

Сайлаубеков Н.Т.,
Джумадилова Ш.Г.,
Темирралиева Г.Т.

**Оценка рисков проектов
внедрения энергоэффективных
технологий на основе
возобновляемых источников
энергии на базе имитационного
моделирования**

В работе приведен методический подход оценки рисков проектов внедрения энергоэффективных технологий на основе возобновляемых источников энергии на базе имитационного моделирования. Имитационное моделирование является одним из наиболее распространенных методов анализа экономических систем. При оценке рисков учитываются методы учета фактора времени, оценки потоков платежей, анализ эффективности инвестиционных проектов и др. Данный подход состоит из пяти этапов и предполагает использование специальной модели для оценки ставки дисконтирования для конкретного проекта по использованию возобновляемых источников энергии. Такой способ позволит достоверно и точно оценить риски внедрения энергоэффективных технологий в сфере возобновляемых источников энергии и принять статистически обоснованное решение о реализации или отказе от реализации инвестиционного проекта.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, имитационное моделирование, статистический анализ, ключевые варьируемые параметры проекта, анализ результатов.

Sailaubekov N.T.,
Jumadilova Sh. G.,
Temirralieva G.T.

**Risk assessment of projects of
introduction of energy efficient
technology based on renewable
energy sources using simulation**

The paper provides risk assessment of projects of introduction of energy efficient technology based on renewable energy sources using simulation. Simulation is one of the most common methods for the analysis of economic systems. In the risk assessing we take into account the methods considering the time factor, assessment of payment flows, analysis of efficiency of an investment project, etc. This approach consists of five stages and involves the use of a special model for estimating the discount rate for a specific project on the use of renewable energy sources. This way enables us to assess precisely the risks of introduction of energy efficient technology based on renewable energy sources and make statistically substantiated decision about implementation or rejection from implementation of the investment project.

Key words: renewable energy sources, simulation, statistical analysis, key varying parameters of the project, results analysis.

Сайлаубеков Н.Т.,
Джумадилова Ш.Г.,
Темирралиева Г.Т.

**Қайта қалпына келетін
энергия көздеріне негізделген
энергетикалық тиімді
технологияларды енгізу
жобаларының тәуекелін
имитациялық модельдеу
арқылы бағалау**

Мақалада қайта қалпына келетін энергия көздеріне негізделген энергетикалық тиімді технологияларды енгізу жобаларының тәуекелін имитациялық модельдеу арқылы бағалаудың әдістемелік амалы келтірілген. Имитациялық модельдеу экономикалық жүйелерді талдау үшін ең көп таралған әдістерінің бірі болып табылады. Тәуекелді бағалағанда уақыт, төлемдер ағымдарын бағалау, инвестициялық жобалардың тиімділігін бағалау және басқа факторларын ескеру әдістері қарастырылады. Бұл тәсіл бес кезеңнен тұрады және қайта қалпына келетін энергия көздерін пайдалану жөніндегі нақты жоба бойынша дисконт мөлшерлемесін бағалау үшін арнайы моделін пайдалануды көздейді. Осы амал қайта қалпына келетін энергия көздеріне негізделген энергетикалық тиімді технологияларды енгізу тәуекеліне нақты баға беруге және статистикаға негізделген жүзеге асыру туралы шешім қабылдауға немесе инвестициялық жобадан бас тартуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: қайта қалпына келетін энергия көздері, имитациялық модельдеу, статистикалық талдау, жобаның негізгі өзгермелі көрсеткіштері, нәтижелерді талдау.

**ОЦЕНКА РИСКОВ
ПРОЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
НА ОСНОВЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ
ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Введение

Имитационное моделирование является одним из наиболее распространенных методов анализа экономических систем. В общем случае под имитацией понимают процесс компьютерной реализации экспериментов с математическими моделями определенных систем действительности. Цели проведения подобных экспериментов могут быть самыми различными – от выявления свойств и закономерностей исследуемой системы до решения конкретных практических задач. С развитием средств вычислительной техники и программного обеспечения спектр применения имитации в сфере экономики существенно расширился. В настоящее время ее используют как для решения задач управления предприятием, так и для моделирования управления на макроуровне.

Экспериментальная часть

Теория имитационного моделирования представлена в работах таких исследователей, как Хемди А. Таха, Строгалев В.П. и Толкачева И.О., Лукасевич И.Я. [1-3]. Методологической основой имитационного моделирования является системный анализ, главной задачей которого является построение обобщенной модели анализируемого объекта, которая отражает основные факторы и взаимосвязи реальной системы. Практическая реализация связана с созданием модели или комплекса моделей с развитыми динамическими и информационными связями между моделями различных уровней.

Результаты и обсуждение

Как известно [3], имитационное моделирование представляет собой серию численных экспериментов, призванных получить эмпирические оценки степени влияния различных факторов (исходных величин) на некоторые зависящие от них результаты (показатели).

В общем случае проведение имитационного эксперимента можно разбить на следующие этапы:

1. Установить взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математического уравнения или неравенства.

2. Задать законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели.

3. Провести компьютерную имитацию значений ключевых параметров модели.

4. Рассчитать основные характеристики распределений исходных и выходных показателей.

5. Провести анализ полученных результатов и принять решение.

Кроме того, результаты имитационного эксперимента могут быть дополнены статистическим анализом, а также использоваться для построения прогнозных моделей и сценариев.

Первый этап анализа, как отмечено выше, состоит в определении зависимости результирующего показателя от исходных данных. При этом в качестве результирующего показателя принято брать один из критериев эффективности, например, чистую приведенную стоимость NPV, внутреннюю ставку доходности IRR, срок окупаемости проекта и др. [4].

Пусть для определенности используемым критерием является чистая современная стоимость проекта NPV, которая вычисляется по известной формуле (см., например, в [3 или 4]):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

где NCF_t – величина чистого потока платежей в периоде t , r – ставка дисконтирования, t – номер периода, n – расчетный период и I_0 – величина инвестиций.

В целях упрощения полагают, что генерируемый проектом поток платежей имеет вид аннуитета. Тогда величина потока платежей NCF для любого периода t одинакова и может быть определена из соотношения:

$$NCF = [Q(P - V) - F - A](1 - T) + A,$$

где:

Q – объем производства электроэнергии;

P – цена реализации электроэнергии;

V – переменные затраты;

F – постоянные затраты;

A – амортизация;

T – ставка налога на прибыль.

Отметим, что в известной литературе, например, в указанном выше учебном пособии [1], значения нормы дисконта r и первоначального объема инвестиций I_0 известны и считаются постоянными в течение срока реализации проекта.

Мы же в своем подходе проведения имитационного эксперимента предлагаем внести следующие изменения, которые позволят получить более точные и обоснованные количественные оценки рисков проекта:

1) для конкретного проекта по использованию возобновляемых источников энергии предложить использовать специальную модель для оценки ставки дисконтирования (ниже, в таблице 1, приведен пример расчета этой ставки для проекта, использующего инвестиции в размере 1 млн. тенге);

2) первоначальный объем инвестиций I_0 мы предлагаем включить в список изменяемых параметров модели в связи с тем, что в ходе реализации проекта по объективным причинам может увеличиться объем капиталовложений, что подтверждается практикой.

Таблица 1 – Расчет ставки дисконтирования

N	Источники финансирования	Сумма, тенге	Доходность, %
1	Банковское финансирование	200 000	12,0%
2	Вложения акционера	150 000	16,0%
3	Государственное финансирование	50 000	14,5%
4	Собственные средства компании	600 000	18,9%
5	Общая сумма финансирования	1 000 000	
6	Ставка дисконтирования	16,9%	

Принципы определения стоимости (доходности) источников финансирования приведем согласно [5]:

1. Принципы определения стоимости банковского финансирования.

В качестве стоимости банковского финансирования указывается предполагаемая ставка по кредитам, которые будут получены для реализации проекта. Данная модель расчета ставки предполагает, что эти кредиты будут учтены в денежных потоках проекта, поэтому в ставке не выполняется никаких корректировок, связанных с налоговыми выгодами от учета процентов по кредитам (эти выгоды напрямую отразятся в модели денежных потоков проекта).

2. Принципы определения стоимости акционерного капитала.

Ставка определяется как требование акционера к доходности вложенных им средств. В рамках данной модели мы не используем никаких расчетных формул. Рекомендуемые ориентиры при выборе ставки дисконтирования:

- средняя сложившаяся на рынке ставка;
- текущее ROE (рентабельность собственного капитала) компании акционера;

3. Расчет стоимости государственного финансирования;

Ставка рефинансирования НБ 5,50%.

Категория проекта 2.

Рисковые премии в зависимости от категории проекта:

- 1) вложения при интенсификации производства на базе освоенной техники 4%;
 - 2) увеличение объема продаж существующей продукции 9%;
 - 3) производство и продвижение на рынок нового продукта 14%;
 - 4) вложения в исследования и инновации 19%;
- Рисковая премия для проекта – 9%;

Итоговое значение – 14,5%.

4. Расчет стоимости собственных средств компании.

Собственный капитал в балансе компании – 1 500.

Заемный капитал в балансе компании – 500.

Целевое значение ROE – 16%.

Средневзвешенная процентная ставка по займам – 12%.

Ставка налога на прибыль – 15%.

WACC компании – 14,6%.

Рисковые премии в зависимости от категории проекта:

- вложения при интенсификации производства на базе освоенной техники 0,0%;
- увеличение объема продаж существующей продукции 4,4%;
- производство и продвижение на рынок нового продукта 8,7%;
- вложения в исследования и инновации 4,4%.

Рисковая премия для проекта

Итоговое значение – 18,9%

Таким образом, можно сделать вывод, что для анализируемого проекта ставка дисконтирования должна быть на уровне 16,9%.

Второй этап проведения анализа состоит в выборе законов распределения вероятностей ключевых переменных. Согласно вышеприведенным условиям, ключевыми варьируемыми параметрами являются объем производства электроэнергии Q , цена реализации электроэнергии P и объем вложенных в проект инвестиций I_0 . Диапазоны возможных изменений варьируемых показателей приведены в таблице 2. При этом будем исходить из предположения, что все ключевые переменные имеют равномерное распределение вероятностей. В таблице 3 приведены неизменяемые параметры проекта.

Таблица 2 – Ключевые варьируемые параметры проекта

Показатели	Сценарий		
	наихудший	наилучший	вероятный
Объем производства электроэнергии Q	20338	24338	22338
Цена реализации P	69	77	73
Инвестиции I_0	1450000	1040000	1248000

Таблица 3 – Неизменяемые параметры проекта

Показатели	Наиболее вероятное значение
Постоянные затраты F, тенге	1 385 000
Амортизация А, тенге	83200
Налог на прибыль T, %	15
Расчетный период проекта n, лет	15

Прежде чем перейти к следующему этапу, отметим, что существование коррелированных переменных в проектном анализе вызывает порой проблему. Не рассмотреть ее означало бы заранее обречь себя на неверные результаты. Ведь без учета коррелированности, скажем, двух пе-

ременных, компьютер, посчитав их полностью независимыми переменными, генерирует нереалистичные проектные сценарии [6].

Поэтому ниже, в таблице 4, мы приводим корреляционную матрицу, рассчитанную для ключевых варьируемых параметров проекта.

Таблица 4 – Корреляционная матрица ключевых варьируемых параметров проекта

Ключевые параметры проекта	Q	P (тенге за кВт)	I_0
Q	1		
P (тенге за кВт)	0,1107	1	
I_0	0,0377	0,0172	1

Из таблицы 4 следует, что выбранные в качестве ключевых варьируемых параметров проекта переменные практически не коррелируют друг с другом.

Третий этап – проведение расчетных итераций является полностью компьютеризированной частью анализа рисков проекта. 200-500 итераций обычно достаточно для хорошей репрезентативной выборки. В процессе каждой итерации происходит случайный выбор значений ключевых переменных из специфицированного интервала в соответствии с вероятностными распределениями и условиями корреляции.

На четвертом этапе рассчитываются и сохраняются результативные показатели (в нашем случае, чистая приведенная стоимость проекта). И так далее, от итерации к итерации. Затем рассчитываются основные характеристики распределений исходных и выходных показателей. Для определенности приведем основные характеристики, получаемые в ходе имитационного эксперимента, в таблице 5 (число имитаций – 400).

На последнем, пятом, этапе проводится интерпретация результатов, собранных в процессе итерационных расчетов. Для анализа результатов моделирования определяется закон распределения результирующего показателя инвестиционного проекта, на основе которого можно оценить риски рассматриваемого проекта. Для этого используют рассчитанные на четвертом этапе показатели математического ожидания и среднеквадратического отклонения, а также различные вероятностные показатели. Так, например, можно будет с определенной вероятностью утверждать, что значение показателя эффективности инвестиционного проекта в сфере возобновляемых источников энергии не будет ниже определенной величины или определить вероятность получения значений критериев эффективности, свидетельствующих о неэффективности инвестиционного проекта. В частности, для данных, приведенных в таблицах 1-4, полученные результаты (таблица 5) указывают на то, что проект является рискованным, т.к. вероятность, того, что NPV проекта будет отрицательной, равна 38%.

Таблица 5 – Основные характеристики расчетных данных имитационного эксперимента

Показатели	Объем производства Q	Цена реализации P	Инвестиции I_0	Платежи NCF	NPV
Среднее значение	22472,7	73,1	1249658,6	215364,9	217162,5
Стандартное отклонение	1143,7	2,6	119869,0	87107,6	606691,1
Коэффициент вариации	0,0509	0,0352	0,0959	0,4045	2,7937
Минимум	20342	69	1041036	21355,4	-1197234,7
Максимум	24333	77	1448674	411918,5	1669092,3
Число проектов с NPV>0					247,0
Вероятность p (NPV>0)					62%

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что имитационное моделирование существенно повышает возможности и эффективность работы лиц, принимающих решения, предоставляя им достаточно надежный и обоснованный ин-

струмент для достижения поставленных целей. Применение предложенного выше алгоритма позволит количественно оценить риски инвестиционного проекта в сфере возобновляемых источников энергии и принять обоснованное решение о реализации или отказе от реализации инвестиционного проекта.

Литература

- 1 Хемди А. Таха. Введение в исследование операций // Operations Research: An Introduction. – 7-е изд. – М.: «Вильямс», 2007.
- 2 Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008.
- 3 Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 400 с.
- 4 Сайлаубеков Н.Т., Абдыгаппарова С.Б., Байтанаева Б.А., Шайхутдинова А.К. Оценка эффективности проектов по использованию альтернативных источников энергии // Вестник КазНУ. – №6(106). – Алматы, 2014. – С.24-29.
- 5 Постановления Правительства РФ №1470»... Об утверждении Положения об оценке эффективности инвестиционных проектов при размещении на конкурсной основе централизованных инвестиционных ресурсов Бюджета развития Российской Федерации».
- 6 Темиралиева Г.Т., Сайлаубеков Н.Т. Имитационное моделирование финансовых рисков методом Монте-Карло // Сб. трудов Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии». КБТУ. – Алматы, 2008. – С. 231-234.

References

- 1 Hemdi A. Taha. Vvedenie v issledovanie operacij // Operations Research: An Introduction. – 7-e izd. – M.: «Vil'jams», 2007.
- 2 Strogalev V.P., Tolkacheva I.O. Imitacionnoe modelirovanie. – M.: MGTU im. Baumana, 2008.
- 3 Lukasevich I.Ja. Analiz finansovyh operacij. Metody, modeli, tehnika vychislenij. – M.: JuNITI, 1998. – 400 s.
- 4 Sajlaubekov N.T., Abdygapparova S.B., Bajtanaeva B.A., Shajhutdinova A.K. Ocenka jeffektivnosti proektov po ispol'zovaniju al'ternativnyh istochnikov jenerгии // Vestnik KazNU. – №6(106). – Almaty, 2014. – S.24-29.
- 5 Postanovlenija Pravitel'stva RF №1470»... Ob utverzhenii Polozhenija ob ocenke jeffektivnosti investicionnyh proektov pri razmeshhenii na konkursnoj osnove centralizovannyh investicionnyh resursov Bjudzheta razvitija Rossijskoj Federacii».
- 6 Temiralieva G.T., Sajlaubekov N.T. Imitacionnoe modelirovanie finansovyh riskov metodom Monte-Karlo // Sb. trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Problemy innovacionnogo razvitija neftegazovoj industrii». KBTU. – Almaty, 2008. – S. 231-234.