

УДК 658.3

Кирикова Елена Алексеевна,

аспирант,

Высшая школа экономики и менеджмента,

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

г.Екатеринбург, Российская Федерация

Разживина Анастасия Александровна,

студент,

Высшая школа экономики и менеджмента,

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

г.Екатеринбург, Российская Федерация

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЕКТОВ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация:

Энергосбережение имеет стратегическое значение для промышленных предприятий по всему миру, поскольку вносит существенный вклад в поддержание их конкурентоспособности за счет снижения затрат на энергоресурсы. Развитие системного подхода к энергетическому менеджменту в промышленности приводит к тому, что компании стремятся не только планировать вложение в совершенствование энергетической инфраструктуры, но и обосновать объем таких инвестиций, давая адекватную оценку рисков для каждого проекта.

В данной статье исследованы теоретические аспекты оценки рисков проектов по энергосбережению в промышленности и обоснованы основные переменные, которые должны подвергаться контролю при проведении соответствующей оценки. На основе метода Монте-Карло произведена оценка устойчивости финансовых потоков инвестиционного проекта по энергосбережению. Особенностью предлагаемой модели является распределение рисков между предприятием-клиентом и энергосервисной компанией, которые совместно вкладывают инвестиции для получения устойчивого потока доходов в будущем. Оценка расчетов по рассмотренной имитационной модели показывает, что существенное влияние на распределение рисков оказывают различные факторы, относящиеся к внешней и внутренней среде

предприятия, такие как климатические условия, динамика цен на энергоресурсы, квалификация и компетенции персонала.

Ключевые слова:

энергомеджмент, оценка рисков, имитационное моделирование, Монте-Карло

Введение

Принципы устойчивого экономического развития предполагают повышение экологической ответственности производителей и применения высокоэффективных технологий энергосбережения, которые бы обеспечивали не только снижение прямых затрат компаний, но и сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу. Очевидно, что современным предприятиям необходимы энергосберегающие технологии производства, однако их внедрение сопряжено со значительными рисками ввиду того, что компании сильно различаются по уровню опыта в области энергомеджмента и работают в различных рыночных условиях. Управление рисками в сфере энергопотребления является одним из наиболее перспективных направлений в энергомеджменте, поскольку оно позволяет спрогнозировать устойчивость конкретного проекта в условиях влияния значительного количества внешних и внутренних факторов.

Проблемы повышения энергоэффективности остро стоят перед мировым сообществом и находят отражения в национальном законодательстве по всему миру. В России в федеральном законе 261-ФЗ отражены базовые понятия, относящиеся к сущности энергоресурсов и энергетической политики предприятий. Под энергосбережением понимается комплекс реализуемых организационных, правовых, технических, технологических, экономических мер, которые направлены на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования [1]. Несмотря на закрепление в законодательстве базовых понятий и процедур энергосбережения, отдельные методические аспекты управления проектами по энергомеджменту продолжают оставаться в ведении предприятий. В российских условиях у большинства предприятий недостаточно опыта в области управления рисками в сложных условиях внешней среды. В данной статье мы исследуем проблему оценки рисков в энергосбережении на основе методов имитационного моделирования, которое позволяет спрогнозировать поток чистых дисконтированных доходов инвестиционного проекта в зависимости от экспертных оценок вероятности возникновения тех или иных неблагоприятных ситуаций, которые влияют на снижение эффективности инвестиций.

Идентификация и оценка рисков в проектах по энергоэффективности: обзор литературы

Проблема управления рисками в энергосбережении актуальна для большинства проектов, поскольку в значительном числе случаев они являются комплексными, сложными планами, масштабы которых могут охватывать не только конкретные предприятия, но и города и даже целые регионы. Зачастую наибольшая прибыль приходит от проектов с повышенным риском. Поэтому с точки зрения энергоменеджмента следует грамотно оценивать направления развития фирмы и выстраивать стратегию энергопотребления. Каждое событие можно разделить на несколько вариантов исхода и заранее проанализировать, какой из них все же принесет максимальную прибыль. При таком анализе возможно скорректировать ход действий для наилучшего результата с целью минимизации ожидаемых рисков. Оценка рисков осуществляется, прежде всего, в интересах инвесторов, которые размещают капитал, ожидая получить определенный уровень доходности. Риски являются вероятностными величинами, которые, как правило, негативно влияют на конечный результат инвестиционного проекта. В экономическом анализе необходимо учитывать, прежде всего, экономические результаты в виде потоков чистых дисконтированных доходов от реализации проекта по энергосбережению.

В литературе приведено множество свидетельств использования различных статистических и имитационных методов оценки рисков в проектах по энергосбережению, большинство из работ посвящено сфере гражданского строительства [2]. Кроме того, значительная часть исследований посвящена проблемам энергосервиса и оценке рисков, возникающих в таких проектах [3]. Приобретение и утилизация энергетических ресурсов неизбежно связана с экономическими, финансовыми, климатическими и социальными рисками, которые в значительной степени определяют конечную эффективность инвестиционных проектов (таблица 1).

Таблица 1 – Виды рисков в инвестиционных проектах, причины и последствия их возникновения, составлено авторами на основе [3]–[5]

Вид риска	Причины возникновения	Последствия возникновения
Экономический	Волатильность рынков ресурсов (особенно колебания цен на энергоносители) и человеческого капитала	Сокращение доходов ЭСКО, повышение стоимости капитала, сокращение предполагаемой экономии

Финансовый	Неплатежеспособность, уровень экономии от энергосбережения не достигается	Отклонение финансирования со стороны банка, снижение чистых доходов от проекта
Технологический	Низкая эффективность использования оборудования и материалов, погрешности в проекте по техническому внедрению	Сокращение потока ожидаемой экономии, снижение загрузки оборудования по сравнению с плановой
Операционный	Высокий износ оборудования, перебои в функционировании в результате перегрузов, незапланированное потребление ресурсов, изменение базовой линии	Потребление большего количества энергии для достижения того же уровня результативности, изменение в величине ожидаемой экономии от энергосбережения
Риски измерения и верификации	Низкая разрешающая способность собираемых данных, ошибки в моделировании процессов, несопоставимость данных, неточности в измерениях	Рост неопределенности в прогнозировании энергопотребления, неточность моделей и увеличение уровня фактического потребления энергоресурсов

В связи сложностью проектов по энергосбережению большинство компаний обращаются к специализированным услугам энергосервисных компаний (ЭСКО), которые осуществляют инвестиции в энергетическую инфраструктуру на предприятии клиента и взимают в качестве дохода экономию от реализуемых проектов по энергосбережению [6]. Такой способ привлечения инвестиций и распределения инвестиционных рисков распространился в развитых странах в течение последних десятилетий [6], [7]. Наряду с использованием ЭСКО одним из основных методов снижения рисков является страхование энергоэффективности [8].

Среди методов оценки рисков в энергоменеджменте наибольшее значение получает имитационное моделирование, которое позволяет симулировать реальные условия внедрения и реализации проектов по энергосбережению [6]. Имитационное моделирование – это метод анализа и прогнозирования поведения сложных систем под влиянием множества факторов в условиях заданных закономерностей, который используется, когда традиционные математические методы исследования невозможны или неэффективны. В проектах по энергосбережению при оценке рисков возникновения негативных ситуаций при реализации энергоэффективных мероприятий обычно используется метод Монте-Карло [4]. При анализе вариантов случайного поведения систем на основе Монте-Карло обычно генерируются и обрабатываются определенные наборы входящих параметров, которые затем используются для расчета результирующей величины. Генерация псевдослучайных чисел происходит тому же общему алгоритму, конечные значения являются при этом независимыми друг от друга. В результате оцениваются распределения плотностей вероятностей возникновения того или иного результирующего значения, которое определено в рамках модели.

Метод имитационного моделирования

Для целей исследования был использован метод Монте-Карло, начальные параметры модели закладывались из условий реального инвестиционного проекта, реализуемого на одном из металлургических предприятий Свердловской области в 2014 году. Металлургическое предприятие на основе внутреннего энергоаудита разработало ряд рекомендаций по внедрению мероприятий по энергоэффективности, общая сумма инвестиций составит 315 400 рублей в начальном периоде (единовременно), ожидаемая ежегодная сумма экономии составит 195 400 рублей ежегодно. Таким образом, величины инвестиций и экономии в целях моделирования принимались фиксированными. Для реализации проекта была привлечена энергосервисная компания (ЭСКО), которая обеспечивала бы инвестиции в размере от 50 до 100 % от общего объема в первом году (треугольное распределение с медианным значением 75 %). Распределение выгод между ЭСКО и клиентом происходит пропорционально затратам. Величина внутренних рисков проекта колеблется в пределах от 0 до 10 % (нормальное распределение со средним значением 5 %), норма дисконта, учитывающая экономические риски составит 11 % (фиксированная величина).

Согласно условиям исходного случая, общая величина чистых дисконтированных доходов от проекта (NPV) должна быть разделена между предприятием-клиентом ($NPVC$) и ЭСКО ($NPVE$):

$$NPV = NPVC + NPVE \quad (1)$$

С учетом интересов клиента ЭСКО величина NPV по результатам конкретного проекта по энергосбережению будет выглядеть следующим образом:

$$NPVC = \sum_{t=0}^T \frac{(1 - d_{et}) \times E_t \times (1 + \alpha)^t}{(1 + r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{(1 - k_{et}) \times C_t \times (1 + \beta)^t}{(1 + r)^t}, \quad (2)$$

где d_e – доля выгод от проекта по энергосбережению, получаемой энергосервисной компанией в период времени t , доли единицы;

E – ожидаемая экономия от реализации проекта в период времени t , в рублях;

α – коэффициент, учитывающий изменение экономии с учетом внешних и внутренних рисков реализации конкретного проекта, доли единицы;

β – коэффициент, учитывающий изменение затрат на реализацию проекта с учетом внешних и внутренних рисков реализации конкретного проекта, доли единицы;

r – норма дисконта, учитывающая величину инфляции и альтернативную безрисковую доходность, доли единицы (если величина выражена в процентах, то она делится на 100);

T – жизненный цикл инвестиционного проекта или расчетный период, по завершении которого планируется получить положительную величину NPV , годы (возможно выбрать другой период измерения, при этом скорректировав коэффициенты и норму дисконта);

k_e – доля затрат в проекте по энергосбережению, которые несет энергосервисная компания в период времени t ;

C – ожидаемые затраты на реализацию проекта в период времени t , в рублях.

Для энергосервисной компании поток ожидаемых чистых доходов с учетом факторов риска и дисконтирования будет представлен следующим образом:

$$NPVE = \sum_{t=0}^T \frac{d_{et} \times E_t \times (1 + \alpha)^t}{(1 + r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{k_{et} \times C_t \times (1 + \beta)^t}{(1 + r)^t}$$

(3)

Для оптимального результата необходимо соблюдение ряда одновременных условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} NPV \rightarrow \max \\ NPVC \rightarrow \max \\ NPVE \rightarrow \max \\ \alpha \rightarrow \min \\ \beta \rightarrow \max \end{array} \right.$$

(4)

В результате моделирования, при соблюдении указанных условий, могут быть отобраны оптимальные варианты распределения инвестиций для энергосервисной компании и для металлургического предприятия-клиента. Моделирование осуществлялось при генерировании 500 тыс. итераций на основе псевдослучайных чисел при заданных распределениях величин в исходном уравнении. Моделирование осуществлялось с помощью специализированного программного обеспечения.

Результаты и их обсуждение

В результате имитационного моделирования были получены таблица с результатами генерации входящих параметров и расчетов итоговых значений, а также диаграммы распределения плотностей вероятностей возникновения того или иного уровня чистого дисконтированного дохода и его распределения между участниками проекта по энергосбережению. Также оценивалась разница между затратами энергосервисной

компании и выгодами предприятия-клиента. Шесть отобранных оптимальных сценариев с учетом системы условий (4) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Наиболее выгодные для компаний сценарии при соблюдении критериев в системе условий (4), отобрано по результатам имитационного моделирования.

Сценарий	de	ke	a	C	E	r	NPV	NPV _C	NPVE	ke-de
1	89,91	96,71	-9,84	315,400	195,400	11,00	80,639.89	7,077.26	73,562.64	6,80
2	87,61	97,48	-10,17	315,400	195,400	11,00	62,186.38	13,823.06	48,363.33	9,87
3	83,90	95,90	-10,23	315,400	195,400	11,00	38,811.63	16,323.82	22,487.82	12,00
4	83,05	95,01	-10,15	315,400	195,400	11,00	34,587.83	15,330.98	19,256.84	11,96
5	81,82	92,40	-9,26	315,400	195,400	11,00	34,393.77	10,103.14	24,290.63	10,58
6	78,91	90,13	-9,13	315,400	195,400	11,00	19,788.82	9,593.87	10,194.95	11,22

Оценка диаграмм плотностей распределения вероятностей показала незначительную вероятность смещения общего дисконтированного дохода в отрицательную зону (общая вероятность менее 5%), при сокращении первоначального объема инвестиций до 290 000 рублей в первоначальном периоде вероятность отрицательного чистого дохода сокращается (рисунок 1).

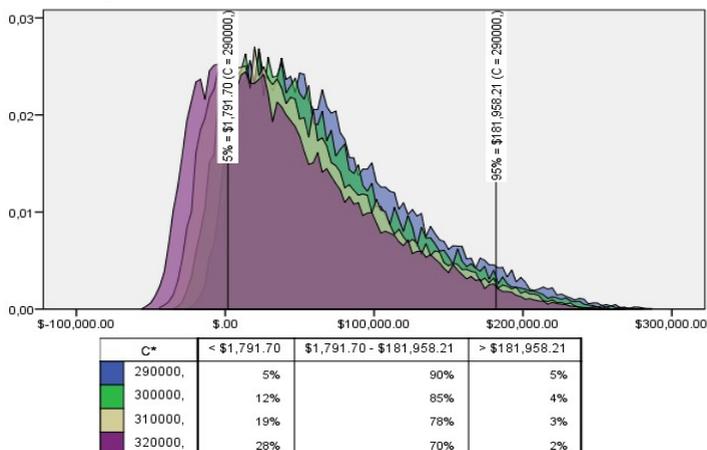


Рисунок 1 – Результаты оценки плотности распределения вероятностей для величины NPV при заданных интервалах начальных условий

На рисунке 2 были оценены плотности распределения вероятностей получения того или иного чистого дохода для каждого из участников проекта по энергосбережению. Оценки показывают, что компания-клиент находится в зоне больших рисков, чем ЭСКО, вероятность получения отрицательного дохода составляет более 75%, прежде всего, это связано с низким уровнем эффективности реализации проекта собственными силами, поскольку ЭСКО имеет больше компетенций в области энергосбережения (рисунок 2).

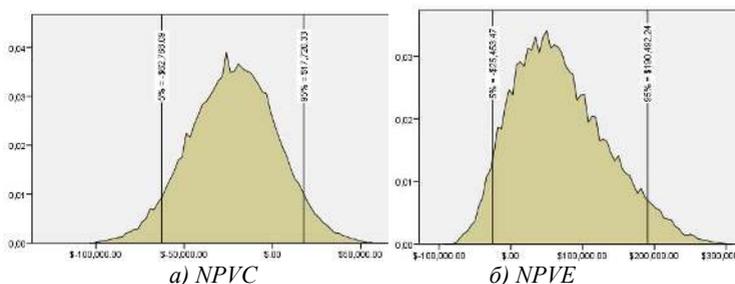


Рисунок 2 – Результаты оценки плотности распределения вероятностей для величины NPVC и NPVE при заданных интервалах начальных условий

Одной из центральных проблем, которые должны рассматриваться при моделировании является адекватная оценка рисков проектов по энергосбережению, которая сопряжена со всеми стадиями практической реализации таких мероприятий (величина α). Оценка должна проводиться экспертами исходя из климатических, экономических, технических и социальных условий, в которых реализуется конкретный проект.

Выводы и рекомендации к дальнейшему исследованию

Оценка рисков при реализации проектов по энергосбережению является одним из ключевых направлений инвестиционного анализа, поскольку на основе подобной оценки возможно спрогнозировать вероятность снижения потока ожидаемых доходов вследствие негативного влияния различных факторов. В данной статье мы предложили модель имитационного моделирования потоков чистых дисконтированных платежей от проектов по энергосбережению, реализуемых промышленными компаниями-клиентами совместно с энергосервисными компаниями. Особенностью предлагаемой модели является учет специфических величин рисков, характерных для проектов по энергосбережению, связанных с

наличием технических компетенций у сторон, реализующих проект, складывающимися экономическими условиями хозяйствования и климатическими факторами в регионах присутствия. Перспективным направлением исследования становится углубленная оценка типичных технических, климатических и социально-экономических рисков, с которыми сталкиваются промышленные компании при реализации проектов по энергосбережению по всему миру.

Список используемых источников

1. Правительство Российской Федерации Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» 23 ноября 2009 года N 261-ФЗ / 2009.
2. Zhang X., Wu Z., Feng Y., Xu P. “Turning green into gold”: a framework for energy performance contracting (EPC) in China’s real estate industry // *Journal of Cleaner Production*. – 2015. – № 109. – С. 166–173.
3. Lee P., Lam P. T. I., Lee W. L. Risks in Energy Performance Contracting (EPC) projects // *Energy and Buildings*. – 2015. – № 92. – С. 116–127.
4. Jackson J. Promoting energy efficiency investments with risk management decision tools // *Energy Policy*. – 2010. – № 38. – 8. – С. 3865–3873.
5. Mills E., Kromer S., Weiss G., Mathew P. A. From volatility to value: analysing and managing financial and performance risk in energy savings projects // *Energy Policy*. – 2006. – № 34. – 2. – С. 188–199.
6. Shang T., Zhang K., Liu P., Chen Z., Li X., Wu X. What to allocate and how to allocate?—Benefit allocation in Shared Savings Energy Performance Contracting Projects // *Energy*. – 2015. – № 91. – С. 60–71.
7. Mathew P., Kromer J. S., Sezgen O., Meyers S. Actuarial pricing of energy efficiency projects: lessons foul and fair // *Energy Policy*. – 2005. – № 33. – 10. – С. 1319–1328.
8. Mills E. Risk transfer via energy-savings insurance // *Energy Policy*. – 2003. – № 31. – 3. – С. 273–281.

Kirikova Elena,

Graduate student,
Graduate School of Economics and Management,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
Ekaterinburg, Russian Federation

Razzhivina Anastasia,

Student,
Graduate School of Economics and Management,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
Ekaterinburg, Russian Federation

**ESTIMATION OF ENERGY SAVING PROJECTS
RISKS BASED ON SIMULATION METHODS**

Abstract:

Energy saving is of strategic importance for industrial enterprises around the world, as it makes a significant contribution to maintaining their competitiveness by reducing energy costs. The development of a systematic approach to energy management in industry leads to the fact that companies are trying not only to plan investments in improving the energy infrastructure, but also to justify the volume of such investments, giving an adequate assessment of the risks for each project.

This article explores the theoretical aspects of risk assessment of energy saving projects in the industry and substantiates the main variables that should be monitored when conducting an appropriate assessment. Based on the Monte Carlo method, the stability of the financial flows of the energy saving investment project has been estimated. A distinguishing feature of the proposed model is the distribution of risks between a client enterprise and an energy service company that jointly invest to achieve a steady stream of income in the future. The estimation of calculations on the considered simulation model shows that various factors related to the external and internal environment of the enterprise, such as climatic conditions, the dynamics of energy prices, the qualifications and competences of the personnel, have a significant influence on the distribution of risks.

Key words:

energy management, risk assessment, simulation modeling, Monte Carlo