

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ КАК ИНСТРУМЕНТА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Л.А. Баев, baevla@susu.ru

О.В. Егорова, egorovaov@susu.ru

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Статья посвящена вопросам корректной оценки и управления опциональными инвестиционными проектами в реальные активы. Методология исследования базируется на принципах принятия рациональных многокритериальных решений в условиях неопределенности, обуславливающей не только риски, но и возможности повышения эффективности проектов путем априорного введения в проекты опционов, позволяющих использовать вероятные возможности. В процессе исследования анализируются различные подходы и методы оценки эффективности инвестиционных проектов и стоимости реальных опционов. Цель исследования – проанализировать и оценить существующие подходы к оценке реальных опционов и опциональных проектов, с позиций их верифицируемости и адекватной практической реализации; усовершенствовать существующие методы априорной оценки и управления опциональными проектами, повышающие их релевантность, адаптивность и возможности корректной практической реализации. Объектом исследования являются адаптивные опциональные инвестиционные проекты в реальном секторе экономики. Проверяемая гипотеза исследования: для корректного принятия управленческих решений, в области реальных опциональных проектов, целесообразно совмещение бинарного подхода ROV-метода с многофакторной экспертной оценкой сравнительной вероятности оптимистического и пессимистического прогноза исходов опционального решения методом анализа иерархий Саати (МАИ), что позволит получить верифицируемую оценку целесообразности принятия опциональных решений. Показано принципиальное отсутствие возможности прямого использования для оценки реальных опционов методологии оценки опционов финансовых. В качестве основы разработки авторского метода оценки стоимости реального опциона использован бинарный подход дерева решений и ROV-метод (real option valuation). Несмотря на достаточно высокую гибкость и адаптивность этого метода, ключевой задачей его практического использования является оценка вероятностей оптимистической и пессимистической траекторий бинарного опционального ветвления, что, в силу принципиальной новизны большинства инвестиционных проектов и отсутствия достоверной ретроспективной информации, реализуемо лишь с привлечением релевантных и верифицируемых экспертных методов. Предлагаемый метод рассматривается авторами как модифицированный метод оценки стоимости реального опциона (MROV-метод – modified real option valuation). Практическое значение полученных результатов исследования заключается в повышении корректности оценок стоимости реальных опционов и опциональных проектов и принятия эффективных опциональных управленческих решений в реальных инвестиционных проектах.

Ключевые слова: теория реальных опционов, опциональный инвестиционный проект, технологический суверенитет, адаптивность, верифицируемость, сравнительные вероятности

Для цитирования: Баев Л.А., Егорова О.В. Развитие теории реальных опционов как инструмента адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2024. Т. 18, № 2. С. 75–90. DOI: 10.14529/em240206

Original article
DOI: 10.14529/em240206

DEVELOPMENT OF THE THEORY OF REAL OPTIONS AS A TOOL FOR ADAPTIVE MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECT EFFICIENCY

L.A. Baev, baevla@susu.ru

O.V. Egorova, egorovaov@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. The article is devoted to the issues of correct assessment and management of optional investment projects in real assets. The research methodology is based on the principles of rational multicriterial decision-making in conditions of uncertainty, which determines not only risks, but also opportunities to improve the efficiency of projects, through the a priori introduction of options into the projects, allowing the use of probable opportunities. The study analyzes various approaches and methods of assessing the efficiency of investment projects and the value of real options. It shows that there is no possibility in principle to directly use the methodology of financial options valuation for the valuation of real options. The binary decision tree approach and ROV-method (real option valuation – method) are used as the basis for the development of the author's method of real option valuation. Despite a rather high flexibility and adaptability of this method, the key task of its practical use is to estimate the probabilities of optimistic and pessimistic trajectories of binary option branching, which, due to the fundamental novelty of most investment projects and the lack of reliable retrospective information, is realizable only with the involvement of relevant and verifiable expert methods. The authors consider the proposed method as a modified real option valuation method (MROV – modified real option valuation – method). The practical significance of the obtained results lies in improving the correctness of real option valuations and option projects and making effective option management decisions in real investment projects.

Keywords: real options theory, optional investment project, technological sovereignty, adaptability, verifiability, comparative probabilities

For citation: Baev L.A., Egorova O.V. Development of the theory of real options as a tool for adaptive management of investment project efficiency. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2024, vol. 18, no. 2, pp. 75–90. (In Russ.). DOI: 10.14529/em240206

Введение

Решение задачи технологического обновления на новой научно-технической основе, в условиях ресурсных ограничений требует не только роста эффективности инвестиций, но и большей гибкости в разработке и реализации этих процессов, поскольку инвестиционные решения часто приходится принимать в условиях высокой неопределенности и динамизма среды. Существующие задачи обеспечения технологической самодостаточности национальной экономики актуализируют разработку соответствующих адаптивных методов принятия управленческих решений и их практической реализации.

В последние годы все большее распространение получает подход к гибкой вариативной оценке инвестиционных проектов на основе применения теории реальных опционов, который позволяет оценить проект с учетом различных вариантов пошагового планирования и реализации. Опциональный подход к оценке потенциальной эффективности инвестиционных проектов был предложен Стюартом Майерсом (Stewart Clay Myers) ещё

в 1984 г. [1, 2]. Суть идеи реальных опционов заключается в том, что неопределенность условий реализации проектов содержит в себе не только риски, но и возможности, которые нужно учитывать на этапе планирования проектов, закладывая в проект необходимые условия их реализации, то есть – реальный опцион. При этом для принятия соответствующего решения необходима априорная оценка стоимости опциона.

Использование такого инструмента, как реальные опционы, позволяет извлекать пользу из самого факта изменчивости среды реализации проектов. Кроме того, обладая повышенной гибкостью и динамизмом, такой подход позволяет также дополнительно снизить и риски проектов, и неточности оценки отдельных показателей.

Таким образом, применение теории реальных опционов в оценке и управлении инвестиционными проектами расширяет возможности принятия управленческих решений, повышающих эффективность и надежность реализации проектов.

В этой связи реальные опционы следует рассматривать как основу априорного расширения

адаптационных возможностей инвестиционного проекта, с позиций повышения его эффективности и (или) снижения рисков.

Теория и методы

Сложность обоснования и отбора инвестиционных проектов на современном этапе состоит в значительной степени неопределенности условий, в которых осуществляются проекты. По мнению авторов, обеспечение эффективной адаптации инвестиционных проектов должно осуществляться на прединвестиционной фазе разработки проекта и подразумевает реализацию следующих этапов:

1. Априорное выявление и изучение возможностей, которые могут повысить привлекательность проекта, построение системы потенциальных опционов, позволяющих реализовать эти возможности.

2. Оценка стоимости реальных опционов и эффективности опционального проекта в целом.

3. Принятие решений и осуществление действий, способствующих эффективной реализации этих возможностей.

В проводимых изначально научных исследованиях представлялось возможным прямое использование для оценки стоимости реальных опционов, достаточно хорошо проработанной методологии оценки стоимости опционов финансовых [3, 4].

Несмотря на высокую востребованность гибких методов управления эффективностью инвестиционных проектов и достаточно большое количество публикаций на эту тему, нельзя сказать, что практическое применение методологии оценки и управления проектами на основе теории реальных опционов находится на этапе динамичного роста [5, 6, 7]. Это связано с целым рядом качественных отличий реальных опционов от финансовых, главным из которых является практически полное отсутствием ретроспективной информации о подобных проектах, поскольку каждый реальный проект уникален.

Применение традиционных моделей оценки стоимости финансовых опционов на практике сопряжено с большим количеством сложностей, связанных с определением вероятностных характеристик проекта, что делает их трудно реализуемыми. Вопросам преодоления существующих проблем также были посвящены работы Дамодорана А., Брейли Р., Майерса С. [8, 9].

Однако, несмотря на все модификации и усовершенствования существующих моделей оценки стоимости финансовых опционов, недостаток потребности в априорных стохастических характеристиках переменных проекта в классической форме неустраняем.

Тем не менее, отдавая на откуп третьим лицам оценку вероятности того или иного изменения среды, теория и методология реальных опционов продолжает развиваться. Наиболее распростра-

ненным методом для оценки стоимости опциона является бинарный подход с расчетом средневзвешенной по вероятности стоимости опциона (рис. 1) – традиционный ROV-метод (real option valuation) [8, 10].

Приведенная модель совершенно справедливо представляет стоимость опциона и эффективность опционального проекта как случайную величину.

При этом для достоверной оценки эффективности проекта в рамках схемы дерева решений необходимо иметь корректную информацию о вероятностях бинарных ветвлений, что в силу индивидуальной специфики каждого проекта требует разработки специальных методов и технологий [11, 12].

Вполне понятно, что основной задачей оценки, взвешенной по вероятности, чистой приведенной стоимости опционального проекта является определение вероятностей оптимистических и пессимистических исходов реализации дополнительных возможностей и стоимости опциона, которая до последнего времени не имела корректного решения.

В этой связи для оценки стоимости реальных опционов предлагается использовать формулу Блэка – Шоулза [13].

Исходная модель Блэка – Шоулза предназначена для расчета стоимости финансового call опциона европейского типа при большом числе возможных стоимостей актива.

В соответствии с моделью Блэка – Шоулза стоимость опциона может быть рассчитана в соответствии с формулой:

$$C_{esp}^{call} = S \times N(d_1) - X e^{-rT} \times N(d_2), \quad (1)$$

где C_{esp}^{call} – стоимость европейского call опциона; S – цена базисного актива в момент покупки опциона; X – цена исполнения (фиксированная в договоре цена базового актива); r – непрерывно начисляемая ставка без риска; e – основание натурального логарифма; T – срок истечения опциона; $N(d_1)$ – функция нормального распределения, которая рассматривается как риск-нейтральная вероятность того, что опцион принесет выигрыш; $N(d_2)$ – функция нормального распределения, которая рассматривается как вероятность того, что опцион будет исполнен.

d_1 и d_2 вычисляются во следующим формулам:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + rT}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{1}{2}\sigma\sqrt{T}, \quad (2)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}, \quad (3)$$

где σ – стандартное отклонение доходности актива.

Следует отметить, что даже в случае оценки стоимости финансовых опционов эта модель имеет ограничения, поскольку она применима исключительно для call опционов европейского типа, по которым не выплачиваются дивиденды.

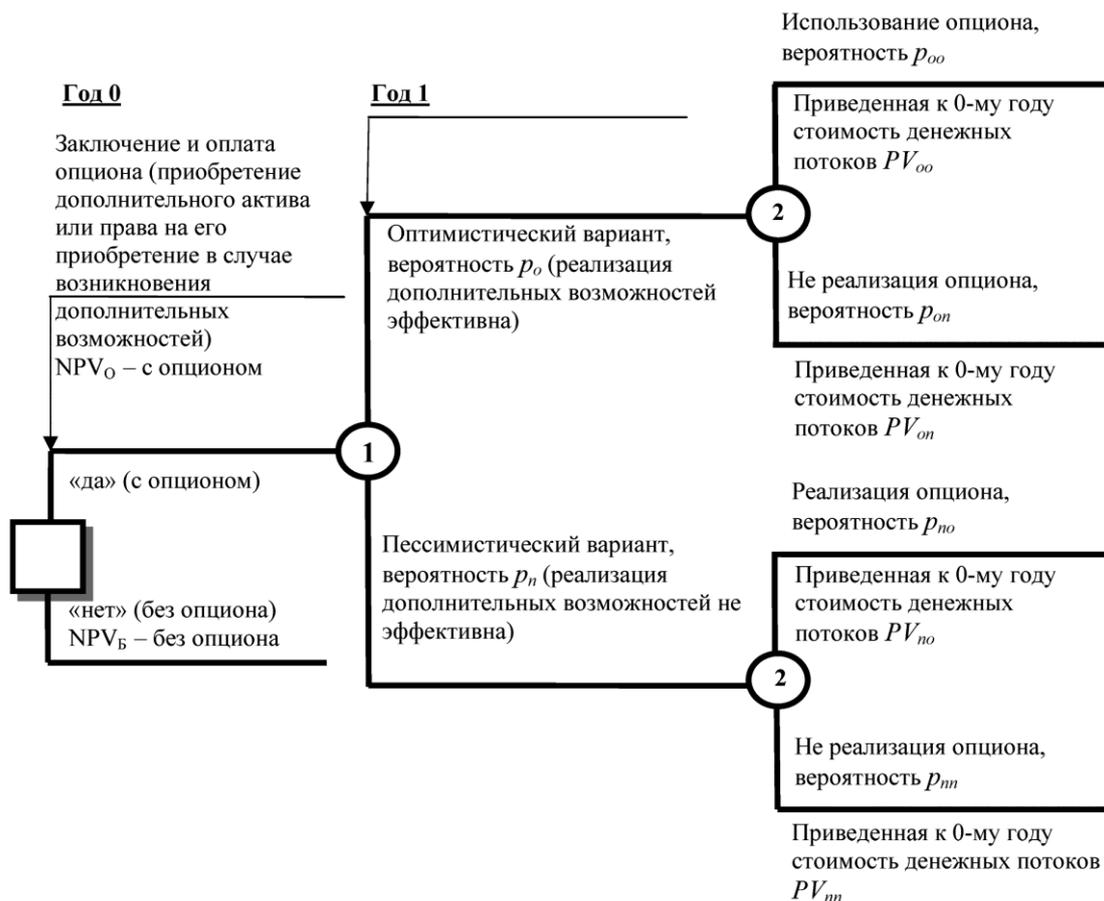


Рис. 1. Схема проекта с опционом

В 1973 году формула Блэка – Шоулза была доработана Р. Мертоном, после чего область ее применения расширилась и стала распространяться на оценку европейских call опционов, по базовому активу которых выплачиваются дивиденды [14]:

$$C_{esp}^{call} = Se^{-dT} \times N(d_1) - Xe^{-rT} \times N(d_2). \quad (4)$$

Однако, как уже было отмечено, любые варианты методов оценки стоимости финансовых опционов принципиально не могут быть использованы для оценки стоимости реальных опционов в силу того, что в финансовых опционах на покупку и продажу ценных бумаг, которые регулярно торгуются на рынке, стоимость опциона оценивается на базе информации, которую можно получить из ретроспективных данных о динамике цен и доходностей соответствующих бумаг, что видно из приведенных выше соотношений.

Принципиальное, качественное отличие реальных опционов от финансовых заключается в следующем:

1. Базовый актив не торгуется на бирже.
2. Цена актива не изменяется непрерывно.
3. Стохастические характеристики изменения цены актива не известны.
4. Ретроспективная информация отсутствует.

Кроме того, модель Блэка – Шоулза и её модификации даже в чисто теоретическом случае известности стохастических характеристик переменных проекта будет корректна для очень узкого класса опциональных проектов, так как модель изначально разработана для оценки стоимости европейских call опционов, т. е. опционов, предоставляющих право на приобретение базового актива в строго оговоренную дату, в то время как реальные опционы в большинстве своем являются американскими опционами, с возможностью исполнения в пределах некоторого периода времени [15, 16].

Биномиальная модель обеспечивает гораздо более высокую гибкость. Техника построения биномиальной модели является более сложной, чем использование формулы Блэка – Шоулза, но позволяет получить более корректные результаты оценки реальных опциональных проектов.

На первом этапе работы, допустим, что, исследуя опциональный проект, мы не ставим задачу точного количественного определения приведенной стоимости реальных опционов. Нам важно лишь получить ответ на вопрос: стоит или не стоит соответствующие опционы приобретать и использовать? То есть повысят ли опционы эффективность проекта или нет?

Такая постановка вопроса позволит нам вернуться к древообразной схеме нашего проекта, рассматривая в каждом ее узле два из возможных исходов: оптимистический и пессимистический. При этом необходимо определить, насколько оптимистический вариант будет вероятней, чем пессимистический, или наоборот.

То есть от оценки вероятности исходов опционального решения уйти все равно не удастся. Однако в этом случае нам, во-первых, потребуются уже не непрерывная, а дискретная оценка, и, во-вторых, эта оценка будет уже не абсолютной, а относительной. Такой подход существенно более прост и реализуем. Открытым остается лишь вопрос о достоверности оценки относительной вероятности оптимистического и пессимистического сценариев.

Следует отметить, что неявно такой подход используется, по сути, с момента высказывания С. Майерсом самой идеи реальных опционов, поскольку в приводимых им примерах суммы вероятностей оптимистических и пессимистических «решений судьбы» равны единице. Однако сам вопрос об оценке сравнительной вероятности им не рассматривается. Рассматривая пример опционного проекта, авторы просто пишут: «В скобках вы можете видеть вероятность того, каков будет спрос – низкий или высокий...»; «Конечно, мы не знаем, какова будет цена акции по истечении срока опциона. Вероятности того, что цена акции будет выше или ниже цены исполнения, приблизительно одинаковы (50 %)» [17, с. 249, 541]. Однако именно эта вероятность и является ключевым параметром в оценке стоимости опциона. Но, как мы уже отмечали, для финансового опциона есть ретроспективная информация, а для реального такой просто не существует.

Конечно, какой-то опыт в разработке и реализации инвестиционных проектов у специалистов есть, на базе этого опыта экспертов и определяется преобладание оптимистического или пессимистического варианта развития событий. Но сколько экспертов – столько мнений, тем более в условиях повышенной неопределенности. Поэтому верифицируемость корректности экспертных суждений становится ключевой задачей.

Все вышеизложенное позволяет заключить следующее.

1. Реальные опционы – это перспективный подход к адаптивному повышению эффективности и надежности инвестиционных проектов развития бизнеса.

2. В силу значимого качественного различия финансовых и реальных опционов и отсутствия у последних ретроспективной статистической информации, финансовая методология оценки стоимости опционов требует существенной доработки и развития.

3. Ключевым моментом в корректном использовании подходов теории бинарных финансовых опционов является корректная оценка вероятностей бинарного ветвления.

4. В силу высокой неопределенности и многофакторной зависимости вероятностей оптимистических и пессимистических исходов опциональных решений и ограниченности априорной статистической информации их вероятностная оценка должна базироваться на экспертных суждениях.

5. Для получения достаточно достоверных прогнозных оценок необходимо использование методов экспертных оценок, позволяющих согласовывать экспертные суждения и критериально проверять их релевантность.

Для корректного решения задачи верифицируемой оценки вероятности пессимистического и оптимистического прогноза стоимости реального опциона авторами статьи предлагается модифицировать метод оценки реальных опционов ROV, дополнив его использованием метода анализа иерархий – МАИ.

Метод, где вероятностные характеристики модели проекта уточняются, определяются или заменяются корректными экспертными оценками, авторами назван модифицированным ROV-методом (MROV – modified real option valuation).

Таким образом, в основе предлагаемого авторами подхода лежат два базовых принципа:

1. Акцентирование известного постулата о том, что целью анализа и синтеза инвестиционных проектов является не точный расчет оптимальных параметров и максимизация известных критериев эффективности, а выбор наиболее рациональных условий и траектории реализации проекта (принцип практической рациональности вместо принципа теоретической оптимизации);

2. Использование корректного, доказательно верифицируемого метода экспертной оценки сравнительной вероятности положительного или отрицательного результата исхода конкретного управленческого решения в узле вероятностного разделения дерева решений (принцип доказательной верификации экспертных оценок).

При этом вопрос оценки реального опциона сводится не столько к тому, сколько конкретно денег мы на нём заработаем, сколько к тому – стоит ли использовать его с позиций реальной возможности получить дополнительное положительное сальдо приведенных денежных потоков в принципе.

Для ответа на этот вопрос вполне достаточно рассмотрения двух альтернатив – оптимистической и пессимистической. То есть задача управленческой оценки стоимости реальных опционов сводится к оценке сравнительной вероятности исходов биномиального опциона. Именно поэтому

биномиальная модель оценки стоимости реального опциона взята за основу MROV-метода.

Биномиальная модель оценки стоимости реальных опционов основана на построении дерева решений, в каждом узле которого возможно два варианта событий: развитие проекта по «оптимистическому» или «пессимистическому» прогнозу. Причем степень «оптимистичности» и «пессимистичности» прогнозов определяется специалистами предприятия, реализующего проект, совместно со специалистами по управлению проектами.

Абсолютная вероятность реализации любого из конкретных стохастических прогнозов всегда равна нулю, поэтому сравнительная оценка вероятностей может быть корректна лишь в смысле ответа на вопрос, насколько более вероятна оптимистическая ситуация, относительно пессимистической, или наоборот.

Развитие проекта по какому-либо прогнозу зависит от состояния среды реализации проекта и его характеристик. При этом оценка успешности проекта может производиться по ряду критериев. Таким образом, в общем случае задача оценки стоимости реального опциона становится многокритериальной, многопараметрической стохастической задачей.

В условиях отсутствия априорной стохастической информации решение этой задачи требует разработки специального инструментария, включающего экспертные технологии решения иерархических многопараметрических задач.

Одним из доказательно обоснованных и практически адекватных экспертных методов решения подобных задач является метод анализа иерархий (МАИ) [18, 19].

Метод анализа иерархий переносит акценты от субъективных гештальных или коэффициентных сравнений многомерных альтернатив на попарное, рейтинговое сравнение отдельных сторон изучаемых альтернатив, что значительно корректнее и легче практически.

При этом технология получения и обработки экспертных суждений организована таким образом, что сводит фактор влияния непрофессионального субъективизма к минимуму, и позволяет количественно оценить достоверность экспертных оценок.

Указанные преимущества метода анализа иерархий позволяют выбрать его в качестве технологической основы для решения искомой задачи управления опциональными инвестиционными проектами.

Предлагаемый нами MROV-метод предполагает применение МАИ для определения относительных вероятностей реализации проекта по оптимистическому и пессимистическому прогнозу в биномиальной модели опционального инвестиционного проекта.

При этом в качестве оптимистического варианта рассматривается рост цены базового актива по проекту, т. е. денежного потока, в качестве пессимистического – падение цены базового актива. В общем виде, применительно к решению задач проектного управления, МАИ можно представить следующим образом (рис. 2).

На рис. 2 «Общая цель» представляет собой стратегическую цель (главный критерий). В качестве такого критерия в рамках проектного управления опциональными инвестиционными проектами рассматривается чистая приведенная стоимость проекта (NPV). «Силы» – факторы внешней и внутренней среды проекта. «Акторы» – стейкхолдеры проекта, а «цели акторов» – интересы стейкхолдеров применительно к проекту.

В качестве «сценариев» в данном случае рассматриваются проектные управленческие решения.

В рассматриваемой нами задаче мы исключаем стейкхолдеров и учет их интересов и целей, и сводим многокритериальную задачу к однокритериальной (чистая приведенная стоимость проекта – NPV), оставляя ее многопараметрической.

Таким образом, на первом уровне иерархии находится критерий чистой приведенной стоимости опционального инвестиционного проекта. Изменение данного критерия в лучшую или худшую сторону зависит от макро- и микроэкономического окружения проекта (второй уровень иерархии).

Применительно к рассматриваемой в работе задаче иерархическая структура в соответствии с МАИ может быть представлена следующим образом (рис. 3).

Результаты и обсуждение

Результатом описанного выше теоретического подхода и метода является методика верифицируемой по корректности априорной оценки стоимости опциональных инвестиционных проектов в реальные активы в условиях неопределенности.

Далее представляется целесообразным описать алгоритм реализации MROV-метода. Схематично модель MROV-метода представлена на рис. 4.

В соответствии с этой моделью стоимость реального опциона рассчитывается по формуле:

$$PV_{опц} = (PV_o^{636} + PV_n^{636}) - Ц_{опц}, \quad (5)$$

где PV_o^{636} – взвешенная по вероятности текущая стоимость денежных потоков оптимистического сценария; PV_n^{636} – взвешенная по вероятности текущая стоимость денежных потоков пессимистического сценария; $Ц_{опц}$ – цена исполнения опциона (сумма затрат на приобретение и реализацию опциона).

Взвешенные стоимости оптимистического и пессимистического прогноза рассчитываются по следующим формулам:

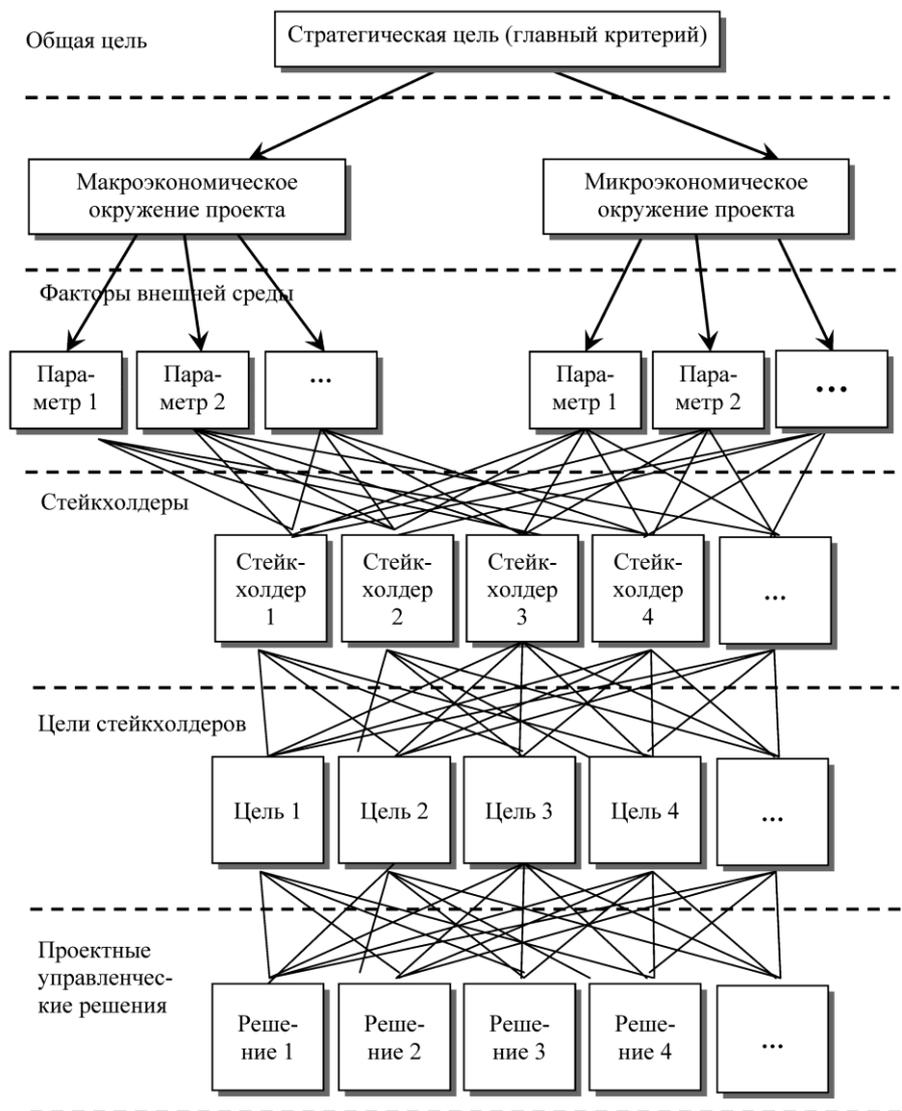


Рис. 2. Схема МАИ применительно к задачам проектного управления

$$PV_o^{636} = PV_o \cdot p_o(\bar{K}), \quad (6)$$

$$PV_n^{636} = PV_n \cdot p_n(\bar{K}), \quad (7)$$

где PV_o – текущая стоимость денежных потоков оптимистического сценария; PV_n – текущая стоимость денежных потоков пессимистического сценария; $p_o(\bar{K})$ – вероятность развития проекта по оптимистическому сценарию; $p_n(\bar{K})$ – вероятность развития проекта по пессимистическому сценарию.

В качестве весов в формулах (6) и (7) выступают ранговые оценки вероятностей реализации оптимистического и пессимистического сценария $p_o(\bar{K}), p_n(\bar{K})$, которые определяются в ходе экспертизы проекта с помощью МАИ, и рассчитываются по следующим формулам:

$$p_o(\bar{K}) = a_1 \cdot p_o(K_1) + a_2 \cdot p_o(K_2) + \dots + a_i \cdot p_o(K_i) + \dots, \quad (8)$$

$$p_n(\bar{K}) = a_1 \cdot p_n(K_1) + a_2 \cdot p_n(K_2) + \dots + a_i \cdot p_n(K_i) + \dots \quad (9)$$

где $i = 1, 2, \dots$ – номер фактора; a_1, a_2, \dots – оценки значимости факторов (оценки приоритетов влияния соответствующих факторов на исход реализации оцениваемого этапа проекта); $p_o(K_i), p_n(K_i), \dots$ – оценки вероятностей свершения соответственно оптимистического или пессимистического значения i -го фактора.

Сумма весовых коэффициентов, полученных в ходе экспертизы МАИ, всегда равна единице, так как метод предполагает нормализацию вектора приоритетов факторов.

На основе представленной модели выделены основные этапы MROV-метода.

1. Построение дерева решений и разработка оптимистического и пессимистического прогноза с конкретизацией значимых факторов и их значе-



Рис. 3. Иерархическая структура критериев опционального инвестиционного проекта

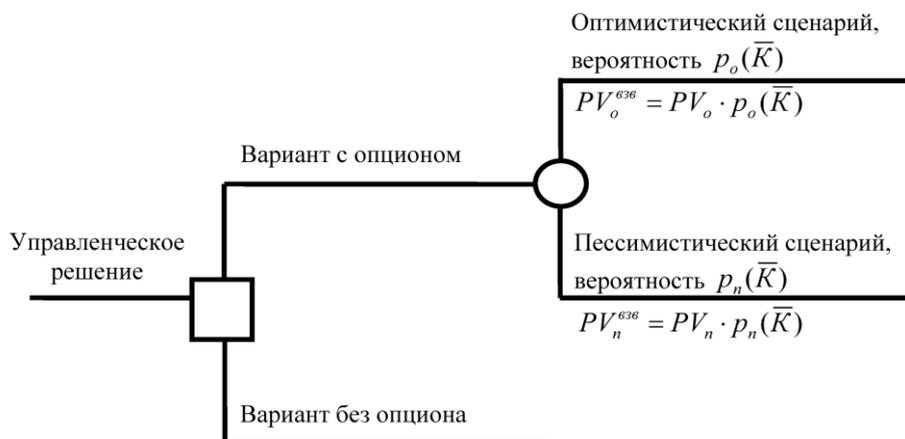


Рис. 4. Модель MROV-метода

ний, соответствующих оптимистическому и пессимистическому прогнозу.

2. Построение иерархической структуры факторов, способных оказывать влияние на развитие проекта по альтернативным сценариям.

3. Оценка значимости выделенных факторов путем их попарного сравнения в ходе проведения экспертизы МАИ и расчет весовых коэффициентов a_1, a_2, \dots

4. Оценка сравнительных вероятностей реализации оптимистических и пессимистических значений для каждого фактора ($p_o(K_i), p_n(K_i)$) путем экспертизы МАИ с использованием соответствующей шкалы значимости альтернатив.

5. Расчет значений относительных вероятностей альтернативных сценариев с учетом

полученных через МАИ весовых коэффициентов.

6. Суммируя взвешенные по вероятности стоимости PV_o, PV_n , оценивается стоимость реального опциона, которая за вычетом затрат на его приобретение и реализацию должна быть положительной, в этом случае опцион принимается.

Для пофакторного сравнения вероятностей альтернатив используется модифицированная шкала отношений МАИ – шкала относительной вероятности реализации альтернатив с учетом фиксированных значений факторов, представленная в табл. 1.

В этой шкале в качестве оценки рассматривается степень влияния отдельных факторов на развитие проекта по оптимистическому или пессимистическому сценарию, т. е. реализация оптимисти-

Таблица 1

Шкала относительной вероятности реализации альтернатив по отдельным факторам

Интенсивность относительной вероятности	Определение	Объяснения
1	Равная вероятность	Равная вероятность реализации пессимистического и оптимистического значений данного фактора
3	Умеренное превосходство	Легкое превосходство вероятности реализации одной альтернативы над другой
5	Существенное превосходство	Сильное превосходство вероятности реализации одной альтернативы над другой
7	Очень сильное или очевидное превосходство	Вероятности реализации одной альтернативы придается настолько сильное превосходство, что вероятность реализации второй альтернативы становится незначительной
9	Абсолютное превосходство	Очевидность превосходства вероятности реализации одной альтернативы над другой подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины	Если при сравнении одного сценария с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то при сравнении второго сценария с первым, получим обратную величину (т. е. 1/3)	

ческого или пессимистического значения фактора. В качестве действий, оказывающих влияние на цель, рассматриваются тенденции изменения отдельных факторов за отчетный период.

После обработки данных рассчитывается вектор приоритетов альтернатив относительно каждого фактора модели. На основе полученных результатов определяются сравнительные оценки вероятностей развития проекта по оптимистическому и пессимистическому прогнозу.

С учетом полученных оценок рассчитывается стоимость реального опциона для обоснования целесообразности включения его в проект. Такая экспертиза проводится для каждого опциона, встроенного в проект.

На заключительном этапе осуществляется принятие решения о целесообразности реализации опционального инвестиционного проекта, основанное на расчете чистой приведенной стоимости.

Возможность практического применения MROV-метода подтверждена результатами анализа проекта, реализуемого одним из промышленных предприятий с многолетней историей успешной работы на российском рынке систем управления и автоматизации электроприводов в металлургии, нефтегазовом комплексе и машиностроении.

Суть проекта заключается в строительстве автоматизированной линии, предназначенной для производства серии электрических двигателей для буровых установок, нефтепромысловой техники и железнодорожных локомотивов мощностью 325–1250 кВт, производственная мощность которой составляет 300 ед./год. Основным конкурентным

преимуществом проекта является то, что разработанные и предлагаемые к производству двигатели превосходят существующие аналоги по техническим характеристикам.

В общем случае, стратегическими рынками сбыта являются промышленные рынки оборудования для нефтегазового комплекса и железных дорог страны. Предварительный анализ производственной и рыночной ситуации показал целесообразность рассмотрения данного проекта [20, 21]. При этом рассматривались два сценария развития: оптимистический – предполагает умеренно-высокий спрос на электродвигатели для буровых установок и нефтепромысловой техники; пессимистический – предполагает умеренно-низкий спрос.

Наличие неопределенности в вариантах исхода проекта уже указывает на опциональную характеристику проекта. Основными источниками неопределенности являются: величина спроса на нефтяном рынке; стоимость материалов и комплектующих.

Методы снижения рисков, связанных с такой неопределенностью – постоянный мониторинг информации маркетингового характера, проведение рекламных компаний, участие в выставках, выход на прямых потребителей продукции, а также увеличение количества поставщиков сырья, применение отработанных схем и совершенствование логистики.

Однако для повышения коммерческой привлекательности проекта в него были встроены следующие реальные опционы:

1. Реальный опцион-актив на расширение производства в случае оптимистического прогноза спроса. Руководство компании приняло решение построить автоматизированную линию с избыточной мощностью, чтобы впоследствии иметь возможность увеличить производство, если спрос на продукцию будет выше ожидаемого (прогнозируемого).

2. Реальный опцион на переключение бизнеса. В случае пессимистического прогноза спроса на электродвигатели для буровых установок и нефтепромысловой техники предприятие может переключиться на производство другого типа электродвигателей для подвижного состава железных дорог.

Для сравнения было рассмотрено три варианта проекта.

Вариант 1. Инвестиционный проект без опционов. Проведенный анализ рынка показал, что ожидаемая емкость рынка электродвигателей для буровых установок и нефтепромысловой техники на сегодняшний день составляет 200 единиц в год. При этом оптимистический вариант спроса составляет 260 ед./год, пессимистический – 140 ед./год. Поэтому на первоначальном этапе предприятию достаточно строительства линии производства электродвигателей с минимально возможной производственной мощностью 300 ед./год.

Общая стоимость проекта составляет 585 млн руб., в том числе инвестиции в основной капитал – 537 млн руб., в оборотные средства и организацию текущей деятельности – 48 млн руб. Ставка дисконтирования по проекту рассчитана как средневзвешенная стоимость привлекаемого из различных источников капитала по модели WACC и составляет 12 % годовых. Горизонт планирования 8 лет.

Предприятие выходит на российский рынок электрических двигателей с новой продукцией, которая пока не имеет длительной рыночной истории. Поэтому, с учетом анализа цен конкурентов, в каче-

стве базовой цены прогноза продаж электродвигателей была принята минимальная цена электродвигателя – 2 700 000 руб. за единицу продукции.

Схема безоptionального инвестиционного проекта организации производства электродвигателей для нефтяной отрасли приведена на рис. 5.

Если исходить из предположения менеджеров компании, что оба сценария развития равновероятны, то средневзвешенная чистая приведенная стоимость проекта составляет:

$$NPV = -537 + 0,5 \cdot 627 + 0,5 \cdot 338 = -54,5 \text{ млн руб.}$$

Соответственно, этот проект следует отклонить.

Вариант 2. Более глубокий анализ проекта показал, что у него есть опционные свойства. Дополнительные исследования рынка, показали, что есть серьезные основания рассчитывать на значительное увеличение производства бурового оборудования для нефтегазовой отрасли не только в текущем году, но и в достаточно длительной перспективе, что может повлечь за собой рост спроса на электродвигатели для такого оборудования. Поэтому в рамках проекта целесообразно предусмотреть строительство линии по производству электродвигателей с избыточной мощностью в 450 ед./год. Для этого необходимы дополнительные инвестиции в размере 78 млн руб.

Схема соответствующего опционального инвестиционного проекта приведена на рис. 6.

Средневзвешенная чистая приведенная стоимость такого проекта составляет:

$$NPV = -537 - 78 + 0,5 \cdot (0,5 \cdot 1326 + 0,5 \cdot 627) + 0,5 \cdot 338 = 42,25 \text{ млн руб.}$$

Вариант 3. В этот проект также мог быть встроен опцион – возможность переключения на производство электродвигателей, которые требуются для оснащения современных подвижных составов железных дорог. Для этого при строительстве линии производства электродвигателей для

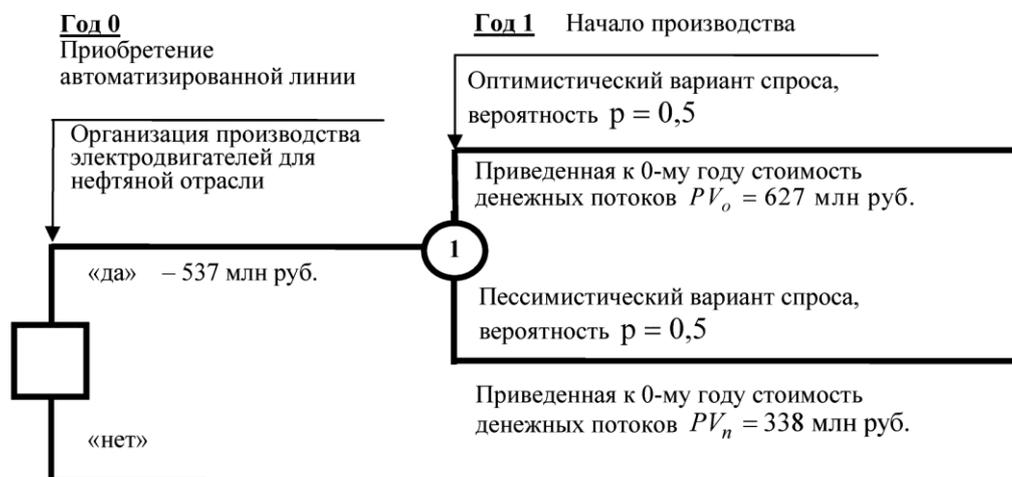


Рис. 5. Схема безоptionального инвестиционного проекта



Рис. 6. Схема опционального инвестиционного проекта (опцион-актив на расширение – строительство автоматизированной линии производства с избыточной мощностью)

буровых установок необходимо предусмотреть возможность переналадки оборудования под выпуск другого типа двигателей. Это требует дополнительных капитальных вложений на этапе строительства, но и создает возможность, переключения бизнеса на другой рынок, в случае падения спроса на рынке нефтяного оборудования.

Проведенный анализ перспектив развития промышленных рынков для железных дорог, а также инновационные процессы развития российских железных дорог дают основание для включения в проект реального опциона на переключение бизнеса (рис. 7).

На рис. 7 представлена схема полного двух-опционного проекта, для реализации которого на этапе планирования проекта с ОАО «РЖД» был заключен контракт (в форме реального опциона-возможности) на поставку 380 электродвигателей для электровозов, цена такого контракта составляет 5 % от величины выручки.

Средневзвешенная чистая приведенная стоимость третьего варианта проекта с двумя встроенными опционами является положительной и составляет:

$$NPV = -537 - 78 - 50 + 0,5 \cdot (0,5 \cdot 1327 + 0,5 \cdot 627) + 0,5 \cdot (0,5 \cdot 916 + 0,5 \cdot 338) = 137 \text{ млн руб.}$$

которая существенно превосходит величину чистой приведенной стоимости второго варианта проекта с одним опционом.

Таким образом, в проект было встроено два реальных опциона, при этом построение дерева решений данного опционального инвестиционного

проекта показывает, что эти опционы внутри проекта никаким образом не взаимодействуют и не влияют на стоимость друг друга.

Пример наглядно показывает, что более профессиональное рассмотрение проекта, учитывающее его опционные возможности, может перевести проект из разряда экономически убыточных в разряд экономически прибыльных.

Однако предположение о равновероятности альтернативных сценариев развития проекта условно. Поэтому на следующих этапах MROV-метода осуществляется корректная экспертная оценка сравнительных вероятностей оптимистического и пессимистического сценария развития проекта максимально приближенных к реальности с помощью технологии МАИ. Для этого строится иерархическая структура факторов, способных оказать влияние на реализацию проекта по альтернативным сценариям его развития для каждого опциона.

Для первого опциона определяющим фактором (первый уровень) является спрос на электродвигатели для буровых установок и нефтепромышленной техники, который, в свою очередь, зависит от ряда макро- и микроэкономических факторов второго и третьего уровней.

Иерархическая структура факторов «Спрос на электродвигатели для нефтяной отрасли» представлена на рис. 8.

Для определения сравнительной важности влияния анализируемых факторов на исход реализации какого-либо этапа проекта была выполнена экспертиза проекта с помощью МАИ, в ходе которой

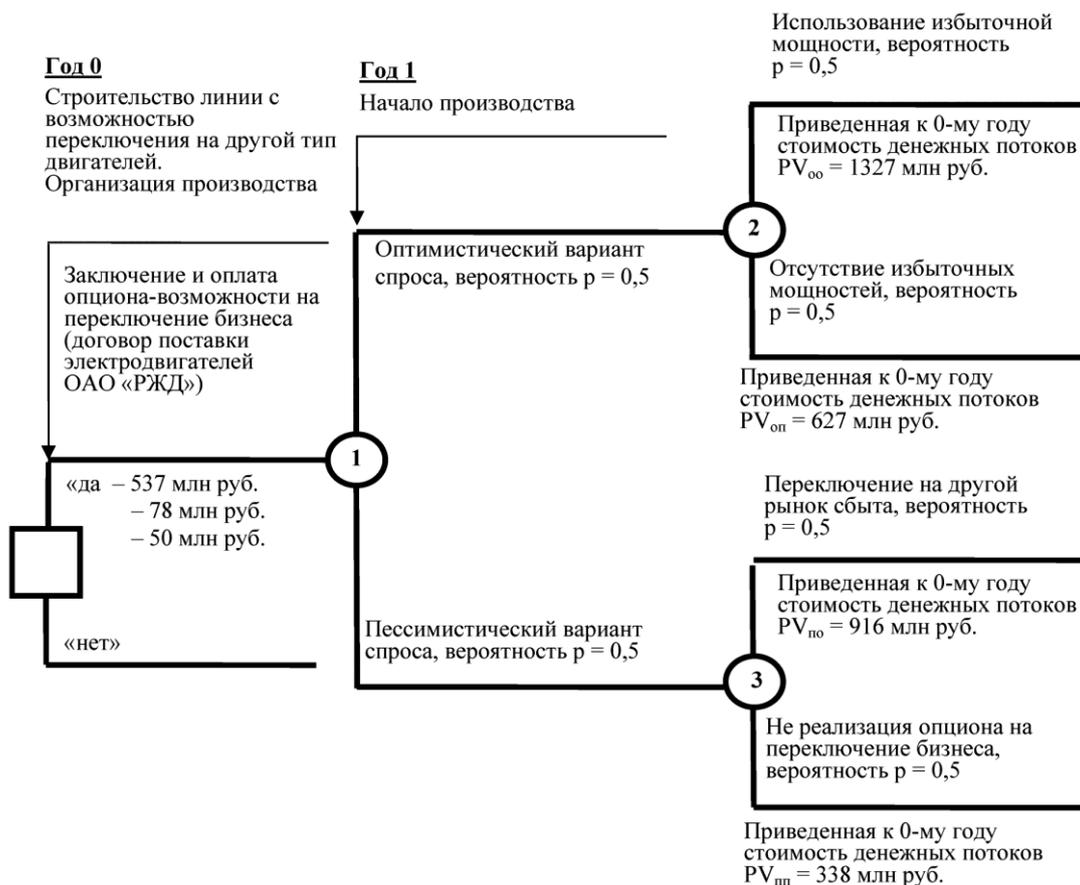


Рис. 7. Схема опционального инвестиционного проекта (опцион-актив на расширение производственной мощности, опцион-возможность на переключение бизнеса и поставку электродвигателей ОАО «РЖД»)



Рис. 8. Иерархическая структура факторов для опциона на расширение

пятью экспертами вынесены суждения относительно факторов, включенных в иерархию, результаты сравнений занесены в матрицы парных сравнений в виде натуральных чисел от 1 до 9.

В соответствии с технологией МАИ полученные данные обрабатываются, и определяется вектор приоритетов факторов третьего уровня для каждого факторного комплекса второго уровня. Далее осуществляется агрегирование полученных результатов путем расчета средней арифметической величины экспертных оценок, так как в экспертизе принимали участие пять экспертов.

На следующем этапе экспертами сравнивались попарно альтернативы исхода конкретного этапа проекта по каждому фактору с позиции что «более вероятно», а что «менее вероятно», с учетом конкретных значений факторов, заданных «оптимистического» и «пессимистического» прогноза.

В результате обработки данных, полученных от экспертов, и их усреднения определяются векторы приоритетов альтернатив по каждому фактору иерархии для факторного комплекса «Уровень мировых цен на нефть» (табл. 2) и факторного комплекса «Объем предложения на рынке электродвигателей» (табл. 3).

Далее осуществляется линейная свертка, для

этого матрица приоритетов альтернатив относительно факторов третьего уровня умножается на соответствующий вектор приоритетов факторов.

$$\begin{bmatrix} 0,589 & 0,402 & 0,618 & 0,429 \\ 0,402 & 0,566 & 0,382 & 0,571 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,556 \\ 0,252 \\ 0,100 \\ 0,092 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,543 \\ 0,457 \end{bmatrix}$$

вектор приоритетов 2 уровня.

$$\begin{bmatrix} 0,722 & 0,649 & 0,762 & 0,163 \\ 0,278 & 0,351 & 0,238 & 0,837 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,552 \\ 0,227 \\ 0,102 \\ 0,119 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,643 \\ 0,357 \end{bmatrix}$$

вектор приоритетов 2 уровня.

Затем путем линейной свертки, полученных векторов приоритетов второго уровня, определяется генеральный вектор приоритетов альтернатив с учетом весовых коэффициентов факторов второго уровня:

$$\begin{bmatrix} 0,543 & 0,643 \\ 0,457 & 0,357 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,244 \\ 0,756 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,621 \\ 0,379 \end{bmatrix} \text{ генеральный}$$

вектор первого уровня.

Сравнительные вероятности оптимистического и пессимистического прогноза имеют следующие значения:

Таблица 2

Матрица приоритетов альтернатив относительно факторов комплекса «Уровень мировых цен на нефть»*

Прогноз	Фактор			
	Рост мировой экономики	Уровень мирового производства (добычи) нефти	Объем доказанных запасов	Уровень конкурентоспособности альтернативных видов топлива
Оптимистический прогноз	0,598	0,434	0,618	0,429
Пессимистический прогноз	0,402	0,566	0,382	0,571

* Результаты обработки данных, полученных от экспертов в ходе экспертизы проекта с помощью МАИ.

Таблица 3

Матрица приоритетов альтернатив относительно факторов комплекса «Объем предложения на рынке электродвигателей»

Прогноз	Фактор			
	Объем производства электродвигателей отечественными производителями	Приход на рынок зарубежных производителей	Ужесточение условий санкций на ввоз из-за рубежа	Цены на сырье и комплектующие изделия для электродвигателей
Оптимистический прогноз	0,722	0,649	0,762	0,163
Пессимистический прогноз	0,278	0,351	0,238	0,837

* Результаты обработки данных, полученных от экспертов в ходе экспертизы проекта с помощью МАИ.

$$p_o(\bar{K}) = 0,621; p_n(\bar{K}) = 0,379.$$

Для третьего узла дерева решений (опциона на переключение бизнеса) определяющим фактором является развитие российских железных дорог и рост спроса на электродвигатели для ж/д транспорта, который зависит от ряда факторов второго уровня, на третьем уровне находятся альтернативы выбора.

Обработка экспертных оценок МАИ для третьего узла дерева решений дала следующие оценки сравнительных вероятностей реализации проекта по оптимистическому и пессимистическому прогнозу:

$$p_o(\bar{K}) = 0,721; p_n(\bar{K}) = 0,279.$$

С учетом полученных оценок, были рассчитаны уточненные значения чистой приведенной стоимости проекта:

1. Безопциональный инвестиционный проект:
 $NPV = -537 + 0,621 \cdot 627 + 0,379 \cdot 338 =$
 $= -19,531$ млн руб.

2. Опциональный инвестиционный проект с одним опционом:
 $NPV = -537 - 78 + 0,621 \cdot (0,621 \cdot 1326 + 0,379 \cdot 627) +$
 $+ 0,379 \cdot 338 = 172,032$ млн руб.

3. Опциональный инвестиционный проект с двумя опционами:
 $NPV = -537 - 78 - 50 + 0,621(0,621 \cdot 1327 +$
 $+ 0,379 \cdot 627) + 0,379(0,721 \cdot 916 + 0,279 \cdot 338) =$
 $= 280,361$ млн руб.

Таким образом, с помощью MROV-метода были получены корректные оценки сравнительных вероятностей реализации проекта по альтернативным сценариям развития, показывающие более

высокую надежность вносимых в проект реальных опционов.

Заключение

Проведенное исследование показало актуальность развития теории и практики реальных опционов в свете решения задач технологического обновления промышленного производства и повышение эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности динамики изменения внешней среды. Показана также принципиальная невозможность релевантного использования теории оценки финансовых опционов, требующих ретроспективной статистической информации и стационарности изменения факторов внешней среды как случайных переменных.

Сформулированы базовые принципы и предложен практически реализуемый метод оценки рациональности принятия опциональных решений, повышающих эффективность инвестиционных проектов, и позволяющий верифицировать качество экспертных оценок. Разработан алгоритм методической реализации этого метода. Все это проиллюстрировано примером оценки опционального проекта реального предприятия.

Дальнейшее развитие приведенной в статье основ методологии оценки эффективности опциональных проектов возможно в направлении развития теоретических основ получения статистически достоверного интервала потенциальных изменений чистой приведенной стоимости опциональных проектов, а также создания и практического внедрения организационных основ, обеспечивающих практическое использование предлагаемых принципов, метода и алгоритма и их упрощение, без значимой потери качества.

Список литературы

1. Myers S.C. Finance Theory and Financial Strategy // The Institute of Management Sciences. Volume 14, Issue 1, January-February 1984. P. 126–137.
2. Myers S.C. Finance Theory and Financial Strategy // Midland Corporate Finance Journal, 1987. Vol. 5, № 5. P. 6–13.
3. Коупленд Т., Коллер Т., Мурин Д. Стоимость компаний: оценка и управление: пер. с англ. 3-е изд. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. 576 с.
4. Коупленд Т., Островски Т. Скрытый потенциал капиталовложений // Вестник McKinsey, 2002. № 2. С. 113–132.
5. Кестер К. Опционы сегодня для роста завтра. М.: Дело, 2003.
6. Бухвалов А.В. Реальные опционы в менеджменте: введение в проблему // Российский журнал менеджмента. 2004. № 1. С. 3–32.
7. Телехов И.И. Проблемы применения реальных опционов при анализе инвестиционных проектов // Российское предпринимательство. 2013. № 6 (228). С. 143–148.
8. Дамодаран А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов: пер. с англ. 11-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2022. 1320 с.
9. Trigeorgis L. Real Options Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation: The MIT Press, 1996. 406 с.
10. Бриггем Ю., Хьюстон Дж. Финансовый менеджмент / пер. с англ. Н. Левинская. 7-е изд. СПб.: Питер, 2019. 590 с.

11. Управление проектами: справочник для профессионалов / И.И. Мазур, И.Д. Шапиро, С.А. Титов и др. М.: Высшая школа, 2001. 874 с.
12. Мазур И.И., Шапиро И.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: учебное пособие / под общ. ред. И.И. Мазура. М.: Омега-Л, 2014. 960 с.
13. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities // *Journal Political Economy*. 1973. Vol. 81. № 3. P. 637–659.
14. Merton Robert C. Theory of Rational Option Pricing (англ.) // *Bell Journal of Economics and Management Science: journal. The RAND Corporation*. 1973. Vol. 4, № 1. P. 141–183.
15. Baev L.A., Egorova O.V. Performance management of investment projects based on real option theory and method of analysis of hierarchies // *IEEE Xplore*. 2017.
16. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2022. 486 с.
17. Брейли Р., Майерс С., Франклин А. Принципы корпоративных финансов. 2-е изд., пер. с англ. М.: Вильямс, 2022. 736 с.
18. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
19. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: Книжный дом «Либроком», 2021. 360 с.
20. Чжан Дали. Проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли // *Прогрессивная экономика*. 2022. № 11. С. 18–29.
21. Шнипова А. Рынок нефтегазового оборудования. Перспективы развития отрасли // *Neftegaz.RU*. 2021. № 5.

References

1. Myers S.C. Finance Theory and Financial Strategy: *The Institute of Management Sciences*. Volume 14, Issue 1, January-February 1984, pp. 126–137.
2. Myers S.C. Finance Theory and Financial Strategy. *Midland Corporate Finance Journal*, 1987, vol. 5, no. 5, pp. 6–13.
3. Copeland T., Koller T., Murin D. *Stoimost' kompaniy: otsenka i upravlenie* [Cost of companies: evaluation and management]. 3rd ed., English translation. Moscow, 2008. 576 p.
4. Copeland T., Ostrowski T. Skrytyy potentsial kapitalovlozheniy [Hidden potential of capital investments]. *McKinsey Bulletin*, 2002, no. 2, pp. 113–132.
5. Kester K. *Optionsy segodnya dlya rosta zavtra* [Options today for growth tomorrow]. Moscow, 2003.
6. Bukhvalov A.V. Real options in management: an introduction to the problem. *Russian Journal of Management*, 2004, no. 1, pp. 3–32. (In Russ.)
7. Telekhov I.I. Problems of real options application in the analysis of investment projects. *Russian entrepreneurship*, 2013, no. 6 (228), pp. 143–148. (In Russ.)
8. Damodaran A. *Investitsionnaya otsenka: Instrumenty i metody otsenki lyubykh aktivov* [Investment valuation: Tools and methods for valuing any assets]. 11th ed. English translation. Moscow, 2022. 1320 p.
9. Trigeorgis L. *Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*: The MIT Press, 1996. 406 p.
10. Brigham Y., Hewston J. Financial management. Transl. from Engl. N. Levinskaya. 7th ed. St. Petersburg, 2019. 590 p.
11. Mazur I.I., Shapiro I.D., Titov S.A. et al. *Upravlenie proektami* [Project Management]. Moscow, 2001. 874 p.
12. Mazur I.I., Shapiro I.D., Ol'derogge N.G. *Upravlenie proektami* [Project Management]. Moscow, 2014. 960 p.
13. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal Political Economy*, 1973, vol. 81, no. 3, pp. 637–659.
14. Merton Robert C. Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science: journal. The RAND Corporation*, 1973, vol. 4, no. 1, pp. 141–183.
15. Baev L.A., Egorova O.V. Performance management of investment projects based on real option theory and method of analysis of hierarchies. *IEEE Xplore*, 2017.
16. Limitovskiy M.A. *Investitsionnye proekty i real'nye optionsy na razvivayushchikhsya rynkakh* [Investment projects and real options on emerging markets]. 5th ed. Moscow, 2022. 486 p.
17. Breyli R., Mayers S., Franklin A. *Printsipy korporativnykh finansov* [Principles of corporate finance]. 2nd ed., English translation. Moscow, 2022. 736 p.

18. Saati T. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [The method of hierarchy analysis]. Transl. from English by Vachnadze R.G. Moscow, 1993. 278 p.
19. Saaty T. *Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: analiticheskie seti* [Decision making in dependencies and feedbacks: analytical networks]. Moscow, 2021. 360 p.
20. Zhang Dali. Problems and prospects of oil and gas industry development. *Progressive Economics*, 2022, no. 11, pp. 18–29. (In Russ.)
21. Shnipova A. Oil and Gas Equipment Market. Industry Development Prospects. *Neftegaz.RU*, 2021, no. 5. (In Russ.)

Информация об авторах

Баев Леонид Александрович, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики промышленности и управления проектами, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; baevla@susu.ru

Егорова Ольга Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики промышленности и управления проектами, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск; egorovaov@susu.ru

Information about the authors

Leonid A. Baev, Doctor of Economics, Professor of the Department of Industrial Economics and Project Management, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, baevla@susu.ru

Olga V. Egorova, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Industrial Economics and Project Management, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, egorovaov@susu.ru

Статья поступила в редакцию 06.05.2024

The article was submitted 06.05.2024