различным эффектом от внедрения, а также с точностью учета затрат и результатов от конкретных мероприятий. В этой связи предложим следующую классификацию факторов, влияющих на энергосберегающие мероприятия (таблица).

Следует отметить, что в таблице указан не исчерпывающий перечень, список может корректироваться, дополняться и расширяться.

*Описание модели*

Задача моделирования структуры энергосберегающих мероприятий в сфере ЖКХ тесно связана с решением одной из основных задач экономики: результат энергосбережения в ко-



Принципиальная схема реализации энергосберегающих мероприятий в ЖКХ

в конечном итоге должен превышать затраты на внедрение энергосберегающих технологий. Причем требуемый эффект должен быть интересен собственникам и организациям, обслуживающим жилищный фонд.

По сути, эта задача представляет собой классический вариант оценки эффективности: соотношение результата к затратам. Если рас-

сматривать процесс выбора энергосберегающих мероприятий как некую организационно-хозяйственную систему (рисунок), то можно предложить в качестве наиболее универсальной формы анализа и оценки функционирования организационно-хозяйственных систем использовать производственную функцию, например, типа Кобба Дугласа [1]:

### Факторы, влияющие на энергосберегающие мероприятия в ЖКХ

Количественные факторы	Качественные факторы
<p><i>Количественные факторы</i> направлены на решение конкретной проблемы энергосбережения (ресурсосбережения), имеют количественное измерение. Могут быть четко посчитаны затраты на проведение энергосберегающих мероприятий, а также довольно точно (в количественном выражении) определен эффект от конкретного мероприятия. К таким факторам относят:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• установку (замену ресурсосберегающего оборудования, установку датчиков и т. д.);</li> <li>• проведение работ по энергосбережению и ресурсосбережению (утепление, теплоизоляция, промывка теплообменников и т. д.);</li> <li>• объем производимых ЖКУ (и мероприятий по энергосбережению) и т. д.</li> </ul>	<p><i>Качественные мероприятия</i> носят общий характер и не зависят от конкретных работ. Эти факторы оказывают влияние на потребление ЖКУ в целом. К таким факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности потребления ЖКУ (дневное, ночное, какие пиковые нагрузки в потреблении и т. д.);</li> <li>• тип жилья (класс энергоэффективности, состояние жилищного фонда);</li> <li>• доля затрат на энергоресурсы в структуре расходов на ЖКХ;</li> <li>• уровень тарифов на ЖКУ и т. д.</li> </ul>

$$Y = C_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где  $Y$  — расчетный индекс эффективности энергосберегающих мероприятий (в нашем случае это будет обратная величина удельных затрат на проведение ЖКУ на  $1 \text{ м}^2$ , т. е.  $\frac{\text{кв. м}}{\text{затраты на ЖКУ}}$ );

$x_i, i = \overline{1, n}$  — факторы (количественные и качественные), влияющие на  $Y$  (количественные факторы определяются по размерам затрат на  $1 \text{ м}^2$  (руб./ $\text{м}^2$ ), качественные факторы определяются путем построения матрицы нормализованных значений этих показателей<sup>3</sup>), руб.;

$\alpha_i$  — «веса» — коэффициенты эластичности факторов  $x_i$  характеризуют вклад  $x_i$  в  $Y$ ;

$C_0$  — коэффициент нейтральной эффективности (характеризует совокупное влияние факторов (мероприятий), не учтенных моделью).

Следует сказать, что (1), как и всякая модель, имеет ограничения, в частности, что касается количественных факторов, то здесь должно соблюдаться следующее ограничение:

$$M \geq \sum_{i=1}^n x_i^{\text{кол}}, \quad (2)$$

где  $M$  — величина располагаемых собственником (или УК) финансовых ресурсов, руб.;

$x_i^{\text{кол}}$  — количественные факторы, влияющие на эффективность энергосберегающих мероприятий.

Нужно сказать несколько слов об эластичности энергосберегающих мероприятий ( $\alpha_i$ ). Этот показатель отражает степень изменения затрат на ЖКУ при внедрении того или иного мероприятия по энергосбережению. Очевидно, что эластичность энергосберегающих мероприятий зависит от срока окупаемости. Следует сказать, что чем больше коэффициенты эластичности мероприятий, тем интенсивнее влияет мероприятие на экономию (результат) реализации этих мероприятий.

Следующий важнейший этап — вопрос выбора энергосберегающих мероприятий.

*Порядок выбора энергосберегающих мероприятий*

Очевидно, что в условиях ограниченного финансирования задача выбора энергосберегающих мероприятий, которые будут приносить максимально возможную экономию, имеют важ-

ное значение. Рассмотрим такую задачу в упрощенной установке. В процессе эксплуатации жилого здания энергосберегающие мероприятия должны обеспечивать определенную долю экономии ресурсов, а также снижать эксплуатационные затраты. Однако стоит помнить, что каждое энергосберегающее мероприятие требует капитальных вложений. Задача состоит в определении оптимальной стратегии внедрения мероприятий в планируемом периоде с учетом того, чтобы суммарная экономия ресурсов за этот период была максимальной.

Для количественной формулировки задачи введем следующее обозначение:

$u(t)$  — расходы, связанные с оказанием ЖКУ в  $t$  период (без внедрения энергосберегающих мероприятий);

$u^{es}(t)$  — расходы, связанные с оказанием ЖКУ в  $t$  период (после внедрения энергосберегающих мероприятий);

$s(t)$  — экономия за период  $t$  в результате внедрения энергосберегающих мероприятий. Определяется как разница между  $u(t)$  и  $u^{es}(t)$ , т. е.  $s(t) = u(t) - u^{es}(t)$ ;

$z$  — затраты на энергосберегающее мероприятие;

$t$  — продолжительность планового периода;  $t = 0, 1, 2, \dots$

*Постановка задачи*

Чтобы решить задачу, применим принцип оптимальности Р. Белмана [2, 3]. Введем функцию условно-оптимальных значений функции цели  $F_k(t)$ . Эта функция показывает максимальную экономию, получаемую в результате внедрения энергосберегающего мероприятия за последние  $T$  периодов.

Состояние ЖКХ объекта управления характеризуется уровнем затрат на обслуживание и соответствием утвержденным нормативам оказания ЖКУ. Вектор управления — это решение в момент  $t = 0, 1, 2, \dots, T$  о внедрении тех или иных энергосберегающих мероприятий. Для нахождения оптимальной политики внедрения следует проанализировать, согласно принципу оптимальности, процесс от конца к началу (таким образом мы найдем наименьший срок окупаемости внедряемых мероприятий). Для этого сделаем предположение об уровне суммарных затрат на

<sup>3</sup> Можно использовать методы как линейной, так и нелинейной нормализации качественных факторов.

ЖКХ на конец последнего года ( $t = T$ ). В начале первого года имеется две возможности:

1) не внедрять энерго- и ресурсосберегающие мероприятия, тогда экономия будет равна 0:  $s(t) = 0$ ;

2) внедрять энергосберегающие мероприятия (с запланированным сроком  $T$ ), тогда экономия за  $T$  периодов будет равна  $\sum s(t) - z$ , важно, чтобы это выражение было больше 0.

Здесь целесообразно разворачивать процесс от конца к началу. Для последнего года ( $t = T$ ) оптимальной политикой с точки зрения всего процесса будет политика, обеспечивающая максимальную накопленную экономию. Учитывая значение экономии при различных вариантах внедрения энергосберегающих мероприятий (допустим, возможных вариантов мероприятий  $k$ ), приходим к выводу, что решение о внедрении  $k$ -го мероприятия следует принять в случае, когда накопленная экономия от одного мероприятия больше, чем от другого, т. е. мы выбираем такие мероприятия, которые соответствуют

$$F_k(t) = \max \left\{ \sum_{k=1}^K S_k(t) - Z_k \right\}. \quad (3)$$

Здесь следует помнить ограничение по размеру финансирования энергосберегающих мероприятий:  $\sum_{k=1}^K Z_k \leq M$ .

Учитывая вышесказанное, модель оптимальной структуры энергосберегающих мероприятий выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = C_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \rightarrow \max \\ F_k(t) = \max \left\{ \sum_{k=1}^K S_k(t) - Z_k \right\}, \\ \sum_{k=1}^K Z_k \leq M \\ \sum_{i=1}^n x_i^{\text{кол}} \leq M \end{array} \right. \quad (4)$$

где  $Y$  — расчетный индекс эффективности энергосберегающих мероприятий;

$x_i, i = \overline{1, n}$  — факторы (количественные и качественные), влияющие на  $Y$ ;

$\alpha_i$  — «веса» — коэффициенты эластичности факторов  $x_i$  характеризуют вклад  $x_i$  в  $Y$ ;

$C_0$  — коэффициент нейтральной эффективности (характеризует совокупное влияние факторов (мероприятий), не учтенных моделью);

$s(t)$  — экономия за период  $t$  в результате внедрения энергосберегающих мероприятий;

$z$  — затраты на энергосберегающее мероприятие;

$k$  — возможные варианты энергосберегающих мероприятий;

$t$  — продолжительность планового периода;  $t = 0, 1, 2, \dots$

Результатом решения системы (4) является поиск коэффициентов эластичности ( $\alpha_i$ ). Дело в том, что эти коэффициенты показывают степень влияния факторов ( $x_i$ ) на эффективность энергосберегающих мероприятий. Например,  $\alpha_1 = 1,45$  — это означает, что рост затрат на реализацию энергосберегающего мероприятия на 1 % приведет к экономии на 1,45 %.

#### Заключение

Предложенный подход позволяет определить направление и характер использования финансовых ресурсов при внедрении энергосберегающих мероприятий в сфере ЖКХ. Особенностью предлагаемого подхода является то, что в модели учитываются не только количественные характеристики энергосберегающих мероприятий, но и качественные. Предложенный подход позволит рационально использовать имеющиеся финансовые ресурсы, повысить качество управления, а также принимать обоснованные решения в области энерго- и ресурсосбережения в сфере ЖКХ.

#### Библиографический список

1. Березин А. О. Управление территориальной организацией строительства в современных условиях. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010 192 с.
2. Березин А. О. Оценка условий моделирования регионального жилищного сектора в современных условиях, территориальный аспект // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 2010. № 5 (40).
3. Квалиметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов / под общ. и науч. ред. д-ра экон. наук, профессора Г. В. Астратовой; Сургут. гос. пед. ун-т. Сургут: СурГПУ, 2014. 160 с.

### References

1. Berezin A. O. *Upravleniye territorialnoy organizatsiyey stroitelstva v sovremennykh usloviyakh* [Management of territorial organization of construction in modern conditions]. St. Petersburg, SPbGUEF Publ., 2010, 192 p.
2. Berezin A. O. *Otsenka usloviy modelirovaniya regionalnogo zhilishchnogo sektora v sovremennykh usloviyakh. Territorialnyy aspekt* [Evaluation of the terms of the modeling of regional housing sector in modern conditions. Territorial aspect]. *Vestnik INZhEKONa. Seriya: Ekonomika – Bulletin of ENGECON. Ser.: Economics*, 2010, no. 5 (40).
3. *Kvalimetriya: metody kolichestvennogo otsenivaniya kachestva razlichnykh obyektov* [Qualimetry: methods for quantifying the quality of various objects]. Ed. by Astratova G. V. GOU VPO KhMAOYugry «Surgut. gos. ped. un-t» Publ., 2014, 160 p.