ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Математический анализ и моделирование в экономике

РЕАЛЬНЫЕ ОПЦИОНЫ КАК ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫМИ РИСКАМИ*

Марина Владимировна ГРАЧЁВА[a,•], Екатерина Андреевна ПЕТРЕНЕВА[b]

[a] доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов анализа экономики,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
grachevamv@mail.ru

[b] аспирантка кафедры математических методов анализа экономики,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
petrenevaea@gmail.com

• Ответственный автор

История статьи:
Принята 28.12.2015
Одобрена 03.02.2016

УДК 338.984
JEL: C61, D92

Ключевые слова: реальный опцион, управление, риск, нестационарные условия

Аннотация

Предмет. В настоящее время инвестирование сопряжено со значительными рисками. Во многих случаях возможность эффективно управлять проектными рисками является необходимым условием для осуществления проекта. Возможность изменять решение может быть оценена как реальный опцион. Модели оценки реальных опционов должны быть использованы в комплексе с общепринятыми методами проектного анализа для эффективного управления в условиях неопределенности.

Цели и задачи. Анализ реальных опционов как инструментов управления проектными рисками. Задачами работы являются: выявление факторов, создающих стоимость реальных опционов; исследования примеров опционного подхода при принятии инвестиционных решений; разработка алгоритма выявления и анализа реальных опционов, определение параметров для их оценки, а также принятия решений с их учетом; анализ особенностей реальных опционов в нестационарных условиях.

Методология. Метод анализа реальных опционов сопоставлен с методами качественного и количественного анализа рисков, используемыми в управлении проектами. Приведен краткий обзор экономико-математических методов оценки реальных опционов, в частности, их анализа как моделей управления. Предложена математическая модель, оценивающая опцион на переключение.

Результаты. Рассмотрены различные примеры реальных опционов, выявлено соотношение между ними и проектными рисками, проанализированы факторы, создающие стоимость реального опциона. Рассмотрены примеры опционного подхода при анализе инвестиционных проектов на практике. Сформулирован алгоритм анализа реальных опционов и выбора модели оценки в зависимости от типа проектных рисков и характера исходных данных.

Выводы и значимость. Метод реальных опционов в сочетании с методами анализа проектных рисков может быть использован при принятии решений в нестабильной экономической среде. Возможность управления рисками может обладать значительной ценностью в нестационарных условиях, но в подобной ситуации оценка реальных опционов может быть сопряжена с определенными трудностями и требует более детального изучения.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Определения и основные виды реальных опционов

Метод реальных опционов делает доступным уточнение оценки эффективности инвестиционного проекта с учетом решений, которые могут быть приняты в процессе его выполнения на основе последствий неопределенности будущего [1, с. 2].

Реальные опционы – это возможности изменить управленческое решение в соответствии с новой информацией. Существуют различные виды реальных опционов, такие как опцион на отсрочку, опцион на отказ от проекта, опцион на временную остановку, опцион на переключение [2].

Опционная теория выделяет две группы дополнительных возможностей. К первой относятся изменения с течением времени его параметров. Вторая группа характеризует внешнюю сторону проекта, когда его выполнение открывает путь для реализации другого замысла, которая иначе несбыточна [1, с. 4].

При наличии реальных опционов делается возможным:

– сократить, затормозить или остановить обнаруживаемые негативные процессы;

*Авторы выражают благодарность Дмитрию Семеновичу Алексанову за помощь и постоянный интерес к работе, а также за ценные советы и замечания.

– развить позитивные черты проекта и тиражировать его опыт на другие замыслы;

– отсрочить реализацию проекта до получения дополнительной коммерчески ценной информации;

– согласно новым условиям изменить корпоративную, в том числе инвестиционную, стратегию;

– уменьшить негативные последствия рисков и нарастить позитивные;

– используя ранее неизвестные источники финансирования, оперативно реструктурировать и перемасштабировать капитал компании или ее проекта;

– корректировать денежный поток [1, с. 5].

Методы оценки реальных опционов

Существует несколько классов моделей, оценивающих проекты с учетом управленческой гибкости: модели, оценивающие инвестиционные проекты как составные реальные опционы, модели, использующие деревья решений, модели, основанные на динамическом программировании[1]. Модели, оценивающие многостадийные проекты как составные реальные опционы, основываются на аналогии между финансовым опционом и реальным инвестиционным решением. В то время как модели, основанные на оценке финансовых опционов, чаще всего позволяют оценить его на отказ или продолжение проекта, а в некоторых случаях – опцион на отсрочку. Динамическое программирование позволяет рассмотреть возможность временного замораживания производства с последующим возобновлением и изменением каких-либо параметров проекта, (возможность изменения которых представлена в моделях A. Huchzermeier, C.H. Loch [3] и G. Alesii [4]), основанных на динамическом программировании.

Наличие реального опциона позволяет снижать издержки или увеличивать денежные потоки, реагируя на изменение ситуации.

Различные виды неопределенности могут учитываться как при использовании модификаций моделей оценки опционов, так и при анализе деревьев решений и динамическом программировании[2]. Модели, основанные на оценке финансовых опционов, могут быть оценены при помощи аналитических формул, биномиальных деревьев и имитационных моделей. Сравнительный анализ перечисленных подходов представлен в работе [5].

Возможности управления при различных способах задания неопределенности, а также исходные данные, необходимые для применения рассмотренных подходов, представлены в табл. 1.

Таким образом, наличие исходных данных и возможность количественного анализа проектных рисков определяют вид модели оценки реального опциона.

В некоторых случаях при анализе проекта, характеризующегося несколькими источниками неопределенности, возможно сочетание имитационного и сценарного подходов. Например, в модели, предложенной в работе [7], коммерческие риски учитываются в рамках имитационного, а технологические – в рамках сценарного подхода.

Факторы, определяющие ценность реального опциона

Под ценностью реального опциона будет пониматься прирост чистой приведенной стоимости проекта за счет наличия реального опциона. Ценность реальных опционов определяет та неопределенность, которой они позволяют управлять. В моделях оценки составных реальных опционов, предложенных в исследованиях [7, 8], учет рисков, которыми реальный опцион не позволяет управлять, приводит к снижению его стоимости.

Подобные выводы также подтверждаются в исследованиях, эмпирически тестирующих выводы реальных опционов. В 2007 г. M.I. Leone и R. Oriani показали, что рыночная неопределенность ведет к росту цен на патентные лицензии [9].

Чем больше вероятность возникновения рисковой ситуации и тяжесть последствий от риска, тем более важной для инвестора будет возможность управлять данным риском. При анализе возможностей изменения решения в реальных проектах следует помнить о том, что рискам может быть присуща разная управляемость. Слабая управляемость в определенных ситуациях может оказаться результатом плохой прогнозируемости

[1] *Петренева Е.А.* Анализ многостадийных инвестиционных проектов как моделей управления // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 31. С. 4.

[2] Там же.

рисков, что снижает ценность реальных опционов. Анализ прогнозируемости возникновения рисковых ситуаций особенно важен при рассмотрении многостадийных проектов.

Реальные опционы и способы управления рисками, принятые в проектном анализе

Выявление реальных опционов возможно при проведении SWOT-анализа проекта. Реальные опционы – это пути использования возможностей или ответов на угрозы. В исследовании [1] А.А. Круковский отмечал: «Пусть фармацевтическая фирма рассматривает замысел создания дополнительного подразделения по разработке новых лекарств. В текущем периоде это не принесет ей ничего, кроме расходов. Инвестируя денежные средства на проведение научно-исследовательских работ, компания приобретает опцион роста. Вполне вероятно, что в дальнейшем это подразделение создаст новые виды эффективных препаратов и увеличит прибыль предприятия или сохранит ее, если конкуренты также разработают препараты нового поколения» [1, с. 5].

В частности, избыточные производственные мощности на предприятии можно оценить как опцион на расширение. Они позволяют заполнить рынок и таким образом ответить на вход конкурента. Патенты, позволяющие фирмам возбуждать судебные иски и отвечать на угрозы, также могут быть рассмотрены как реальные опционы[3].

Как правило, сходные виды рисков могут быть хеджированы при помощи сходных видов реальных опционов. Основные виды реальных опционов и риски, связанные с ними, представлены в табл. 2.

Таким образом, определение основных проектных рисков и SWOT-анализ позволяют предположить, какими реальными опционами может характеризоваться инвестиционный проект. Построение матрицы вероятностей и последствий, а также анализ чувствительности и прогнозируемости[4] позволяют выявить наиболее значимые проектные риски, требующие управления. Предложенные методы позволят выявить те реальные опционы, которые обладают наибольшей ценностью.

Моменты изменения решения при планировании возможностей управления могут задаваться исходя из прогнозных моментов завершения этапов проекта, а также исходя из моментов наиболее вероятного возникновения проектных рисков.

В качестве реальных опционов можно рассматривать различные способы реагирования на риски, планы на случай непредвиденных обстоятельств, альтернативные планы развития компании, наличие резервных поставщиков, а также наличие временных и денежных резервов. В работе [12] пример наличия резервной технологии был рассмотрен как способ управления риском.

Источниками информации для оценки реальных опционов могут выступать бизнес-план проекта или план стратегического развития предприятия. При выявлении параметров оценки реального опциона необходимо определить те денежные потоки, которые будут различаться в зависимости от варианта развития проекта. Цена приобретения реального опциона – это дополнительные инвестиции и рост текущих расходов за счет возможности управления риском.

Например, при оценке патента как реального опциона в качестве цены приобретения рассматриваются инвестиции в патент, а также пошлина за возобновление патента [13].

Реальные опционы и сигналы рисков

Сигналы рисков могу выступать импульсами к исполнению реальных опционов. Они позволяют быстрее идентифицировать возникновение рисковых ситуаций и реагировать на них. К «сигналам рисков» могут быть отнесены внешние и внутренние факторы. В качестве внешних сигналов риска можно рассмотреть динамику макроэкономических показателей, в частности изменение валютного курса, процентных ставок и темпов инфляции. Кроме того, сигналами риска являются изменение темпов роста рынка, слияния и поглощения, влияющие на концентрацию рынка, а также действия, предпринимаемые конкурентами. К внутренним сигналам риска можно отнести изменение производительности труда, замедление сроков осуществления проекта, ухудшение финансового состояния предприятия.

[3] *Петренева Е.А.* Оценка патентов как реальных опционов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. № 27. С. 3.

[4] *Грачева М.В.* Учет проектных рисков в нестационарных условиях // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 32. С. 2.

Реальные опционы в нестационарных условиях

Под нестационарной экономикой будем понимать хозяйственную систему, которой присущи достаточно резкие и плохо предсказуемые изменения многих макроэкономических показателей и параметров, уровни состояния и динамика которых не отвечают стационарному режиму экономики и нормальному рыночному циклу, а скорее присущи переходным кризисным или посткризисным экономическим процессам [14, с. 10].

Нестационарная экономика характеризуется высоким уровнем рисков, поэтому в нестационарных условиях возрастает необходимость свободы маневра, выражающейся, например, в сокращениях сроков проекта в процессе его реализации или в отсрочке инвестиций[5]. Возможность управления рисками и изменения решения часто являются необходимыми для успешного осуществления проекта.

Тем не менее в нестационарной среде снижается управляемость рисками, что приводит к понижению ценности реальных опционов. Исторические данные не отражают существующую картину событий, и сформированные на их основе прогнозы могут оказаться ошибочными.

В нестационарных условиях уместным является использование экспертных оценок при анализе неопределенности, так как имитационный подход может привести к некорректным результатам и нестабильности полученной оценки.

Целесообразно проводить оценку для различного набора исходных параметров, так как не всегда можно однозначно определить исходные данные для оценки реального опциона. Также в нестационарных условиях растет количество источников неопределенности, что усложняет оценку реальных опционов. В частности, неопределенными могут оказаться моменты исполнения реального опциона. Наличие устойчивой тенденции к изменению существующего положения служит необходимым признаком неравновесия, порождающего нестационарный процесс. Моменты изменений заранее неизвестны, поэтому доступные экономическим субъектам характеристики неравновесия обычно являются неполными, отражая неопределенность будущего в неравновесных процессах [15, с. 5]. При этом полученная оценка реального опциона чаще всего будет представлять собой не единственное число, а интервал или нечеткое число, что делает неоднозначным принятие инвестиционного решения.

В работах В.Н. Лившица говорится об отсутствии безарбитражного рынка и невозможности диверсификации рыночного портфеля в нестационарных условиях [16]. В подобных ситуациях не всегда являются корректными предпосылки формул, основанных на оценке финансовых опционов, в частности предпосылка о риск-нейтральности. В таком случае модели, основанные на деревьях решений и динамическом программировании, являются более эффективными, чем модели, основанные на оценке финансовых опционов. При этом спорным является вопрос о корректном определении ставки дисконтирования.

Реальные опционы и санкции

Текущая экономическая ситуация является ярким примером нестационарной системы. Санкции приводят к нестабильной макроэкономической ситуации, к увеличению валютных, рыночных и технологических рисков. Это повышает себестоимость продукции в отраслях, использующих импортные материалы и комплектующие. В некоторых отраслях ранее использовались импортные материалы и импортная техника, которые в настоящее время рискуют стать недоступными (например использование импортных семян в сельском хозяйстве). В таком случае важным оказывается опцион на переключение. В период экономического спада ценным становится возможность сворачивания производства и его временного замораживания, а также безболезненного выхода из проектов, которые становятся убыточными в изменившихся обстоятельствах. Тем не менее санкции могут представить для некоторых компаний новые возможности, такие как выход на рынки, ранее заполненные импортной продукцией.

Примеры использования опционного подхода при анализе инвестиционных проектов

Опционный подход используется в ряде документов, применяемых при проектном анализе. В частности, в рамках концепции анализа финансового состояния предприятия, реализующего инвестиционный проект, рассматриваются решения, которые могут быть

[5] *Грачева М.В.* Учет проектных рисков в нестационарных условиях // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 32. С. 2–14.

приняты на трех фазах жизненного цикла проекта: прединвестиционной, инвестиционной и эксплуатационной[6].

На прединвестиционной фазе анализируется реализуемость проекта, рассматриваются его риски и эффективность. По итогам фазы возможны следующие варианты решения:

– принятие проекта;

– отказ от проекта;

– корректировка параметров проекта.

На инвестиционной фазе рассматривается несколько вариантов развития проекта. Оптимальный вариант определяется исходя из минимизации рисков и обеспечения приемлемого уровня эффективности. На этой стадии также рассматриваются три варианта: продолжение проекта без изменений, изменения параметров проекта, отказ от проекта. Инвестиционное решение анализируется в соответствии с концепцией приемлемого риска, рассмотренной в работе М. Грачевой и А. Секерина[7]. Возможности изменения параметров проекта или выхода из него рассматриваются также на эксплуатационной фазе.

Таким образом, данная концепция подразумевает наличие опциона на отказ от проекта, а также опционов на изменение масштаба проекта, на переключение и на временное закрытие.

Анализ реальных опционов на примере плана стратегического развития агрохолдинга

Опционный подход встречается при анализе и планировании проектов, осуществляемых в нестабильной экономической среде. В стратегическом плане развития агрохолдинга *X*, предоставленном Д.С. Алексановым, рассматривается несколько вариантов развития предприятия в зависимости от структуры спроса на конечную продукцию. В плане предлагаются такие способы управления рисками, как параллельное развитие различных видов производств. Оно помогает уменьшать риски, связанные с изменением рыночной конъюнктуры. Данное решение может быть рассмотрено как опцион на переключение.

При составлении бизнес-плана были учтены риски, связанные с изменением спроса на различные зерновые культуры и продукты переработки зерна, а также с колебанием урожайности.

Согласно плану стратегического развития агрохолдинга *X*, при росте цен на зерно и ожидаемой их стабилизации будет увеличиваться реализация зерна без переработки. В случае ожидания дальнейшего роста цен возможна заготовка зерна. Возможность хранения представляет собой опцион на отсрочку.

Оценка опциона на переключение для агрохолдинга

Оценим проект по строительству мукомольного завода как реальный опцион. При наличии мукомольного завода компания может распределять зерно между зерном на продажу и на муку. Параметры оценки реального опциона представлены в табл. 3.

Согласно инвестиционной программе капитальные затраты на строительство завода составляют 8 917,52 тыс. руб. Горизонт планирования – 6 лет, мука начинает производиться со второго года. Ставка дисконтирования, при которой проводилось сравнение различных вариантов инвестиционной программы, равна 10%. Предполагается, что из одной тонны зерна получается 0,7 т муки.

Эксплуатационные затраты мукомольного завода представлены в табл. 4. К затратам, зависящим от объема произведенной муки, были отнесены затраты на оплату труда производственного персонала, на энергоснабжение, теплоснабжение, водоснабжение и транспорт. Эти статьи затрат будут рассмотрены как расходы по исполнению опциона. Предполагается, что остальные затраты не зависят от объема произведенной муки. Они зависят только от решения об открытии завода и будут рассмотрены как расходы на приобретение опциона. Сумма затрат, зависящих от объема производства муки (без учета затрат на сырье), – 4 704,32 тыс. руб. Сумма затрат, не зависящих от объема производства муки, – 599,06 тыс. руб.

Объем выращенного зерна определяется площадью поля и урожайностью. Количество зерна, которое может быть произведено при средней урожайности – 20 160 т. Максимальная мощность мукомольного завода составляет 11 440 т. В том случае когда из зерна производится мука, мукомольный завод загружается полностью.

[6] *Алексанов Д.С., Кошелев В.М.* Экономическая оценка инвестиций. Практикум по курсу. М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 259 с.

[7] *Грачёва М.В., Секерин А.Б.* Риск-менеджмент инвестиционного проекта // М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 544 с.

Оставшееся зерно реализуется в непереработанном виде.

Таким образом, выручка предприятия после выхода мукомольного завода на проектную мощность составит

$$CF^{D*} = \max\{P_K \times Q_{K\max};\ P_K \times (Q_{K\max} - Q_F) +$$

$$+ P_F \times k \times Q_F - Q_F \times TVC_F\},$$

где CF – денежный поток без вычета расходов на приобретение опциона;

D^* – оптимальное решение (распределение зерна между сырым зерном и мукой в соответствии с максимизацией маржинальной прибыли);

P_K – цена зерна;

$Q_{K\max}$ – объем зерна, который может быть выращен на данном поле;

Q_F – объем зерна, который идет на производство муки (величина постоянная, определяемая мощностью мукомольного завода);

P_F – цена муки;

k – коэффициент выхода муки из зерна, идущего на муку;

TVC_F – дополнительные условно-переменные затраты, которые осуществляются при производстве муки.

Маржинальная прибыль за один год за вычетом условно постоянных затрат составит

$$\pi^{D*} = CF^{D*} - TFC_F.$$

Различные сценарии, при которых задается набор переменных (урожайность, цена на муку, цена на зерно), представлены в табл. 5. Предполагается, что цена на муку в меньшей степени зависит от колебаний урожайности, чем цена на зерно, и цена на муку является более стабильной. Для каждого сценария представлен оптимальный выбор распределения продукции. Предполагается, что подобные сценарии равновероятны, и такой набор сценариев повторяется каждый год. Целью анализа сценариев является иллюстрация повышения приведенной стоимости проекта в результате свободы маневра. Более детальный количественный анализ факторов, определяющих урожайность, цену зерна и цену муки, оставлен за рамками исследования.

Проанализируем опцион на переключение, как правило, оптимального поведения. Анализ реальных опционов как правил оптимального поведения представлен в работе М. Грачевой[8]. В этом случае реальный опцион не будет исполняться с вероятностью 2/9.

Средняя маржинальная прибыль от производства зерна составит 72 304,01 тыс. руб., в то время как средняя маржинальная прибыль при возможности выбора между производством зерна и муки составит 80 186,14 тыс. руб. Тогда разница в среднем значении прибыли равна 7 882,14 тыс. руб.

Таким образом, ценность реального опциона составит

$$\sum_{i=2}^{6} \frac{7\,882{,}14}{1{,}1^i} = 26\,163{,}18.$$

Сравнив процентный прирост маржинальной прибыли в результате переключения на производство муки, можно проанализировать изменение ценности реального опциона в зависимости от различных состояний природы.

Суммы инвестиций в мукомольный завод и приростные денежные потоки, генерируемые за счет возможности корректировки продукции, представлены в табл. 6.

Сравним активную и пассивную приведенную стоимость проекта. Активная приведенная стоимость представляет собой приведенную стоимость проекта, определенную с учетом возможности изменения решения, а пассивная приведенная стоимость не учитывает такую возможность [17]. Продисконтированные денежные потоки, за вычетом расходов на приобретение опциона для каждого состояния природы, составят

$$PV(-I_1 + Q_{K\max,i} \times P_{K,i}|N_i + \sum_{i=2}^{6}(CF^{D*}|N_i) -$$

$$- \sum_{i=2}^{6} TCF_{F,i}),$$

где N – состояние природы в момент i, определяющее урожайность, цены на зерно и цены на муку;

I – инвестиции в строительство мукомольного завода, осуществляемые в первый год.

[8] *Грачева М.В.* Учет проектных рисков в нестационарных условиях // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 32. С. 4.

Активную чистую приведенную стоимость можно определить следующим образом

$$E(PV(-I_1 + Q_{k\max,i} \times P_{K,i\,i} + \sum_{i=2}^{6}(CF^{D^*}) -$$

$$- \sum_{i=2}^{6} TCF_{F,i})).$$

При этом пассивная чистая приведенная стоимость проекта составит

$$E(PV(\sum_{i=2}^{6}(Q_{K\max,i} \times P_{K,i})).$$

Ценность реального опциона за вычетом расходов на его приобретение равна

$$\frac{-8917{,}52}{1{,}1} + \sum_{i=2}^{6} \frac{7782{,}14 - 599{,}06}{1{,}1^{i}} = 16991{,}88.$$

Проведем анализ чувствительности ценности реального опциона за вычетом расходов на его приобретение по урожайности. Урожайность оказывает двоякое воздействие на маржинальную прибыль – через объем произведенного зерна и через цены. Этот риск является частично управляемым. Результаты анализа чувствительности представлены в табл. 7.

Рост колебаний урожайности снижает ценность реального опциона, так как влияние урожайности на цены в рамках примера меньше, чем ее влияние на количество выращенного зерна.

Анализ чувствительности активной чистой приведенной стоимости по ставке дисконтирования представлен в табл. 8. Этот анализ играет важную роль, так как вопрос определения ставки дисконтирования часто является неоднозначным. Можно сделать вывод о неустойчивости полученной оценки опциона. Тем не менее при всех представленных значениях ставки строительство завода является выгодным.

Следует заметить, что предложенная модель оценки требует доработки, в частности более детального обоснования колебания цен на зерно и муку, а также учета дополнительных рисков. К рискам, требующим детального анализа, стоит отнести риски спроса на рынке муки, задержки при выходе проекта на полную мощность, поломки и простои мукомольного завода, колебания эксплуатационных затрат.

Выявление и анализ реальных опционов в инвестиционных проектах

Исходя из обзора существующих исследований и анализа практического примера, можно составить алгоритм выявления и анализа реальных опционов в инвестиционном проекте. Алгоритм идентификации рисков, возникающих на каждой стадии проекта и выбора оптимальной комбинации реальных опционов при планировании проекта, был предложен в работе [18], где рассмотрены принципы, согласно которым можно определить наиболее важные реальные опционы и выбрать подходящую модель их оценки.

Вначале, исходя из количественного и качественного анализа рисков, необходимо выявить те риски, которые требуют управления, и предположить, насколько точно можно оценить реальные опционы. Далее нужно определить возможные меры противодействия рискам и точки пересмотра решения.

Стоит определить те операционные, инвестиционные и финансовые денежные потоки, которые являются параметрами оценки реального опциона. Это те потоки, которые подвержены наибольшим колебаниям, а также те, которыми инвестор может управлять. Оценка реального опциона позволяет определить, имеет ли смысл управлять данным риском. Алгоритм анализа рисков при помощи реальных опционов представлен на рис. 1.

Заключение

Для эффективного анализа инвестиционных решений в условиях неопределенности важно учитывать возможности управления рисками. Пересмотр решения и корректировка параметров проекта в соответствии с изменением ситуации часто являются необходимыми для достижения целей проекта. Возможности реагирования на позитивные и негативные риски могут быть оценены как реальные опционы, так как они являются правом, но не обязанностью. В качестве опционов могут быть рассмотрены различные варианты изменения решения, в том числе переключение на производство смежной продукции, временная остановка проекта, изменение его масштаба.

Поиск реальных опционов возможен исходя из идентификации и анализа рисков проекта, в частности обнаружить их возможно при проведении SWOT-анализа и анализа сценариев.

Ценность реального опциона создают такие факторы, как возможность управлять риском и степень чувствительности проекта к рассматриваемому риску. Чем более тяжелым для проекта является риск, тем ценнее будет реальный опцион, который позволяет его хеджировать. Для выявления наиболее важных опционов необходим детальный анализ проектных рисков и мер противодействия. Имеет смысл построение матрицы вероятностей и последствий, проведение анализа чувствительности и прогнозируемости.

Модель оценки реального опциона определяется возможностью изменения решения, а также качеством и характером данных для количественного анализа рисков. Источником исходных данных для оценки опциона может выступать бизнес-план или план стратегического развития предприятия. Для оценки реального опциона необходимо определить те статьи доходов и расходов, которые инвестор готов изменить и количественно оценить их корректировку в случае различных инвестиционных решений.

Опционный подход в неявном виде встречается при анализе инвестиционных проектов, характеризующихся высоким уровнем риска и предполагающих возможность маневра. В частности, он используется при анализе финансового состояния предприятия, реализующего инвестиционный проект, а также в планах стратегического анализа компаний.

Нестационарные условия приводят к росту рисков, и возможность управления рисками приобретает огромное значение. Тем не менее предпосылки многих моделей, оценивающих реальные опционы, в нестационарных условиях не соблюдаются. Поэтому многие модели оценки требуют модификации, и полученные результаты могут оказаться неоднозначными. Для корректных выводов необходимо проведение анализа чувствительности оценки опциона по исходным параметрам.

Таблица 1

Оценка возможности управления при различных способах задания неопределенности

Вид модели	Способ задания неопределенности	Необходимые для оценки исходные данные, их источники	Проекты, при которых подход может применяться	Сильные стороны модели	Слабые стороны модели
Имитационные модели, учитывающие возможность управления	Неопределенность задается в распределении факторов риска	Параметры распределения факторов риска – закон распределения. Данные оцениваются статистически	Проекты, риски по которым можно оценить статистически	Гибкость модели, возможность включения различных управляемых и неуправляемых рисков	Большая размерность решаемой задачи, чувствительность к заданию вида распределения
Сценарный анализ с возможностью управления: деревья решений с интервальным заданием неопределенности, деревья решений с нечетким заданием неопределенности	Для каждого сценария задаются значения денежных потоков и инвестиций, также определяется вероятность реализации каждого сценария	Данные определяются экспертно. При использовании экспертного подхода возможно использование интервалов и нечетких чисел. Использование подобных подходов рассмотрено в работе [6]	Уникальные проекты, не имеющие аналогов. Проекты, характеризующиеся рисками, для оценки которых не существует статистических данных	Гибкость модели	Сложность расчета при использовании интервалов или нечетких чисел

Таблица 2

Основные виды реальных опционов и проектные риски

Вид опциона	Риски, которыми позволяет управлять данный реальный опцион	Пример
1. На сворачивание	Риски, связанные с колебанием цен на продукцию. Риски, связанные с ростом издержек	Возможность консервации части производственных мощностей или продажи части оборудования
2. На отказ		Лизинг, а не приобретение оборудования, отсутствие долгосрочных обязательств
3. На временное закрытие		Консервация сельхозугодий [1], временное закрытие шахт и месторождений [10]

4. На расширение	Риски, связанные с колебанием спроса и с действиями конкурентов	Наличие неиспользуемых производственных мощностей
5. На переключение	Риски, связанные с изменением рыночных требований	Выпуск смежной продукции. Продукция двойного назначения на предприятиях оборонно-промышленного комплекса
6. На отсрочку	Риски, связанные с колебанием цен на продукцию, риски, связанные с издержками	Отсрочка при коммерциализации результатов НИОКР, отсрочка при разработке месторождений полезных ископаемых
7. На запуск пилотного проекта	Большой размер и чрезмерная сложность проекта	Запуск сервисов в сфере информационных технологий [11]

Таблица 3

Параметры для оценки опциона на переключение

Данные	Параметры оценки реального опциона
Выгоды от исполнения реального опциона	Различие в ценах между зерном и мукой
Расходы на приобретение реального опциона	Сумма инвестиций в мукомольный завод, условно-постоянные затраты на эксплуатацию мукомольного завода
Расходы на исполнение реального опциона	Дополнительные расходы на производство муки

Источник: сводный финансовый план развития организации *X*

Таблица 4

Эксплуатационные затраты мукомольного завода, тыс. руб.

Статья затрат	Сумма
Оплата труда (с начислениями), всего	336,19
В том числе:	
– производственного персонала	235,01
– инженерно-технических работников	44,06
– административного персонала	57,12
Энергоснабжение	1 317,89
Теплоснабжение	758,84
Водоснабжение	758,84
Транспорт	1 633,74
Аренда земли и сооружений	52
Текущий ремонт	445,88
Административные и накладные расходы	1 644,16

Таблица 5

Оптимальное распределение структуры продукции при различных сценариях

Сценарий	Урожайность, %	Цена муки, %	Цена зерна, %	Маржинальная прибыль, тыс. руб.		Вариант оптимального решения	Максимальная маржинальная прибыль, тыс. руб.	Выигрыш от исполнения реального опциона, %
				Вариант 1	Вариант 2			
1	0,00	0,00	0,00	72 842,11	76 964,78	2	76 964,78	5,66
2	18,30	0,78	–1,26	85 084,62	90 119,62	2	90 119,62	5,92
3	–18,30	21,08	37,68	81 933,21	81 056,38	1	81 933,21	0,00
4	18,30	0,78	–27,02	62 888,63	78 570,58	2	78 570,58	24,94
5	–18,30	21,08	1,76	60 559,33	74 528,06	2	74 528,06	23,07
6	36,60	–7,02	–13,49	86 074,68	92 256,03	2	92 256,03	7,18
7	–36,60	34,64	71,49	79 196,52	71 145,10	1	79 196,52	0,00
8	36,60	–7,02	–36,06	63 620,41	79 129,66	2	79 129,66	24,38
9	–36,60	34,64	26,75	58 536,56	68 976,80	2	68 976,80	17,84
Среднее значение			***–***	***72 304,01***	***79 194,11***	***1,78***	***80 186,14***	***0,12***

Таблица 6

Операционные и инвестиционные денежные потоки, связанные с производством муки, тыс. руб.

Показатель	Год					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Прирост маржинальной прибыли за счет опциона	–	7 882,14	7 882,14	7 882,14	7 882,14	7 882,14
Условно-постоянные затраты на эксплуатацию завода	–	599,1	599,1	599,1	599,1	599,1
Инвестиционные затраты	–8 917,52	–	–	–	–	–
Итого приток/отток денежных средств	***–8 917,52***	***7 283,08***	***7 283,08***	***7 283,08***	***7 283,08***	***7 283,08***

Таблица 7

Анализ чувствительности ценности реального опциона по колебаниям урожайности

Вариант урожайности	Колебания урожайности, %	Активная NPV, тыс. руб.	Изменение активной NPV, %	Статистика исполнения опциона за каждый год
Базовый	±36,6	16 991,88	–	7/9
Рост колебания	±73	11 959,1	–29,6	2/3
Снижение колебаний	±18,3	18 431,1	8,5	8/9
Стабильная урожайность	0	19 402,06	17,4	1

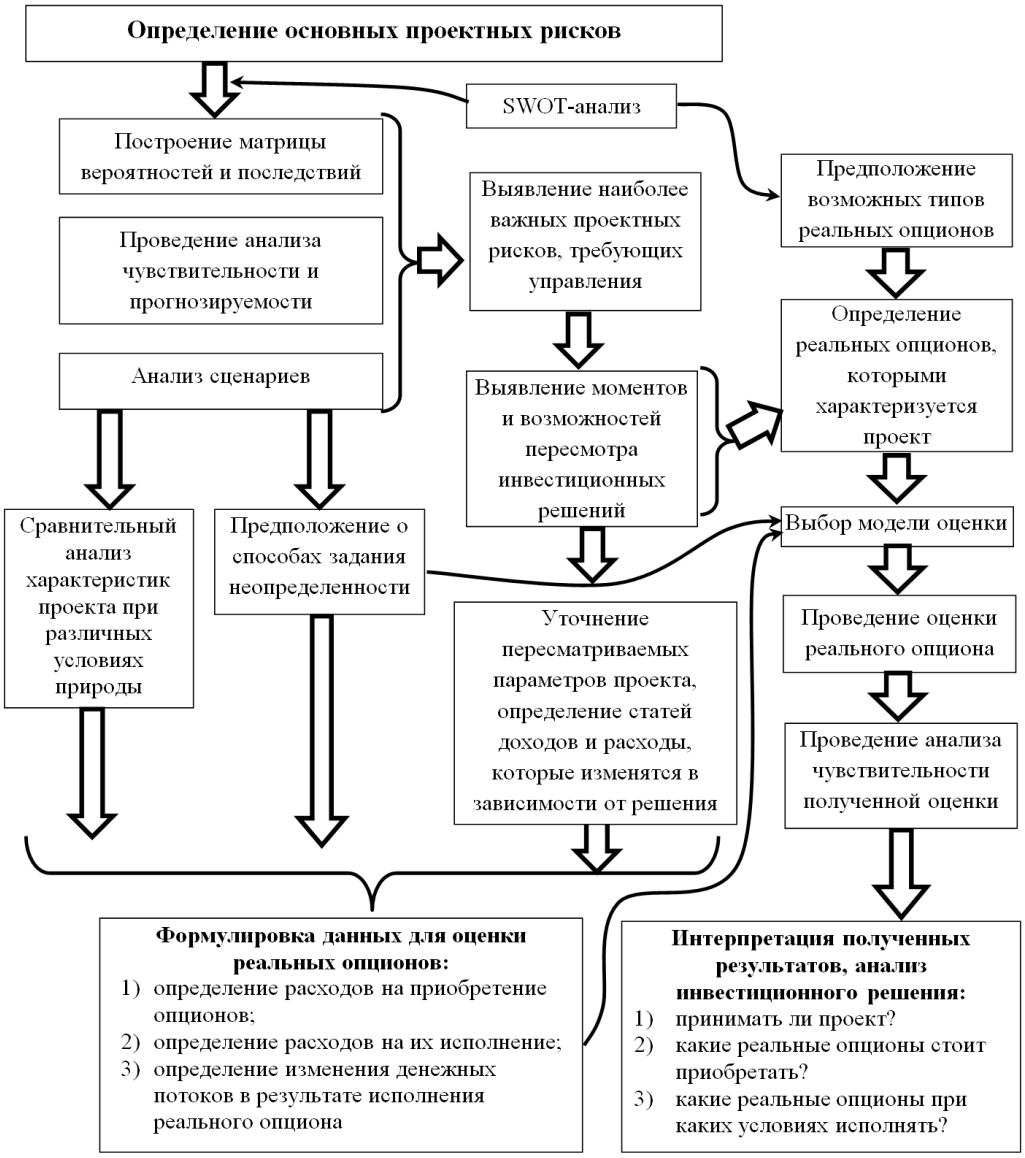
Таблица 8

Анализ чувствительности ценности опциона по ставке дисконтирования

Ставка, %	Активная NPV, тыс. руб.	Изменение активной NPV, %
1	19 150,93225	60,14
5	15 515,83186	29,74
10	11 959,09659	0
15	9 218,257205	–22,92
20	7 079,87332	–40,80

Рисунок 1

Алгоритм анализа реальных опционов в инвестиционном проекте



Список литературы

1. *Круковский А.А.* Метод реальных опционов в управлении инвестициями // Труды ИСА РАН. 2008. Т. 37. С. 122–144.

2. *Дамодаран А.* Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов / пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. 1342 с.

3. *Huchzermeier A., Loch C.H.* Project Management under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D // Management Science. 2001. Vol. 47. № 1. P. 85–101.

4. *Alesii G.* VaR in real options analysis // Review of Financial Economics. 2005. Vol. 14. Iss. 3-4. P. 189–208.

5. *Петренева Е.А.* Применение составных реальных опционов при оценке многостадийных проектов // Аудит и финансовый анализ. 2014. № 5. С. 203–211.

6. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Дело, 2002. 888 с.

7. *Cassimon B., Baecker D.E., Engelen P.J., Van Wouwe M., Yurdanow V.* Incorporating Technical risk in compound real option models to value a pharmaceutical R&D licensing opportunity // Research Policy. 2011. Vol. 40. Iss. 9. P. 1200–1216.

8. *Schwartz E.S.* Patents and R&D as Real Options. NBER Working Paper, 2001. № 10114.

9. *Leone M.I., Oriani R.* The option value of patent licenses // University of California Berkeley, 2007.

10. *Fleten S-E., Haugom E., Ullrich C.J.* The Real Options to Shutdown, Startup, and Abandon: Empirical Evidence // Norwegian University of Science and Technology, 2012.

11. *Benaroch M., Lichtenstein Y., Robinson K.* Real Options in Information Technology Risk Management: An Empirical Validation of Risk-Option Relationships. MIS Quarterly, Vol. 30. № 4. P. 827–864.

12. *Грей К.Ф., Ларсон Э.У.* Управление проектами. Практическое руководство. М.: Дело и Сервис, 2003. 528 с.

13. *Pakes A.* Patents as Options: Some Estimates of the Value of Holding European Patent Stocks Source // Econometrica. 1986. Vol. 54. № 4. P. 755–784.

14. *Лившиц В.Н.* О методологии оценки эффективности российских инвестиционных проектов. Научный доклад. М.: Институт экономики РАН, 2009. 70 с.

15. *Костюк В.Н.* Теория эволюции и социоэкономические процессы // М.: УРСС, 2001. 176 с.

16. *Лившиц В.Н.* Основы системного мышления и системного анализа. М.: Институт экономики РАН, 2013. 54 с.

17. *Copeland T., Antikarov V.* Real Options. A Practitioner's Guide // TEXERE. 2003. 384 p.

18. *Benaroch M.* Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective // Journal of Management Information Systems. 2002. Vol. 19. Iss. 2. P. 43–84. URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.5.3401&rep=rep1&type=pdf.

ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Mathematical Analysis and Modeling in Economics

REAL OPTIONS AS PROJECT RISK MANAGEMENT TOOLS

Marina V. GRACHEVA[a,•], Ekaterina A. PETRENEVA[b]

[a] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
grachevamv@mail.ru

[b] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
petrenevaea@gmail.com

• Corresponding author

Article history:
Received 28 December 2015
Accepted 3 February 2016

JEL classification: C61, D92

Keywords: real option, risk, management, unsteady conditions

Abstract

Importance Currently, investing activities are associated with significant risks. Projects can be mainly implemented if project risks are effectively managed. The changeability of decisions can be qualified as a real option. Models for evaluating real options should be coupled with generally accepted methods of project analysis for purposes of effective management in uncertainty.

Objectives The research analyzes real options as tools to manage project risks.

Methods The real options analysis method was compared with methods for qualitative and quantitative analysis of risks as used for project management purposes. We briefly overview economic and mathematical methods for evaluating real options, and analyze them as management models.

Results We reviewed various real options; identified a correlation between them and project risks; analyzed factors building the value of real options; considered examples of an option-based approach to analyze investment projects. The article formulates an algorithm for analyzing real options and selecting an evaluation model in line with a project risk type and the nature of source data.

Conclusions and Relevance The real options method and project risk analysis methods can be used to take decisions in the unstable economic environment. Risk manageability can be very valuable in non-stationary conditions, however in such circumstances the evaluation of real options can be complicated, thus requiring a more thorough examination.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

Acknowledgments

We express our gratitude to Dmitry S. ALEKSANOV for the assistance and continuing interest in our work, as well as for valuable advice and remarks.

References

1. Krukovskii A.A. Metod real'nykh optsionov v upravlenii investitsiyami [The real options method in investment management]. *Trudy ISA RAN = Proceedings of ISA RAS*, 2008, vol. 37, pp. 122–144.

2. Damodaran A. *Investitsionnaya otsenka. Instrumenty i tekhnika otsenki lyubykh aktivov* [Investment Valuation: Tools and Techniques Determining the Value of Any Asset]. Moscow, Al'pina Biznes Buks Publ., 2004, 1342 p.

3. Huchzermeier A., Loch C.H. Project Management under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D. *Management Science*, 2001, vol. 47, no. 1, pp. 85–101.

4. Alesii G. VaR in Real Options Analysis. *Review of Financial Economics*, 2005, vol. 14, iss. 3-4, pp. 189–208.

5. Petreneva E.A. Primenenie sostavnykh real'nykh optsionov pri otsenke mnogostadiinykh proektov [The use of compound real options to evaluate multiple-stage projects]. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*, 2014, no. 5, pp. 203–211.

6. Vilenskii P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. *Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov: teoriya i praktika* [The valuation of investment project effectiveness: theory and practice]. Moscow, Delo Publ., 2002, 888 p.

7. Cassimon B., Baecker D.E., Engelen P.J., van Wouwe M., Yordanov V. Incorporating Technical Risk in Compound Real Option Models to Value a Pharmaceutical R&D Licensing Opportunity. *Research Policy*, 2011, vol. 40, iss. 9, pp. 1200–1216.

8. Schwartz E.S. Patents and R&D as Real Options. *NBER Working Paper*, 2001, no. 10114.

9. Leone M.I., Oriani R. The Option Value of Patent Licenses. University of California Berkeley, 2007.

10. Fleten S.-E., Haugom E., Ullrich C.J. The Real Options to Shutdown, Startup, and Abandon: Empirical Evidence. Norwegian University of Science and Technology, 2012.

11. Benaroch M., Lichtenstein Y., Robinson K. Real Options in Information Technology Risk Management: An Empirical Validation of Risk-Option Relationships. *MIS Quarterly*, 2006, vol. 30, no. 4, pp. 827–864.

12. Gray C.F., Larson E.W. *Upravlenie proektami. Prakticheskoe rukovodstvo* [Project Management. The Managerial Process]. Moscow, Delo i Servis Publ., 2003, 528 p.

13. Pakes A. Patents as Options: Some Estimates of the Value of Holding European Patent Stocks Source. *Econometrica*, 1986, vol. 54, no. 4, pp. 755–784.

14. Livshits V.N. *O metodologii otsenki effektivnosti rossiiskikh investitsionnykh proektov. Nauchnyi doklad* [On the methodology for evaluating the efficiency of the Russian investment projects. Scientific report]. Moscow, Institute of Economics of RAS Publ., 2009, 70 p.

15. Kostyuk V.N. *Teoriya evolyutsii i sotsioekonomicheskie protsessy* [The theory of evolution and socio-economic processes]. Moscow, URSS Publ., 2001, 176 p.

16. Livshits V.N. *Osnovy sistemnogo myshleniya i sistemnogo analiza* [The basis of systems thinking and system analysis]. Moscow, Institute of Economics of RAS Publ., 2013, 54 p.

17. Copeland T., Antikarov V. Real Options. A Practitioner's Guide. Texere, 2003, 384 p.

18. Benaroch M. Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective. *Journal of Management Information Systems*, 2002, vol. 19, iss. 2, pp. 43–84. Available at: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.5.3401&rep=rep1&type=pdf.