

УДК 338.92  
ББК 65.9(2Р)-2  
И 585

*Р е ц е н з е н т ы:*  
*доктор экономических наук Г.М. Мкртчян,*  
*кандидат экономических наук М.А. Ягольницер.*

И 585 **Инвестиционный процесс и структурная трансформация российской экономики** /А.В. Алексеев, А.О. Баранов, Н.П. Дементьев и др. / под ред. д.э.н. А.В. Алексеева, к.и.н. Л.К. Казанцевой. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2020. – 402 с.

ISBN 978-5-89665-348-6

В монографии рассматривается долгосрочная динамика выпуска промышленной продукции в РФ и финансовый потенциал источников инвестиций; приведены данные прямых иностранных инвестиций; анализируется влияние антироссийских санкций на инвестиционную программу РФ; уделено внимание «зеленым» инвестициям в экономику России; приведен международный опыт инвестиционной активности на рынке интеллектуальной собственности; представлены результаты апробации методики оценки экономической эффективности инновационных проектов; показано, что основной капитал российской экономики оценен в разных и несопоставимых ценах, что искажает многие показатели; международными сопоставлениями подтверждается необходимость реализации мобилизационного сценария для России, предусматривающего резкое увеличение нормы накопления и величины капложений в основные производственные фонды; показаны сильные и слабые стороны государственно-частного партнерства, изучены его возможности и потенциал использования.

Монография представляет интерес для научных работников, занимающихся анализом и моделированием экономических процессов, а также для преподавателей, аспирантов и студентов экономических вузов.

ISBN 978-5-89665-348-6

УДК 338.92  
ББК 65.9(2Р)-2

Монография подготовлена в рамках выполнения плана НИР ИЭОПП СО РАН по проекту XI.170.1.1. (0325-2017-0007) Инновационные и экологические аспекты структурной трансформации российской экономики в условиях новой геополитической реальности № АААА-А17-117022250127-8.

© ИЭОПП СО РАН, 2020 г.

© Коллектив авторов, 2020 г.

Полная электронная копия издания расположена по адресу:

<http://lib.ieie.su/docs/2018/http://lib.ieie.nsc.ru/docs/2020/>

[Investicionniy\\_process\\_i\\_structurnaya\\_transformaciya/](#)

[Investicionniy\\_process\\_i\\_structurnaya\\_transformaciya\\_ros\\_econ.pdf](#)

## **ГЛАВА 9. РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В НАПРАВЛЕНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПЦИОННОГО И НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДОВ (на примере производства биотоплива)**

Проблема энергетической безопасности является ключевой для устойчивого развития современного общества. В связи с тем, что использование невозобновляемого традиционного углеводородного сырья, запасы которого истощаются с каждым годом, влечет за собой глобальные проблемы – эмиссия CO<sub>2</sub>, глобальное потепление, загрязнение окружающей среды и др., существенную и все возрастающую роль в мировой энергетике играют возобновляемые (или т.н. «альтернативные») источники энергии, в частности, солнечная энергия, биомасса животного, растительного, микробного, бытового и промышленного происхождения [Моисеев, 2006].

Одним из основных видов возобновляемых (альтернативных) энергоносителей является биотопливо, которое производится из переработанной различными способами липидосодержащей биомассы различных растений, опилок и микроводорослей. В настоящее время во всем мире интенсивно развивается отрасль производства масличных технических (непищевых) культур для получения биотоплива. Сегодня мы являемся свидетелями новой энергетической революции – взрывного развития инновационных технологий производства традиционных видов топлива: бензина, керосина, дизельного и авиационного топлива из энергонасыщенной и быстрорастущей непищевой биомассы самых различных растений.

Для инновационных проектов характерно отсутствие прибыльности на первых этапах их реализации и большой риск, связанный с высокой неопределенностью оценки генерируемых ими прогнозируемых денежных потоков. В этих условиях использование стандартных методов анализа экономической эффективности проектов не позволяет получить комплексную оценку целесооб-

разности осуществления инвестиций, а также количественно оценить достоверность динамики прогнозируемых показателей. В результате, довольно часто инновационные проекты не получают финансирования или инвесторы вынуждены опираться в решениях об инвестировании на свою интуицию, не подкрепленную результатами количественного анализа экономической эффективности вложений. Все это, по нашему мнению, требует развития теории и методов анализа экономической эффективности инноваций и определяет высокий уровень фундаментальности проблематики.

Небольшие инновационные компании достаточно часто финансируются венчурными фондами. В этой ситуации актуальной задачей является совершенствование методических подходов к оценке эффективности инновационных проектов венчурными фондами с применением новых методов, используемых в мировой практике. К числу таких методов относится метод реальных опционов и метод нечетких множеств.

***Современное состояние исследований в данной области науки.*** В России исследования, содержащие использование метода реальных опционов применительно именно к венчурному финансированию инновационных проектов, не получили распространения при наличии публикаций, посвященных использованию метода реальных опционов при оценке эффективности инновационных проектов ([Баев, Алябушев, 2010]; [Круковский, 2009]; [Салихов, 2007] и др.). При наличии за рубежом значительного числа публикаций, посвященных венчурному финансированию и отдельно – реальным опционам, исследования, посвященные проблематике приложения теории реальных опционов к анализу венчурного бизнеса, немногочисленны. Исследования, в которых метод реальных опционов в совокупности с методом нечетких множеств применяется для целей оценки эффективности венчурного финансирования инновационных проектов, на данный момент отсутствуют как за рубежом, так и в России.

В мировой экономической литературе в имеющихся немногочисленных исследованиях реальные опционы, возникающие при венчурном финансировании инновационных проектов, анализируются с позиции инвестиционного проекта в целом ([Botteron, Casanova, 2003]; [Hsu, 2002]; [Huixia, Tao, 2010]; [Seppa, Laamanen, 2001]; [Li, 2008]; [Li, Mahoney, 2011]; [Vanhaverbeke и др., 2008]; [Lin, 2002]).

Применение метода нечетких множеств в рамках методики оценки эффективности инновационного проекта с реальными опционами, финансируемого венчурным фондом, выполнено впервые и не описывается в мировой экономической литературе. Имеются работы отдельно по применению метода нечетких множеств при оценке венчурных инвестиций, при оценке эффективности инновационных проектов и при оценке стоимости реальных опционов. Приведем некоторые из них. Использование метода нечетких множеств при оценке венчурных инвестиций описано в следующих работах российских и зарубежных ученых: [Гареев, 2009]; [Zhang, 2012] и др. Применение метода нечетких множеств в инвестиционно-инновационном анализе описано в работах: [Кальченко, 2012]; [Ильин, 2009]; [Клементьева, 2006] и др.

Существуют работы зарубежных авторов, в которых метод нечетких множеств используется при оценке реальных опционов, возникающих в инновационных проектах, но без венчурного финансирования. Это такие работы как [Carlsson, Fuller, 2003]; [Carlsson и др., 2007]; [Liao, Ho, 2010]; [Tolga, Kahraman, 2008]; [Bednyagin, Gnansounou, 2011]; [Hassanzadeh, 2011]; [Magni и др., 2004]; [Arasteh, Aliahmadi, 2014]; [Lee Y., Lee S., 2011]; [Ucal, Kahraman, 2009]; [Ho, Liao, 2011]; [Tao, 2007]; [Zhang и др., 2006]; [Wang, Hwang, 2007]; [Liao, Ho, 2010]. Среди работ российских ученых это [Недосекин и др., 2015].

Однако не во всех вышеперечисленных работах проводится апробация предлагаемых авторами этих работ подходов, не проводятся расчеты с использованием данных реальных инновационных проектов (например, это такие работы как [Carlsson и др., 2007] и пр.). Есть работы, в которых приводятся примеры расчетов, но не дается развернутая содержательная экономическая интерпретация полученных результатов. Преобладает технико-математический подход. Но и подобные работы, к сожалению, немногочисленны.

В рамках данной главы нами будет проанализирована экономическая эффективность инновационного проекта по созданию производства моторного топлива из высокоэнергонасыщенной биомассы с использованием метода реальных опционов и нечетко-множественного анализа. Будут представлены результаты расчетов и их содержательная экономическая интерпретация.

На рис. 9.1 представлена блок-схема разработанного нами в [Баранов, Музыка, 2013] методического подхода к оценке экономической эффективности инновационных проектов с венчурным финансированием на основе метода реальных опционов в четкой постановке без применения нечетко-множественного анализа.

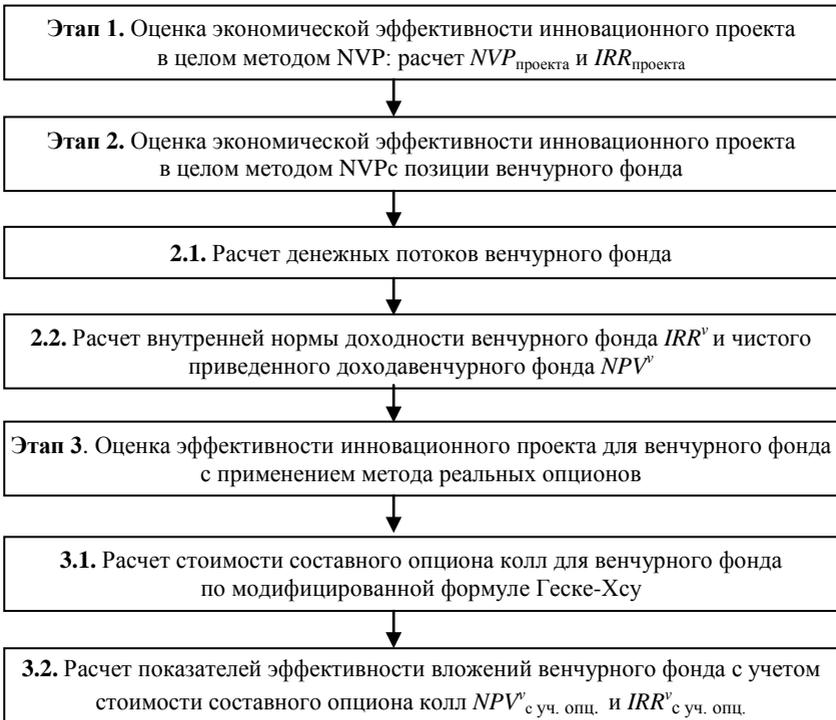


Рис. 9.1. Блок-схема методического подхода к оценке экономической эффективности инновационных проектов с венчурным финансированием на основе метода реальных опционов

Далее в работе [Баранов и др., 2018] нами был развит методический подход к оценке эффективности инновационных проектов путем объединения двух методов – метода реальных опционов и аппарата нечетко-множественного анализа. Идея экспериментальных расчетов состоит в том, что с использованием метода Монте-Карло в заданных пределах «раскачиваются» экзогенные показатели финансовой модели проекта и анализируются послед-

ствия этих флюктуаций для основных эндогенных показателей, характеризующих экономическую эффективность проекта. Таким образом, на каждом этапе методики (см. рис. 9.1) на «входе» у нас будут нечеткие показатели, следовательно, и на «выходе» мы получаем нечеткие показатели.

Подробное описание авторской методики оценки эффективности инновационных проектов с венчурным финансированием на основе метода реальных опционов и нечетко-множественного подхода представлено нами в монографии [Баранов, Музыко, Павлов, 2018].

***Описание проекта по созданию производства биотоплива.*** Анализируемый нами инновационный проект предполагает использование ряда последовательных технологий для получения конечных продуктов из биомассы микроводорослей: биодизель; витаминизированные кормовые добавки для животноводства; органические удобрения; биогаз; пропан.

Ни одно из существующих наземных растений не в состоянии конкурировать с водорослями по эффективности фотосинтеза, лежащего в основе урожайности, и по содержанию масел и, соответственно, энергии в них [Johnson, Sprague, 1987].

***Оценка эффективности инновационного проекта по производству биодизельного топлива с позиции венчурного фонда с использованием метода реальных опционов.*** В рамках данного раздела проведем оценку эффективности инновационного проекта по производству биотоплива с позиции венчурного фонда традиционным методом NPV (стандартный расчет) и с применением метода реальных опционов (в четком виде).

***Оценка инновационного проекта по производству биодизельного топлива традиционным методом NPV с позиции венчурного фонда***

Предполагается, что в финансировании проекта примет участие венчурный фонд. Общий объем финансирования проекта составит примерно 397 379 тыс. руб., в том числе инвестиции венчурного фонда 61 557 тыс. руб.

Стоимость Проектной компании была оценена на основе генерируемых ею денежных потоков. Чистый приведенный доход (NPV) с учетом ликвидационной стоимости, рассчитанный для прогнозного периода, равен 125 626 тыс. руб.

Венчурный фонд будет варьировать свою долю в уставном капитале инвестируемой компании в пределах от 25 до 49%, поскольку инициаторы проекта хотят сохранить контрольный пакет акций в своих руках.

Сделаем расчеты для двух крайних значений долей венчурного фонда в уставном капитале инвестируемой компании 25% и 49% (нижняя и верхняя границы).

*Опишем расчеты для верхней границы доли венчурного фонда 49%*

Предположим, что доля венчурного фонда в уставном капитале Проектной компании составит 49%. То есть примерный объем инвестиций венчурного фонда 61 557 тыс. руб. (125626 тыс. руб.  $\times$  0,49 = 61 557 тыс. руб.). Стало быть, в общем объеме инвестиций в проект доля фонда составит 15,5% (61 557 тыс. руб. / 397 379 тыс. руб.  $\times$  100% = 15,5%). Инвестиции венчурного фонда осуществляются в два этапа. На первом этапе в 2018 г. (начало проекта) инвестируется 18 467 тыс. руб., или 30% инвестиций, и приобретается 14,7% (18 467/125 626  $\times$  100% = 14,7%) акций Проектной компании. В случае успешного развития проекта, после того как он начнет генерировать чистую прибыль (2015 г. – см. рис. 9.2), на втором этапе (2016 г.) вкладываются оставшиеся 70 % инвестиций фонда, или 43 090 тыс. руб., и приобретаются зарезервированные за фондом 34,3% акций Проектной компании.

В анализируемом проекте по производству биодизельного топлива 2017 г. выбран как год «выхода» венчурного фонда из бизнеса Проектной компании. На рис. 9.2 хорошо видно, что после 2017 г. темп роста чистой прибыли Проектной компании резко падает. Поэтому венчурному фонду необходимо продать свои акции в момент, когда потенциальный покупатель будет рассчитывать на дальнейший существенный рост прибыли, опираясь на данные о ее динамике в 2015–2017 гг.

Рассчитаем финансовые потоки венчурного фонда и показатели эффективности вложений фонда  $NPV^v$  и  $IRR^v$  для года «выхода» 2017 г. для двух крайних значений долей венчурного фонда в уставном капитале инвестируемой компании 25% и 49% и разных значений ожидаемой величины отношения цены акции к получаемому по ней доходу ( $P/E = 2, 3, 4, 5, 6, 7$ ).

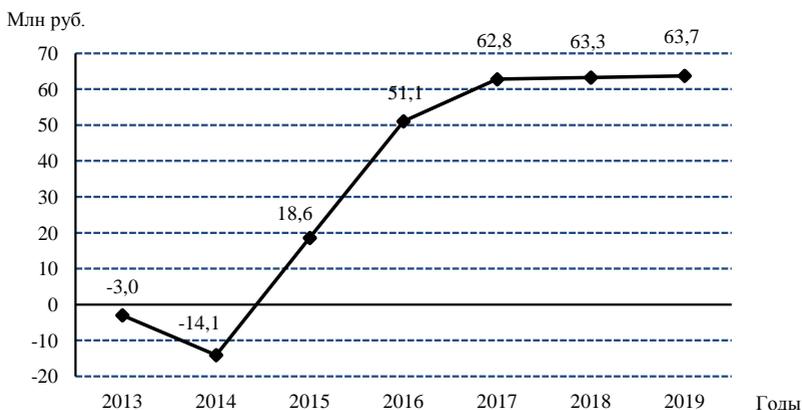


Рис. 9.2. Динамика чистой прибыли Проектной компании в 2013–2019 гг., млн руб.

Проанализируем полученные результаты. Из практической деятельности известно, что приемлемая для венчурного фонда внутренняя норма доходности начинается с 20%. В соответствии с нашими расчетами приемлемая для фонда внутренняя норма доходности  $IRR^v$  начинается со значения  $P/E = 4$  (т.е. при доходности 25%):  $IRR^v = 28\%$ . При значениях  $P/E = 2$  и  $P/E = 3$ , т.е. достаточно высоких доходностях 50% и 33,3% соответственно, характерных для венчурного бизнеса, значения внутренней нормы доходности для венчурного фонда ниже требуемых 20%: при  $P/E=2$   $IRR^v = -6\%$ ; при  $P/E=3$   $IRR^v = 14\%$ .

Для расчета чистого приведенного дохода венчурного фонда  $NPV^v$  продисконтируем его денежные потоки по ставкам 20%, 30% и 35%, которые широко используются при оценке проектов в России венчурными инвесторами. При  $P/E = 2$  и  $P/E = 3$  для ставок дисконтирования 20%, 30% и 35%  $NPV^v$  венчурного фонда является отрицательным. Таким образом, при действительно «венчурных» условиях, приемлемых для фонда,  $NPV^v$  фонда отрицателен. Анализируемый инновационный проект по созданию производства моторного топлива из высокоэнергонасыщенной биомассы не является эффективным для венчурного фонда и должен быть отклонен инвестиционным комитетом.

*Оценка инновационного проекта по производству биодизельного топлива для венчурного фонда с применением метода реальных опционов*

Опишем в качестве примера ход наших расчетов для доли венчурного фонда в уставном капитале инвестируемой компании 49%.

Действия венчурного фонда по финансированию данного инновационного проекта могут быть описаны в терминах составного опциона. *Составной опцион колл* – это опцион, базовым активом которого является внутренний колл-опцион. Нами предлагается следующая содержательная интерпретация составного опциона колл применительно к анализируемому проекту. Формула расчета стоимости составного опциона колл подробно описана нами в работе [Баранов, Музыка, 2013].

Нулевым моментом времени  $T_0$  является 2013-й год;  $T_1$  – 2016-й год;  $T_2$  – 2017-й год (год «выхода» венчурного фонда из бизнеса проинвестированной компании).

Инвестиции на приобретение в момент времени  $T_0 = 2013$  г. составного опциона колл равны  $I_0^v = 18\,467$  тыс. руб. Этот опцион предоставляет инвестору (венчурному фонду) право (но не обязанность) купить через определенное время (предполагается, что этот период равен трем годам) в момент времени  $T_1 = 2016$  г. по цене  $I_1^v = 43\,090$  тыс. руб. оставшуюся часть зарезервированных за ним акций Проектной компании. Приобретение венчурным фондом части акций в момент  $T_1$  по цене  $I_1^v$  может быть истолковано как покупка внутреннего опциона колл на приобретение актива со сроком исполнения  $T_2$  и ценой исполнения  $I_2^v$ .

Активы, право на покупку которых инвестор приобретает в момент времени  $T_1$ , есть не что иное, как прибыль венчурного инвестора, которую он может получить в момент  $T_2$  (в нашем расчете это 2017 г.) после продажи всех своих акций (49%), приобретенных в моменты  $T_0$  и  $T_1$ . Если проект будет развиваться неудачно, то внутренний опцион не будет исполнен в том смысле, что венчурный фонд не получит никакой прибыли. Если проинвестированная компания будет иметь хорошие результаты, то венчурный фонд продаст свои акции с прибылью, то есть получит в свое распоряжение активы, равные полученной им от продажи акций прибыли. Это трактуется нами как исполнение внутреннего опциона колл.

Срок исполнения составного (внешнего) опциона колл  $T_1$  составит 3 года. Срок исполнения внутреннего опциона  $T_2$  составит 4 года. В случае исполнения составного (внешнего) опциона колл венчурным фондом в момент времени  $T_1$  будут осуществляться инвестиции  $I_1^v$  в размере 43 090 тыс. руб. Приведенная к нулевому моменту времени величина  $I_1^v$  дисконтир. составит 36 312 тыс. руб. Для доли фонда 49% неявные издержки венчурного фонда (цена исполнения внутреннего опциона колл) составит:  $I_2^v = NPAT_{total \text{ в } 2017 \text{ году}} \times \text{долю фонда} = 62\,770 \text{ тыс. руб.} \times 0,49 = 30\,757 \text{ тыс. руб.}$  Приведенная к нулевому моменту времени величина  $I_2^v$  дисконтир. составит 24 483 тыс. руб.

Текущая стоимость базового актива в нашей интерпретации представляет собой текущую стоимость акций проинвестированной компании, принадлежащих венчурному фонду:  $V^v$  – стоимость базового актива внутреннего опциона колл в момент его исполнения, т.е. в 2017 г., приведенная к моменту оценки. Безрисковая ставка процента  $r$  в наших расчетах составит 5,87%. Ее значение взято на уровне средней ставки вложений в альтернативные активы по состоянию на 21.05.2018 г., под которыми подразумеваются депозиты для юридических лиц с наибольшим сроком в наиболее крупном и надежном банке России – ПАО «Сбербанк России».

В качестве уровня рискованности операций компании в течение промежутка времени  $(0, T_1)$ ,  $\sigma_1$ , было взято значение коэффициента вариации индекса «ММВБ-инновации» Московской биржи за период с 2010 г. (расчет данного индекса ведется только с 2010 г.) по 21.05.2018 г.:  $\sigma_1 = 49,88\%$  [Индекс, 2018]. Полагаем, что анализируемый нами инновационный проект находится на стадии уверенного развития. Поэтому есть все основания предполагать, что волатильность стоимости базового актива с течением времени будет снижаться: в наших расчетах  $\sigma_2 = 39,904\%$ .

Результаты расчетов стоимости составного опциона «колл» для долей фонда 25% и 49% при разных значениях показателя  $P/E$  представлены на рис. 9.3.

Рассчитаем внутреннюю норму доходности венчурного фонда  $IRR^v$  и чистый приведенный доход венчурного фонда  $NPV^v$ , учитывая стоимость составного опциона «колл». Показатели эффективности венчурного фонда  $IRR^v$  и  $NPV^v$  при расчете с учетом стоимости составного опциона «колл» улучшаются: значение

внутренней нормы доходности венчурного фонда и чистого приведенного дохода венчурного фонда повышаются.

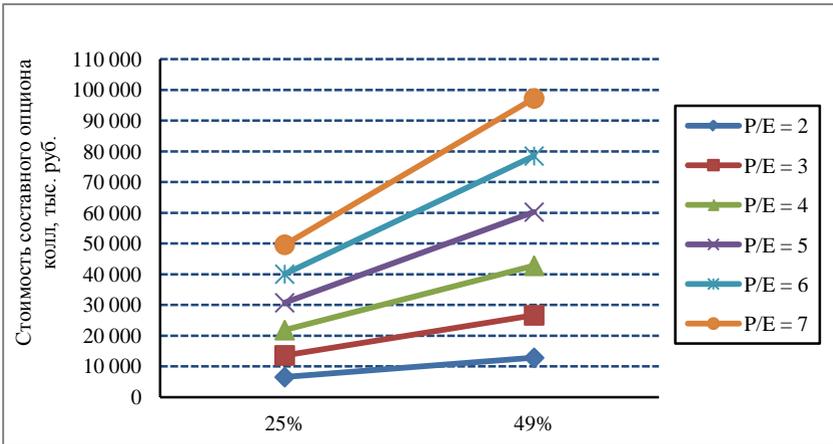


Рис. 9.3. Стоимость составного опциона «колл» для долей венчурного фонда 25% и 49% при разных значениях P/E

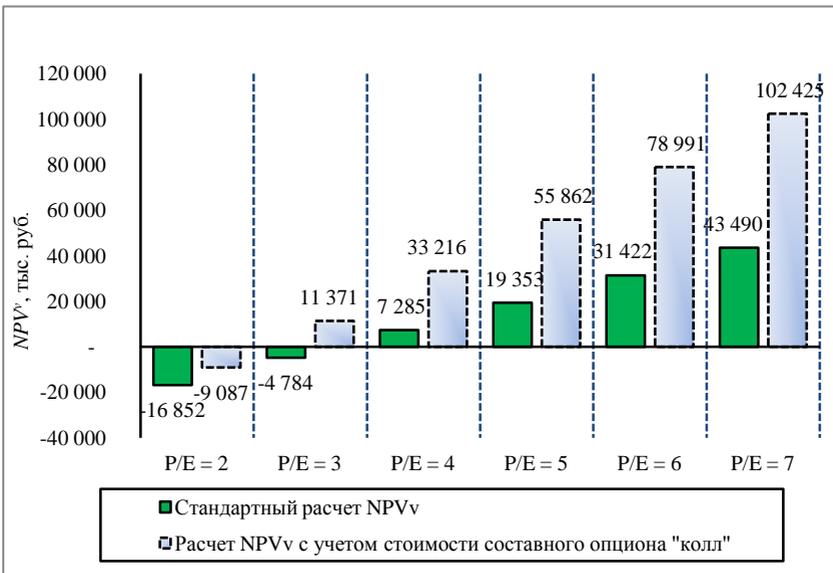


Рис. 9.4. NPV<sup>v</sup> венчурного фонда для доли 49% при разных значениях P/E и ставке дисконтирования 20%

Представим на одном графике  $NPV^v$  венчурного фонда, полученное на основе стандартного расчета, и  $NPV^v$ , полученное в результате расчета с учетом стоимости составного опциона «колл», для доли фонда 49% при разных значениях  $P/E$  и ставке дисконтирования 20% (рис. 9.4).

Представим на графике  $IRR^v$ , посчитанное стандартным методом, и  $IRR^v$ , полученное в результате расчета с учетом стоимости составного опциона «колл», для доли фонда 49% и значения показателя  $P/E = 4$  (рис. 9.5).

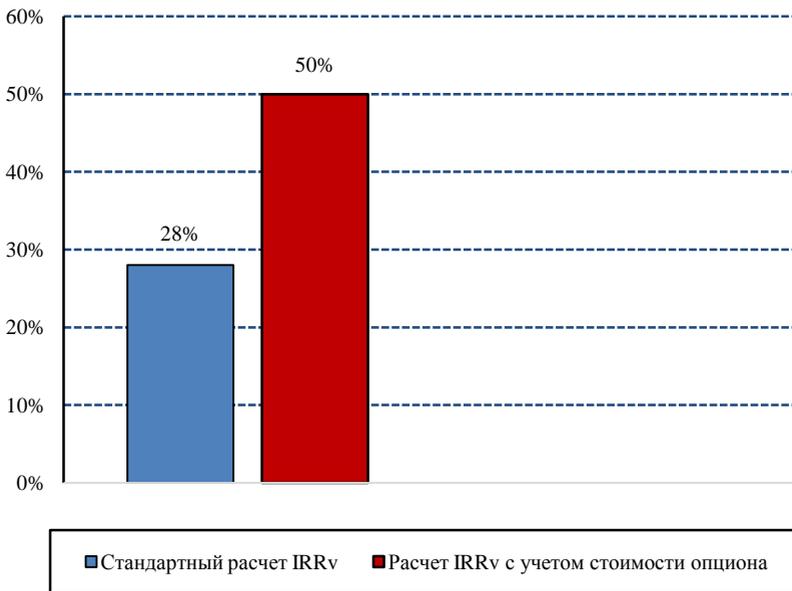


Рис. 9.5. Стандартный расчет  $IRR^v$  и расчет  $IRR^v$  с учетом составного опциона «колл» при  $P/E=4$  для доли фонда 49%

Таким образом, во многих случаях, согласно стандартному расчету методом дисконтированных денежных потоков, анализируемый инновационный проект не является эффективным для венчурного фонда при действительно «венчурных» условиях и должен быть отвергнут инвестиционным комитетом. Однако если в стоимости проекта для венчурного фонда мы учтем стоимость составного опциона «колл», проект во многих случаях будет иметь положительную стоимость и получит финансирование.

*Оценка эффективности инновационного проекта по производству биодизельного топлива для венчурного фонда с использованием метода реальных опционов на основе нечетко-множественного анализа.* В данном разделе исследования мы зафиксировали долю венчурного фонда в уставном капитале Проектной компании на уровне 49%. Применительно к анализируемому проекту по производству биодизельного топлива изменялись рыночные цены на производимую продукцию и цены на ресурсы (цены на основные сырье, материалы, электроэнергию и пр.). «Раскачка» экзогенных параметров проекта в каждый год прогнозного периода проводилась нами в пределах  $\pm 10\%$ . Расчеты проводились при значении показателя  $P/E = 4$  и ставке дисконтирования финансовых потоков венчурного фонда  $r = 20\%$ . При  $P/E = 4$  доходность активов, приобретаемых потенциальным инвестором у венчурного фонда, равна 25%, то есть доходность актива определяется как  $1/(P/E)$ , где  $P$  – цена актива, а  $E$  – доходы, которые он генерирует.

Результаты расчетов надежности и устойчивости показателей эффективности инновационного проекта по производству биодизельного топлива представлены в табл. 9.1 и 9.2 соответственно.

Опишем результаты расчетов на каждом этапе разработанной нами методики.

На первом этапе методики (оценка эффективности инновационного проекта методом NPV с позиции проекта в целом) с использованием результатов расчетов по построенной детерминированной финансовой модели проекта осуществляется моделирование с применением метода нечетких множеств финансовых потоков, характеристики которых определяются степенью «раскачивания» экзогенных параметров. Далее имея «раскачанные» прогнозные значения финансовых потоков по проекту, определяем диапазон колебания показателей экономической эффективности проекта в целом ( $NPV_{\text{проекта}}$ ,  $IRR_{\text{проекта}}$ ). Оцениваем степень надежности и устойчивости вычисленных нечетких показателей эффективности по отношению к нечеткому описанию экзогенных параметров модели<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Описание формул вычисления показателей устойчивости и надежности дано в работе [Баранов и др., 2016].

Таблица 9.1

**Характеристика надежности показателей эффективности  
инновационного проекта по производству  
биодизельного топлива**

Показатель	Надежность	
	вариация базовых цен ресурсов ± 10%	вариация базовых цен продукции ± 10%
$NPV$ проекта в целом	95,36	81,15
$IRR$ проекта в целом	95,36	80,04
$NPV^v$ венчурного фонда	91,41	86,01
$IRR^v$ венчурного фонда	77,17	67,27
$V^v_{T_1}$ – текущая стоимость акций инвестируемой компании в момент времени $T_1$	91,28	91,28
$V^v_{T_2}$ – текущая стоимость акций проинвестированной компании, принадлежащих венчурному фонду, в момент времени $T_2$ .	91,28	91,28
$C^v$	88,39	38,43
$NPV^v$ с учетом опциона	87,96	82,88
$IRR^v$ с учетом опциона	76,35	66,20

*Источник:* составлено авторами на основе результатов расчетов.

Таблица 9.2

**Характеристика устойчивости показателей эффективности  
инновационного проекта по производству биодизельного топлива**

Показатель	Устойчивость	
	увеличение цен ресурсов на 10%	снижение цен продукции на 10%
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
$NPV$ проекта в целом	48,40	92,53
$IRR$ проекта в целом	38,43	86,01
$NPV^v$ венчурного фонда	22,78	35,41
$IRR^v$ венчурного фонда	15,82	32,69

Окончание табл. 9.2

1	2	3
$V_{T_1}^v$ – текущая стоимость акций инвестируемой компании в момент времени $T_1$	22,33	39,73
$V_{T_2}^v$ – текущая стоимость акций проинвестированной компании, принадлежащих венчурному фонду, в момент времени $T_2$ .	22,40	39,90
$C^v$	23,57	43,07
$NPV^v$ с учетом опциона	26,67	39,51
$IRR^v$ с учетом опциона	4,12	8,19

Источник: составлено авторами на основе результатов расчетов.

Проанализируем сначала *надежность* оценки показателей эффективности проекта в целом – чистый приведенный доход проекта в целом ( $NPV_{\text{проекта в целом}}$ ) и внутреннюю норму доходности проекта в целом ( $IRR_{\text{проекта в целом}}$ ) в случае вариации базовых цен ресурсов и в случае вариации базовых цен продукции в диапазоне  $\pm 10\%$  (рис. 9.6–9.9).

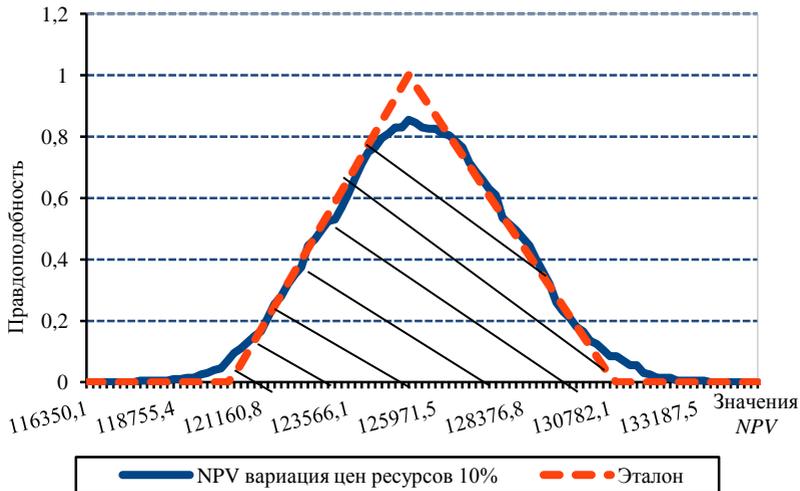


Рис. 9.6. Надежность оценки показателя  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  в случае вариации базовых цен ресурсов на 10% равна 95,36%

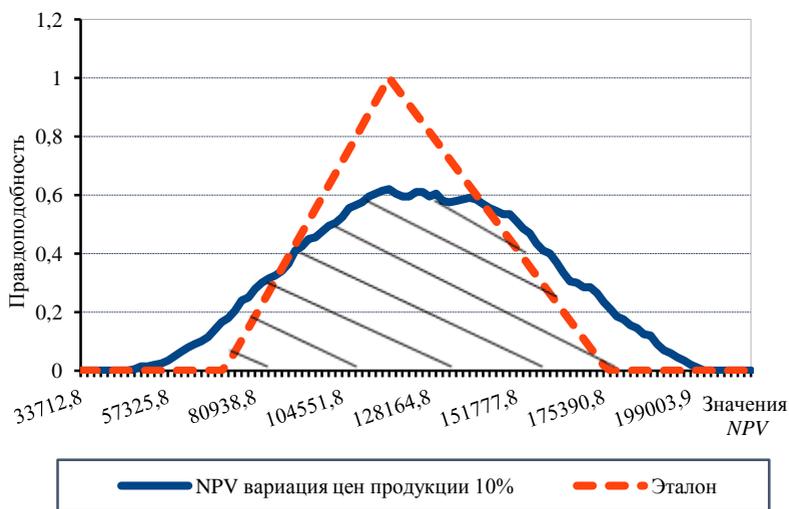


Рис. 9.7. Надежность оценки показателя  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  в случае вариации базовых цен продукции на 10% равна 81,15%

*Геометрическая интерпретация надежности:* надежность оценки показателя равна минимуму из двух отношений: заштрихованной области на рисунке (например, см. рис. 9.6) к подграфу эталона на рис. 9.6 (пунктирная кривая) и той же заштрихованной области к подграфу функции принадлежности показателя при базовых ценах на ресурсы (сплошная кривая) на том же рис. 9.6.

*Экономическая интерпретация результатов расчетов I этапа в части надежности*

Надежность  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  выше в случае вариации базовых цен на ресурсы по сравнению с надежностью этого показателя в случае вариации базовых цен продукции:  $95,36\% > 81,15\%$ . Сильнее отклоняется от эталона показатель  $NPV_{\text{проекта в целом}}$ , который мы получаем при вариации цен на продукцию, т.е. в этом случае показатель эффективности инновационного проекта в целом менее надежен. Таким образом, можно сделать вывод, что при вариации цен ресурсов прогноз показателя  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  более надежен, при вариации цен продукции – менее надежен (см. табл. 9.1 и рис. 9.6 и 9.7).

При вариации цен продукции надежность прогноза показателя  $IRR_{\text{проекта в целом}}$  также меньше, чем надежность прогноза этого показателя в случае вариации цен ресурсов:  $95,36\% > 80,04\%$  (см. табл. 9.1).

Теперь проанализируем устойчивость оценки показателей эффективности проекта в целом – чистый приведенный доход проекта в целом ( $NPV_{\text{проекта в целом}}$ ) и внутреннюю норму доходности ( $IRR_{\text{проекта в целом}}$ ) в случае увеличения цен ресурсов на 10%, а также в случае снижения цен на продукцию на 10% (рис. 9.8 и 9.9).

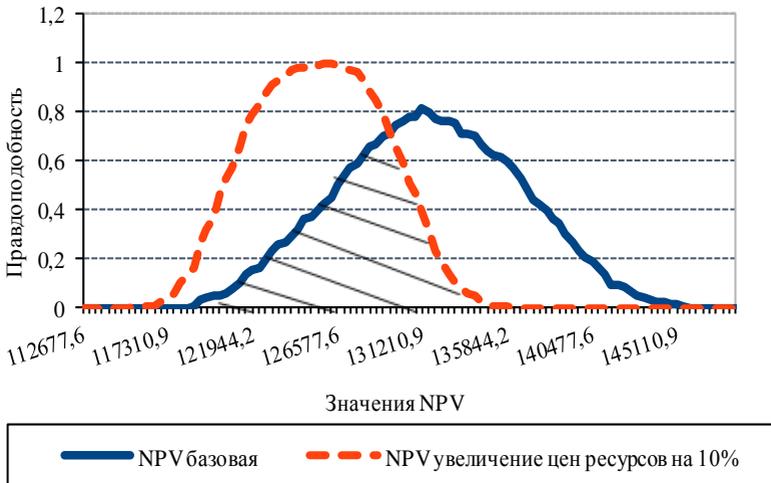


Рис. 9.8. Устойчивость  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  в случае увеличения цен ресурсов на 10% равна 48,40%

Геометрическая интерпретация устойчивости. Устойчивость оценки показателя характеризуется минимумом из двух отношений: заштрихованной области на рисунке (например, см. рис. 9.8) к подграфу функции принадлежности показателя для случая базовых цен (сплошная кривая) и отношения той же заштрихованной области к подграфу функции принадлежности показателя при ценах на ресурсы, увеличенных на 10% на том же рис. 9.8 (пунктирная кривая).

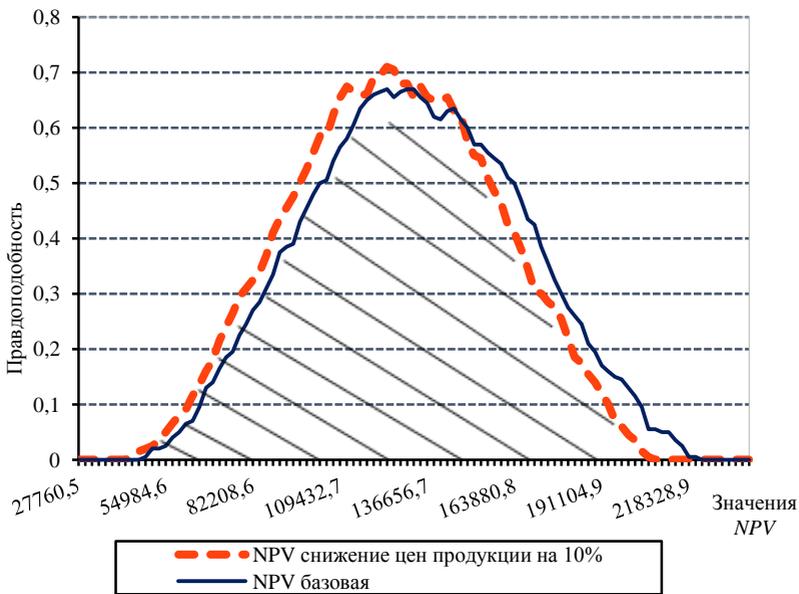


Рис. 9.9. Устойчивость  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  в случае снижения цен продукции на 10% равна 92,53%

### Экономическая интерпретация результатов расчетов I этапа в части устойчивости

Чем выше устойчивость какого-либо «выходного» параметра оценки эффективности проекта, тем меньшее влияние на него оказывает изменение «входного» параметра, в данном случае цен на ресурсы или цен на производимую компанией продукцию.

Устойчивость  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  при снижении цен на продукцию (92,53%) больше (т.е. из 100 вариантов в 92-х вариантах нечеткое множество  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  не меняется), чем при увеличении цен на ресурсы (48,40%). Иными словами, цены на ресурсы оказывают более сильное влияние на  $NPV_{\text{проекта в целом}}$ , т.к. устойчивость для ресурсов меньше.  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  более устойчиво (т.е. менее изменчиво), когда меняются цены на продукцию (см. табл. 9.2 и рис. 9.8 и 9.9).

В случае устойчивости  $IRR_{\text{проекта в целом}}$  изменение цен ресурсов влияет на этот показатель сильнее, чем вариация цен на про-

дукцию (устойчивость составляет 38,43% и 86,01% соответственно), – результат, аналогичный устойчивости  $NPV_{\text{проекта в целом}}$  (см. табл. 9.2).

На втором этапе методики (оценка эффективности инновационного проекта методом  $NPV$  с позиции венчурного фонда) осуществим моделирование с применением метода нечетких множеств «раскачанных» финансовых потоков венчурного фонда, характеристики которых определяются степенью изменчивости экзогенных параметров – рыночных цен на продукцию и цен на основное сырье, материалы, электроэнергию. Имея «раскачанные» прогнозные значения финансовых потоков венчурного фонда, определяем диапазон колебания показателей его экономической эффективности: чистого приведенного дохода венчурного фонда  $NPV^v$  и внутренней нормы доходности венчурного фонда  $IRR^v$ . Оцениваем степень надежности и устойчивости вычисленных нечетких показателей эффективности проекта по отношению к нечеткому описанию экзогенных параметров модели.

Рассмотрим надежность показателя  $NPV^v$  венчурного фонда для случая вариации базовых цен на продукцию на 10%, а также для случая вариации базовых цен на ресурсы на 10% ( $NPV^v$  венчурного фонда возьмем при  $P/E = 4$  и ставке дисконтирования фонда  $r = 20\%$ ) (см. табл. 9.1 и рис. 9.10 и 9.11).

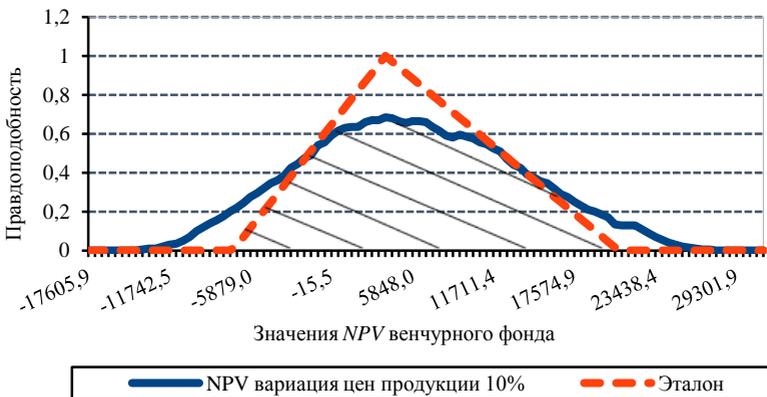


Рис. 9.10. Надежность оценки показателя  $NPV^v$  венчурного фонда в случае вариации базовых цен продукции на 10% равна 86,01%

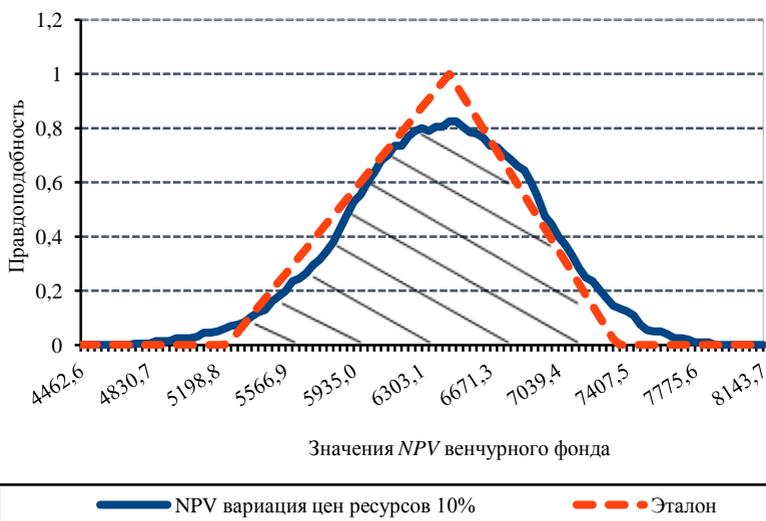


Рис. 9.11. Надежность оценки показателя  $NPV^n$  венчурного фонда в случае вариации базовых цен ресурсов на 10% равна 91,41%

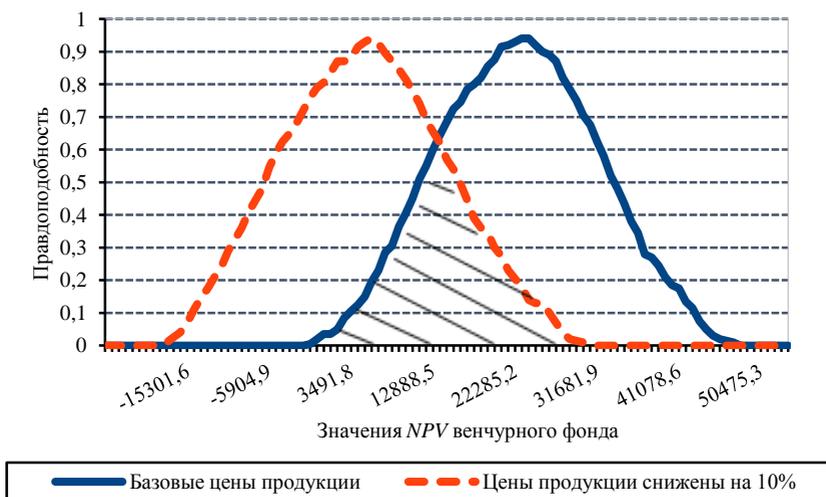


Рис. 9.12. Устойчивость показателя  $NPV^n$  венчурного фонда в случае снижения цен продукции на 10% равна 35,41%

Теперь проанализируем *устойчивость* показателя  $NPV^v$  венчурного фонда в случае снижения цен продукции на 10% (рис. 9.12) и в случае увеличения цен ресурсов на 10% (рис. 9.13).

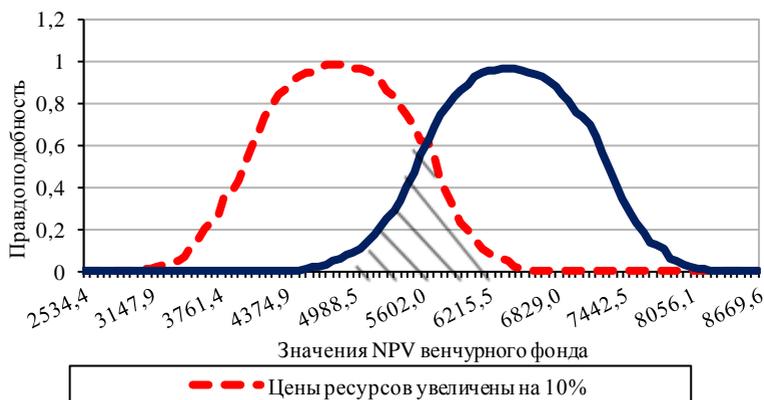


Рис. 9.13. Устойчивость показателя  $NPV^v$  венчурного фонда в случае увеличения цен ресурсов на 10% равна 22,78%

*Экономическая интерпретация результатов расчетов II этапа в части надежности и устойчивости*

В случае показателей эффективности анализируемого инновационного проекта с точки зрения венчурного фонда  $NPV^v$  венчурного фонда и  $IRR^v$  венчурного фонда их *надежность* также выше при вариации базовых цен ресурсов, как и в случае с показателями  $NPV$  проекта в целом и  $IRR$  проекта в целом.

Для случая венчурного фонда показатель  $NPV^v$  венчурного фонда оценивается как более надежный, чем показатель  $IRR^v$  венчурного фонда и при вариации базовых цен ресурсов (91,41% > 77,17%), и при вариации базовых цен продукции (86,01% > 67,27%) (см. табл. 9.1).

Что же касается *устойчивости* показателей эффективности венчурного фонда и  $NPV^v$ , и  $IRR^v$  более устойчивы в случае снижения цен продукции компании на 10% и менее устойчивы при увеличении цен на ресурсы на 10% (тенденция, аналогичная показателям эффективности проекта в целом) (см. табл. 9.2).

Это может быть объяснено высокой долей затрат на электроэнергию в структуре себестоимости: 75% затрат на сырье и материалы составляет электроэнергия, что связано с технологическими особенностями выращивания микроводорослей для получения биомассы, из которых впоследствии получают биотопливо.

На третьем этапе методики (оценка эффективности инновационного проекта методом NPV с позиции венчурного фонда на основе метода реальных опционов) выполним расчет стоимости составного опциона колл  $C^v$ , которым владеет венчурный фонд, по модифицированной формуле Геске, которая также зависит от «входных» параметров, моделируемых с помощью метода нечетких множеств, соответственно стоимость составного опциона колл  $C^v$  также становится нечеткой. Модифицированная формула Геске описана нами в работе [Баранов, Музыка, 2013].

Затем осуществим расчет показателей эффективности вложений венчурного фонда с учетом стоимости составного опциона колл  $NPV^v$  с учетом опциона и  $IRR^v$  с учетом опциона. Эти показатели будут зависеть от того, как, в каком режиме изменяются экзогенные параметры инновационного проекта. Следовательно, можно будет оценить степень устойчивости показателей эффективности вложений венчурного фонда в зависимости от вариации экзогенных параметров проекта с учетом стоимости составного опциона колл, а также оценить надежность этих показателей.

Для доли венчурного фонда в уставном капитале инвестируемой компании 49% проанализируем надежность оценки стоимости составного опциона колл  $C^v$  в случае вариации базовых цен ресурсов (рис. 9.14) и в случае вариации базовых цен продукции в диапазоне  $\pm 10\%$  (рис. 9.15).

Проанализируем надежность показателя «стоимость составного опциона колл  $C^v$ » в случае вариации базовых цен продукции  $\pm 10\%$  (см. рис. 9.15). Надежность данного показателя сразу же снижается при вариации цен продукции и становится равной 38,43%, надежность же в случае вариации цен ресурсов высокая – 88,39%.

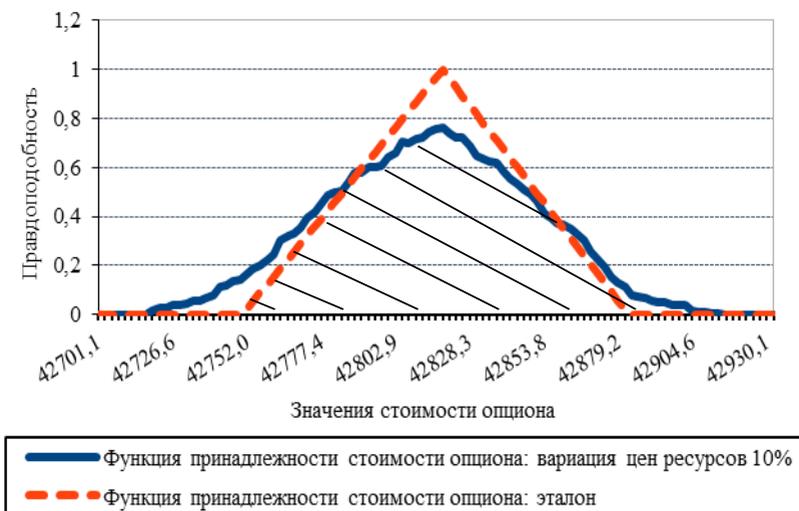


Рис. 9.14. Надежность оценки стоимости составного опциона колл  $C^v$  в случае вариации базовых цен ресурсов на 10% равна 88,39%



Рис. 9.15. Надежность оценки стоимости составного опциона колл  $C^v$  в случае вариации базовых цен продукции на 10% равна 38,43%

Выводы по надежности показателя стоимости составного опциона колл  $C^v$ : надежность стоимости составного опциона колл  $C^v$  выше в случае вариации базовых цен ресурсов (88,39%), при вариации базовых цен продукции надежность снижается и составляет 38,43%.

Проанализируем *устойчивость* стоимости составного опциона колл  $C^v$  в случае снижения цен продукции на 10% (рис. 9.16) и в случае увеличения цен на ресурсы на 10% (рис. 9.17).



Рис. 9.16. Устойчивость стоимости составного опциона колл  $C^v$  в случае снижения цен продукции на 10% равна 43,07%

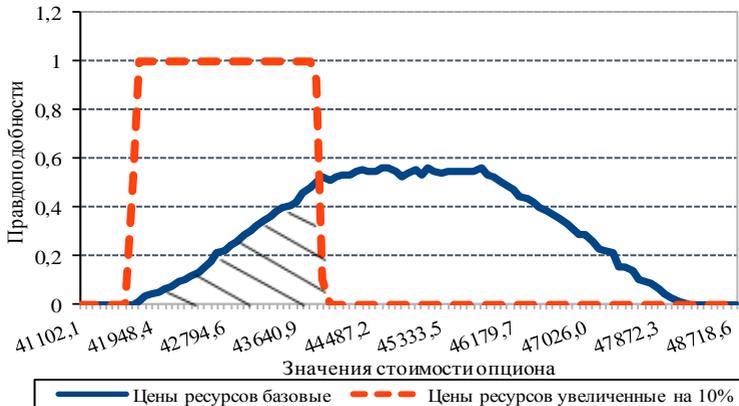


Рис. 9.17. Устойчивость стоимости составного опциона колл  $C^v$  в случае увеличения цен ресурсов на 10% равна 23,57%

*Выводы по устойчивости стоимости составного опциона колл  $C^v$*

Также как и на все проанализированные ранее показатели, на стоимость составного опциона колл  $C^v$  цены ресурсов опять влияют больше, т.к. устойчивость ниже, чем в случае изменения цен на продукцию ( $23,57\% < 43,07\%$ ).

Проанализируем *надежность* показателя  $NPV^v$  венчурного фонда с учетом составного опциона колл при вариации базовых цен продукции (рис. 9.18) и при вариации базовых цен ресурсов (рис. 9.19).

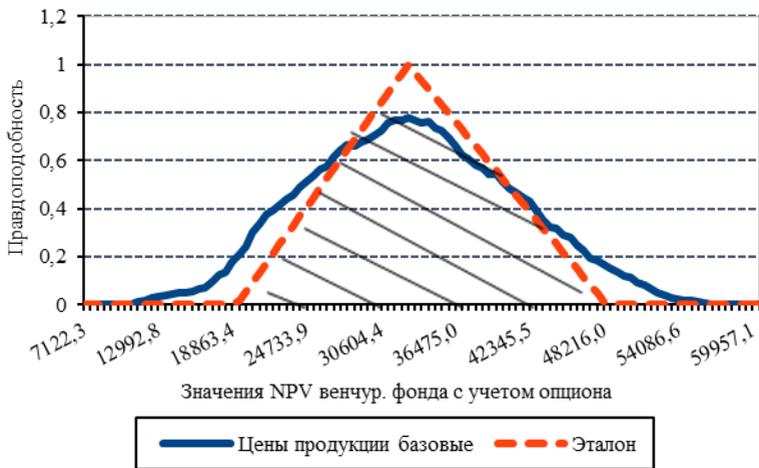


Рис. 9.18. Надежность оценки показателя  $NPV^v$  венчурного фонда с учетом составного опциона колл в случае вариации цен продукции на 10% равна 82,88%

Рассмотрим *устойчивость*  $NPV^v$  венчурного фонда с учетом составного опциона колл в случае снижения цен продукции на 10% (рис. 9.20) и в случае увеличения цен ресурсов на 10% (рис. 9.21).

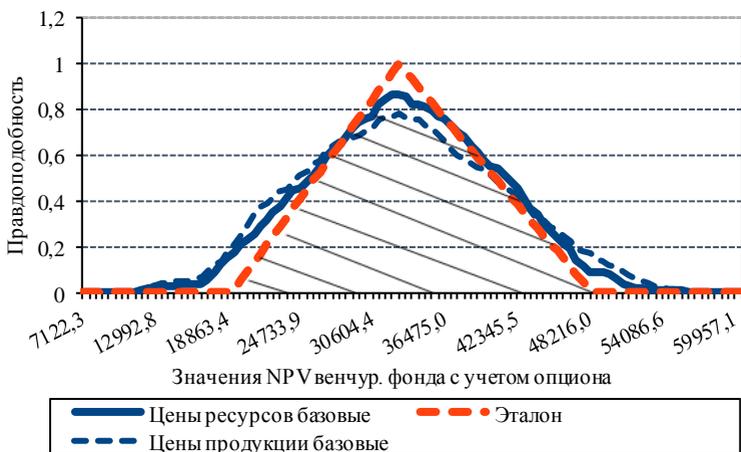


Рис. 9.19. Надежность оценки показателя  $NPV^v$  венчурного фонда с учетом составного опциона колл в случае вариации цен ресурсов на 10% равна 87,96%

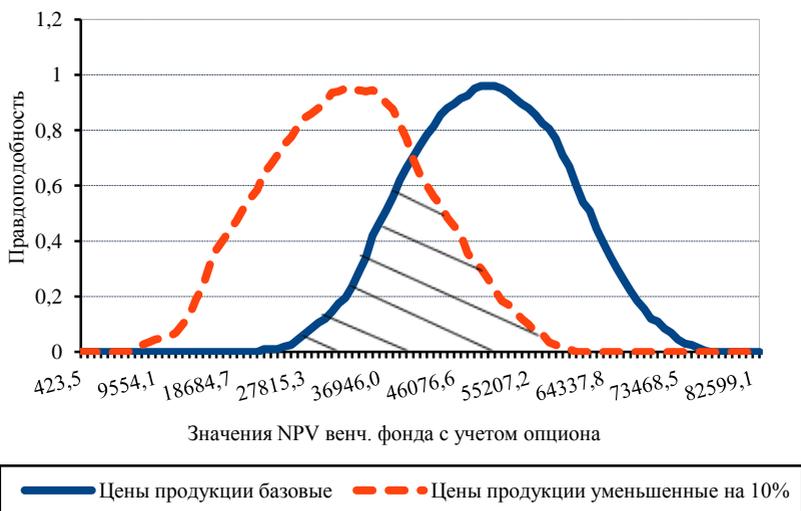


Рис. 9.20. Устойчивость  $NPV^v$  венчурного фонда с учетом составного опциона колл в случае снижения цен продукции на 10% равна 39,51%

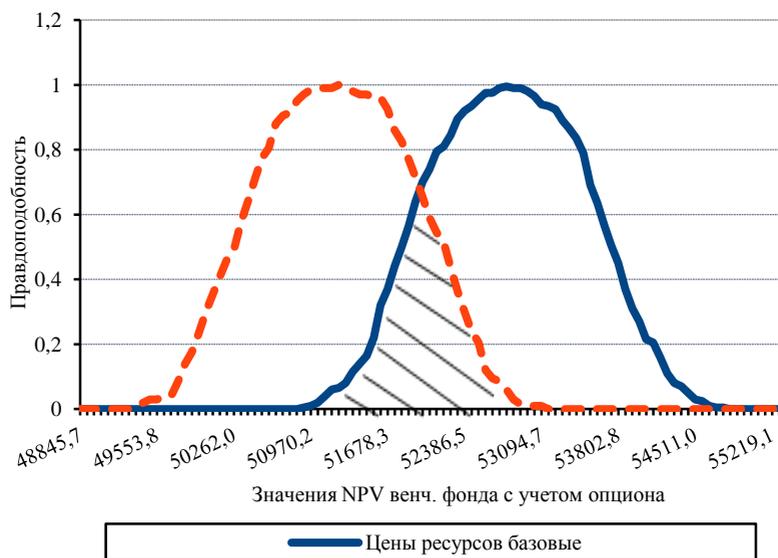


Рис. 9.21. Устойчивость  $NPV^v$  венчурного фонда с учетом составного опциона колл в случае увеличения цен ресурсов на 10% равна 26,67%

Выводы по надежности и устойчивости показателей эффективности для венчурного фонда с учетом стоимости составного опциона колл  $NPV^v$  с учетом опциона и  $IRR^v$  с учетом опциона.

Как и в случае с показателями эффективности проекта в целом, а также с позиции венчурного фонда надежность  $NPV^v$  с учетом опциона и  $IRR^v$  с учетом опциона выше в случае вариации базовых цен ресурсов.

$NPV^v$  с учетом опциона более подвержено увеличению цен ресурсов (26,67%), чем влиянию снижения цен на производимую продукцию (39,51%). То же справедливо и для показателя  $IRR^v$  с учетом опциона.

Таким образом, цены на ресурсы оказывают более значительное влияние на все основные показатели эффективности инновационного проекта, чем цены на производимую продукцию, что связано со спецификой структуры себестоимости для данного вида производства, а именно весьма высокой долей затрат на электроэнергию.

Использование нечетко-множественных методов позволяет синтезировать традиционный финансовый анализ с нечетко-мно-

жественным подходом. Появляется возможность количественно оценить устойчивость различных характеристик эффективности инновационного проекта к изменению экзогенных переменных, сравнить устойчивость различных показателей. Это может быть весьма полезным при определении «узких» мест проекта. Помимо этого, появляется возможность количественно оценить надежность получаемых расчетных показателей эффективности проекта. Такие оценки не могут быть выполнены на основе традиционных методов анализа. Низкая или высокая надежность полученных показателей эффективности послужит дополнительным аргументом в пользу отрицательного или положительного решения по поводу финансирования проекта, что позволит венчурному фонду более рационально распределить свои ограниченные ресурсы среди анализируемых инновационных проектов.

В целом, использование метода реальных опционов в сочетании с методом нечетких множеств расширяет инструментарий венчурного инвестора, используемый им для обоснования решений по инвестированию инновационных проектов.

### **Источники информации**

- Баев И.А., Алябушев Д.Б.** Экономическая оценка инновационных проектов по методу реальных опционов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2010. – № 39, вып. 16. – С. 25–31.
- Баранов А.О., Музыка Е.И.** Оценка эффективности венчурного финансирования инновационных проектов методом реальных опционов: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 272 с.
- Баранов А.О., Музыка Е.И., Павлов В.Н.** Нечетко-множественная оценка параметров эффективности инновационного проекта // Вестник Финансового университета. – 2016. – № 6. – С. 120–132.
- Баранов А.О., Музыка Е.И., Павлов В.Н.** Оценка эффективности инновационных проектов с использованием опционного и нечетко-множественного подходов: монография. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. – 336 с.
- Гареев Т.Ф.** Формирование комплексной оценки инноваций на основе нечетко-интервальных описаний: автореф дис. ... канд. экон. наук. – Казань, 2009. – 20 с.
- Ильин И.В.** Разработка методики оценки инвестиционных проектов на основе метода реальных опционов и теории нечетких множеств // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2009. – № 6. – С. 114–119.
- Индекс «ММВБ-инновации MICEXINNOV»** Московской биржи. URL: <https://www.moex.com/ru/index/MICEXINNOV/archive/#/from=2010-01-10&till=2018-05-21&sort=TRADEDATE&order=desc> (дата обращения: 22.05.2018).

- Кальченко О.А.** Принципы и методы оценки эффективности промышленных инновационных проектов в условиях неопределенности и рисков: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – СПб., 2012. – 16 с.
- Клементьева С.В.** Применение теории нечетких множеств для измерения и оценки эффективности реализации наукоемкой продуктовой инновации // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. – № 11. – С. 65–69.
- Круковский А.А.** Использование модели реальных опционов для управления инновационными проектами и оценки соответствующих инвестиций: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – М., 2009. – 29 с.
- Моисеев И.И.** Альтернативные источники органического топлива / И.И. Моисеев, Н.А. Плате, С.Д. Варфоломеев // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76. – № 3. – С. 252–261.
- Недосекин А.О., Абдулаева З.И., Нарышкина Е.И.** Анализ стоимости «отношенческих» реальных опционов. International Fuzzy Economics Lab Russia. URL: [http://www.ifel.ru/docs/Opt\\_AZN.doc](http://www.ifel.ru/docs/Opt_AZN.doc) (дата обращения: 28.03.2015).
- Салихов М.Р.** Использование методологии реальных опционов для оценки эффективности инвестиций в инновационные проекты // Инновации. – 2007. – № 9. – С. 97–100.
- Arasteh A., Aliahmadi A.** A proposed real options method for assessing investments // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2014. – № 70. – Pp. 1377–1393.
- Bednyagin D., Gnansounou E.** Real options valuation of fusion energy R&D programme // Energy Policy. – 2011. – № 39. – Pp. 116–130.
- Botteron P., Casanova J.-F.** Start-ups Defined as Portfolios of Embedded Options. FAME – International Center for Financial Asset Management and Engineering. 2003. Research Paper № 85. (May). – Pp. 1–14.
- Carlsson C., Fuller R.** A fuzzy approach to real option valuation // Fuzzy Sets and Systems. – 2003. – № 139. – Pp. 297–312.
- Carlsson C., Fuller R., Heikkila M., Majlender P.** A fuzzy approach to R&D project portfolio selection // International Journal of Approximate Reasoning. – 2007. – № 44. – Pp. 93–105.
- Hassanzadeh F., Collan M., Modarres M.** A practical R&D selection model using fuzzy pay-off method // Journal of Applied Manufacturing Technology. – 2011. – № 58. – Pp. 227–236.
- Ho S.-H., Liao S.-H.** A fuzzy real option approach for investment project valuation // Expert Systems with Applications. – 2011. – № 38. – Pp. 15296–15302.
- Hsu Y.-W.** Staging of Venture Capital Investment: A Real Options Analysis. University of Cambridge // JIMS. – 2002, May. – pp. 1–47.
- Huixia Z., Tao Y.** Venture Capital Decision Model based on Real Option and Investor Behavior // Economics and Management School. Wuhan University, China. – 2010. – Pp. 221–225.
- Johnson D.A., Sprague S.** Liquid Fuels from Microalgae. Prepared for the Intersociety Energy // Conversion Engineering Conference, 10–14 August 1987, Philadelphia, Pennsylvania.
- Lee Y.-C., Lee S.-S.** The valuation of RFID investment using fuzzy real option // Expert Systems with Applications. – 2011. – № 38. – Pp. 12195–12201.
- Li Y.** Duration analysis of venture capital staging: A real options perspective // Journal of Business Venturing. – 2008. – № 23. – Pp. 497–512.

- Li Y., Mahoney J.T.** When are venture capital projects initiated? // Journal of Business Venturing. – 2011. – Vol. 26. – Pp. 1–42.
- Liao S.-H., Ho S.-H.** Investment Appraisal under Uncertainty – A Fuzzy Real Options Approach // ICONIP 2010, Part II, LNCS 6444. – Pp. 716–726.
- Liao S.-H., Ho S.-H.** Investment project valuation based on a fuzzy binomial approach // Information Sciences. – 2010. – № 180. – Pp. 2124–2133.
- Lin W.T.** Computing a Multivariate Normal Integral for Valuing Compound Real Options. // Review of Quantitative Finance and Accounting. – 2002. – № 18 (2). – Pp. 185–209.
- Magni C.A., Mastroleo G., Vignola M., Facchinetti G.** Strategic options and expert systems: a fruitful marriage // Soft Computing. – 2004. – № 8. – Pp. 179–192.
- Seppa T.J., Laamanen T.** Valuation of venture capital investments: empirical evidence // R&D Management. – 2001. – № 31 (2). – Pp. 215–230.
- Tao C., Jinlong Z., Shan L., Benhai Y.** Fuzzy Real Option Analysis for IT Investment in Nuclear Power Station // ICCS 2007, Part III, LNCS 4489. – 2007. – Pp. 953–959.
- Tolga A.C., Kahraman C.** Fuzzy Multiattribute Evaluation of R&D Projects Using a Real Options Valuation Model // International Journal of Intelligent Systems. – 2008. – Vol. 23. – Pp. 1153–1176.
- Uchal I., Kahraman C.** Fuzzy Real Options Valuation for Oil Investments // Technological and Economic Development of Economy. – 2009. – № 15 (4). – Pp. 646–669.
- Vanhaverbeke W., Van de Vrande V., Chesbrough H.** Understandings the Advantages of Open Innovation Practices in Corporate Venturing in Terms of Real Options // Creativity and Innovation Management. – 2008. – Vol. 17. – № 4. – Pp. 251–258.
- Wang J., Hwang W.-L.** A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model // OMEGA. The International Journal of Management Science. – 2007. – № 35. – Pp. 247–257.
- Zhang J., Du H., Tang W.** Pricing R&D Option with Combining Randomness and Fuzziness: ICIC 2006, LNAI 4114. – 2006. – Pp. 798–808.
- Zhang X.** Venture Capital Investment Selection Decision-Making Base on Fuzzy Theory // International Conference on Solid State Devices and Materials Science – 2012. School of Economics and Management, Wuhan Polytechnic University, Wuhan, China. – 2012.