



Пятая Всероссийская научно-практическая конференция  
«Анализ и прогнозирование развития экономики России»

23-24 марта 2023 г.

Россия, Московская область, г. Сергиев Посад

А.О. Баранов, Е.И. Музыко, В.Н. Павлов

**Совершенствование методов анализа эффективности  
венчурного инвестирования на основе опционного и нечетко-  
множественного подходов**

# 1. Краткая характеристика работы венчурных фондов

1. Венчурные инвестиции представляют собой вложения в высокорискованные проекты, которые не будут кредитовать банки в силу отсутствия предмета залога или гарантий, а также высокой неопределенности в формировании будущих положительных финансовых потоков, генерируемых проектом в результате роста продаж продукции или услуг. Такая высокая неопределенность присуща большинству инновационных проектов.

2. Венчурный инвестор получает долю в уставном капитале компании, реализующей проект в обмен на свои инвестиции. В последующем венчурный инвестор «выходит» из бизнеса путем продажи своей доли. Проект считается успешным, если сумма, полученная от продажи доли в проинвестированном бизнесе, с учетом дисконтирования существенно (желательно в несколько раз) превосходит величину инвестиций.

3. Внешне такой бизнес выглядит достаточно простым. Однако на практике огромное значение имеет тщательное и многостороннее изучение инвестируемого бизнеса (процедура “due diligence”), которое позволяет оценить потенциальные риски реализации инвестируемого проекта и его достоинства с финансовой, правовой и технической точек зрения.

4. Ключевой особенностью венчурных инвестиций является то, что они вкладываются не в «железо», патенты или что-то иное, а *в команду людей, способных обеспечить успешное развитие инвестируемого бизнеса высокими темпами.*

5. Достаточно часто венчурные инвесторы прибегают к использованию поэтапного финансирования. После первого транша инвестиций последующие осуществляются только в случае достижения промежуточных целей проекта: определенного роста продаж или прибыли за оговоренные сроки. В случае не достижения поставленных целей последующие инвестиции не реализуются и венчурный инвестор «выходит» из проинвестированной компании или, если это возможно, меняет ключевых членов команды менеджеров.

# Рисунок 1. Схема работы венчурного бизнеса.

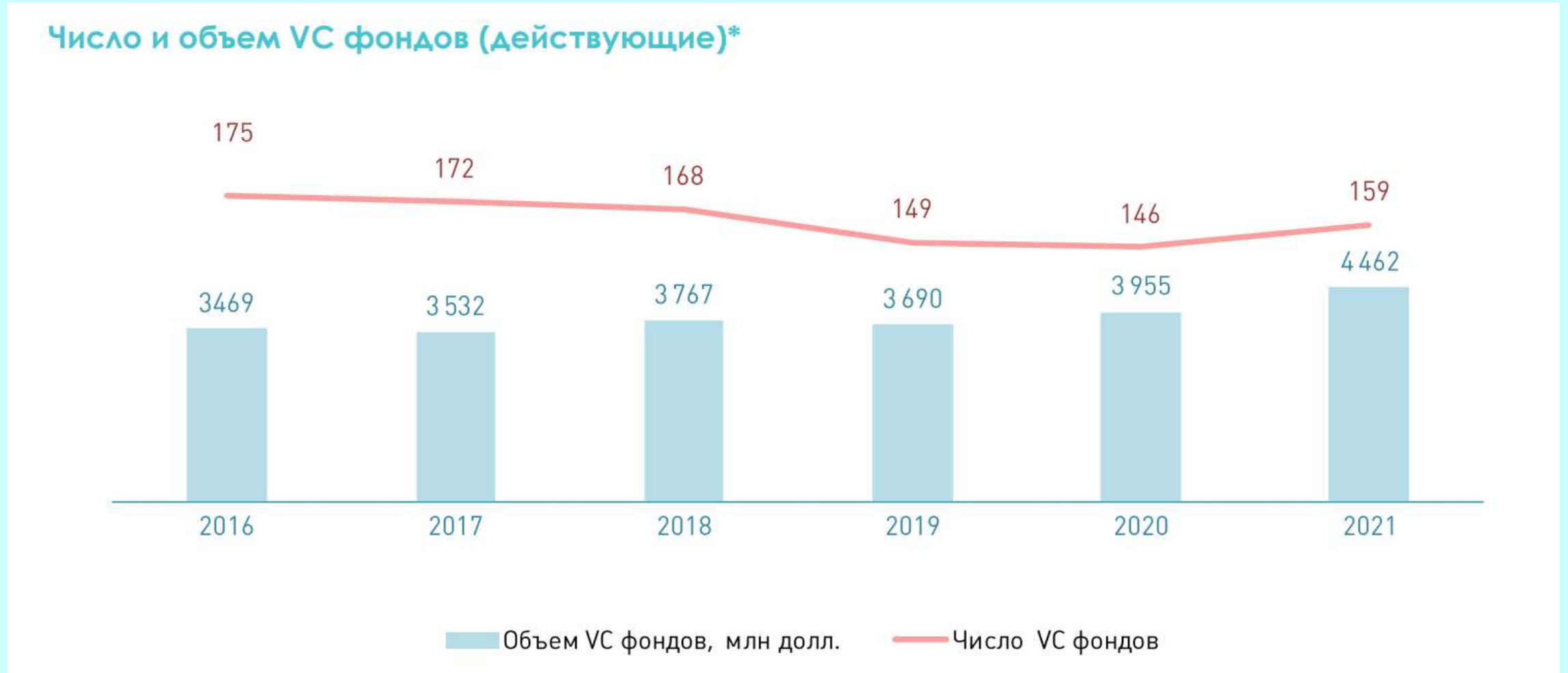


## 2. Венчурный бизнес в России

1. В 2021 г. в России действовало примерно 160 венчурных фондов с капиталом 4,5 млрд. долл. США.
2. Объемы финансирования венчурных фондов в России весьма ограничены. В 2021 их инвестиции были равны приблизительно 109 млн. долл. США или около 8 млрд. руб. При этом общий объем инвестиций в основной капитал в России в 2021 г. был равен 22945,4 млрд. руб. Иначе говоря, в настоящее время венчурные инвестиции составляют весьма незначительную часть от общей суммы инвестиций в основной капитал в России.
3. Венчурные фонды в России финансируют инновационные проекты в области ИКТ, биотехнологий и т.д. При этом небольшие вложения в инновационные компании или инновационную инфраструктуру могут приводить к мультипликативным эффектам в других секторах экономики, превышающие инвестиции в инновации в десятки и сотни раз.

## Рисунок 2. Число и объем действующих венчурных фондов в России в 2016 – 2021 гг.

Источник: Обзор российского рынка венчурных инвестиций. Venture Russia. 2021. Российская ассоциация венчурного инвестирования. 2022.



4. Число венчурных фондов в России и их объемы финансирования в период после 2012 г. сократились примерно в два раза и в три раза соответственно. Это объясняется ростом геополитической напряженности между Россией и коллективным Западом и, как следствие, снижением интереса к инвестициям в инновационный сектор российской экономики со стороны иностранных инвесторов, которые играли основную роль в венчурном финансировании в России.
5. Россия радикально отстает по объемам венчурных инвестиций от ведущих экономик мира. В 2021 г. венчурные инвестиции в Китае составили 130,6 млрд. долл. США, а в США 296,6 млрд. долл. Между тем, венчурное финансирование играет огромную роль в процессе перехода инноваций из стадии исследований в производство инновационной продукции и услуг. Многие современные технологические гиганты на начальных этапах своего развития прошли стадию венчурного финансирования: Майкрософт, Интел, Циско Системз и т.д. В России стадию венчурного финансирования на начальных этапах развития прошли такие известные компании как Вымпелком, Пятерочка, Катрен и др. *Недостаточное развитие системы венчурного инвестирования в России является одной из причин медленного внедрения инноваций в производство в российской экономике.*

### **3. Особенности венчурного финансирования и необходимость совершенствования методики оценки эффективности высоко рискованных проектов**

#### *3.1. Интерпретация в терминах реальных опционов*

1. Процесс инвестирования в венчурном бизнесе, а также в случае фондов прямых инвестиций часто предполагает целый ряд «развилок» (этапов), когда проект может развиваться по разным сценариям. Следовательно, осуществляя инвестиции на первом этапе реализации проекта, венчурный фонд (или фонд прямых инвестиций) приобретает право, но не обязанность, инвестирования на следующем этапе. Второй этап инвестиций (в случае двух стадийного инвестирования) открывает возможности для получения прибыли при «выходе» фонда из бизнеса (рис. 3). Этот процесс может интерпретироваться в терминах так называемых реальных опционов.
2. *Под реальным опционом мы понимаем инструмент оценки инвестиционного проекта, базовым активом которого выступают прогнозируемые положительные денежные потоки, генерируемые данным проектом, в расчете которых учитывается гибкость (много вариантность) при принятии управленческих решений о его реализации.*



### Рисунок 3. – Схематическое представление венчурного инвестирования с приобретением в начале инвестиционного процесса составного опциона на покупку акций



Момент времени  $T_0$  – приобретение венчурным фондом составного опциона по цене  $I_0^v$  на покупку части акций инвестируемой компании в момент времени  $T_1$ .

Момент времени  $T_1$  – приобретение части акций инвестируемой компании по цене  $I_1^v$  – исполнение внешнего опциона, означающее приобретение внутреннего опциона на получение прибыли от продажи акций проинвестированной компании в момент времени  $T_2$ .

Момент времени  $T_2$  – продажа акций венчурного фонда – получение (приобретение) активов в виде прибыли от реализации акций проинвестированной компании с ценой исполнения  $I_2^v$ .

3. В случае двух стадийного процесса инвестирования инвестируемая компания предоставляет венчурному фонду так называемый составной опцион колл (право, но не обязанность, купить какой-либо актив, например акции, по заранее оговоренной цене в определенный момент времени или до определенного момента времени).
4. Составной опцион – это опцион, базовым активом которого является внутренний колл-опцион. Нами предлагается следующая содержательная интерпретация составного опциона колл. Инвестиции на приобретение в момент времени  $T_0$  составного опциона колл равны  $I_0^v$  (первая часть инвестиций). Этот опцион колл предоставляет инвестору – венчурному фонду право, но не обязательство, купить через определенное время  $T_1$  по цене  $I_1^v$  дополнительную часть акций инвестируемой компании (вторая часть инвестиций). 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  $I_2^v$ .

5. Активы, право на покупку которых инвестор приобретает в момент времени  $T_1$ , есть ни что иное как прибыль венчурного инвестора, которую он может получить в момент времени  $T_2$  после продажи своих акций, приобретенных в момент  $T_1$ . 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.
6. Внутренний опцион будет считаться исполненным, т.е. венчурный фонд получит прибыль, если продисконтированная выручка от продажи акций будет больше, чем продисконтированная величина затрат (инвестиций  $I_0v + I_1v + I_2v$ ), где  $(I_0v + I_1v)$  – это совокупные вложения венчурного фонда в приобретение этих акций;  $I_2v$  – величина неявных издержек венчурного фонда (часть прибыли периода  $T_2$ , когда венчурный фонд осуществляет продажу своих акций).
7. Если продисконтированная выручка от продажи акций будет меньше, чем продисконтированная величина затрат (инвестиций -  $I_0v + I_1v + I_2v$ ), то венчурный фонд прибыль не получит. Этот случай трактуется нами в том смысле, что опцион колл будет считаться неисполненным.

### *3.2. Интерпретация в терминах нечетких множеств*

1. В стандартном финансовом анализе эффективности инвестиционных (в том числе инновационных) проектов с помощью имитационных финансовых моделей влияние вариации экзогенных параметров (цены на продукцию инвестируемой компании, цены на сырье и т.д.) проводится с помощью анализа чувствительности проекта к изменению этих переменных. В результате получается «вилка», в рамках которой меняются основные показатели эффективности проекта (чистый приведенный доход (NPV) и внутренняя норма доходности (IRR)) при колебании экзогенных параметров.

2. Особенностью инновационных проектов, которые финансируются венчурными фондами, является высокая неопределенность в достижении положительных технологических и экономических результатов в ходе их реализации. В связи с этим для оценки экономической эффективности таких проектов целесообразно использовать более развитые методы, позволяющие учитывать факторы неопределенности, влияющие на динамику показателей проекта. Одним из таких методов является аппарат нечетких множеств, который применяется нами в рамках инструментария реальных опционов.

3. Под нечетким множеством  $A$  в пространстве  $X$  понимается геометрический объект, обладающий следующим свойством: для каждого  $x \in X$  определено число  $\chi_A(x): 0 \leq \chi_A(x) \leq 1$ , которое интерпретируется как степень правдоподобности высказывания о том, что  $x \in A$ . Если  $\chi_A(x) = 0$ , то высказывание  $x \in A$  абсолютно неправдоподобно, если  $\chi_A(x) = 1$ , то высказывание абсолютно правдоподобно. Функция  $\chi_A: X \rightarrow I$  называется *функцией принадлежности (нечеткого) множества  $A$* . Здесь  $I = [0; 1]$ ,  $I^X$  - пространство измеримых отображений  $f: X \rightarrow I$ .
4. При использовании нечетко-множественного анализа для оценки неопределенности могут быть «раскачаны» следующие входные параметры составного опциона колл, принадлежащего венчурному фонду: затраты венчурного фонда на приобретение составного опциона колл, основная доля прямых инвестиций фонда, а также доля фонда в уставном капитале инвестируемой компании.
5. Источником неопределенности являются также рыночные цены на выпускаемую продукцию, цены на основные сырье, материалы, электроэнергию. Эти параметры также могут быть «раскачаны» с применением подхода нечетких множеств, а значит, и прибыль, NPV, IRR венчурного фонда становятся нечеткими величинами. Величина неявных издержек венчурного фонда также становится нечеткой, превращаясь из числа в множество.

6. Использование нечетко-множественных методов позволяет синтезировать традиционный финансовый анализ с нечетко-множественным 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.

7. 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 обоснованно распределять свои ограниченные ресурсы среди рассматриваемых им инновационных проектов.

8. Под надежностью «полученной оценки нечеткого показателя понимается степень ее отклонения от избранного эталона». Надежность рассчитанных оценок показателей эффективности инвестиционного проекта тем меньше, чем больше они отклоняются от эталонного значения. Следовательно, понятие надежности в нашей интерпертации используется для сравнения всех полученных показателей эффективности инновационного проекта по степени надежности: какой показатель является более надежным, а какой – менее надежным. Если при одном и том же эталоне и при одних и тех же значениях влияющих параметров вычислить коэффициенты надежности двух показателей, то при изменении эталона повторный расчет надежности каждого показателя показывает, что оба коэффициента надежности меняются пропорционально и так, что меньший из них всегда остается меньшим. *(В метеорологии используется одна граница надежности прогноза, все значения выше 33% являются надежными).*

9. Что касается устойчивости, то она тем ниже, чем большее «воздействие имеет изменение экзогенной переменной финансовой модели инновационного проекта на вариацию эндогенной переменной».

10. Надежность и устойчивость исследуемых показателей основана на определении их функций принадлежности и функций принадлежности используемых нечетких «входных» параметров.

10. Для оценки *надежности*  $N(P)$  показателя  $P$  функция принадлежности  $\chi_P$  исследуемого показателя  $P$  сравнивается с функцией принадлежности эталонного нечетко-множественного описания этого показателя  $\chi_Y$ .

Вычисляются два вспомогательных показателя:

$$\rho(\chi_P, \chi_Y) = \frac{\int_X \min(\chi_P(x), \chi_Y(x)) dx}{\int_X \chi_P(x) dx} \text{ и } \rho(\chi_Y, \chi_P) \quad (1)$$

Затем определяется *надежность*  $N(P)$ :

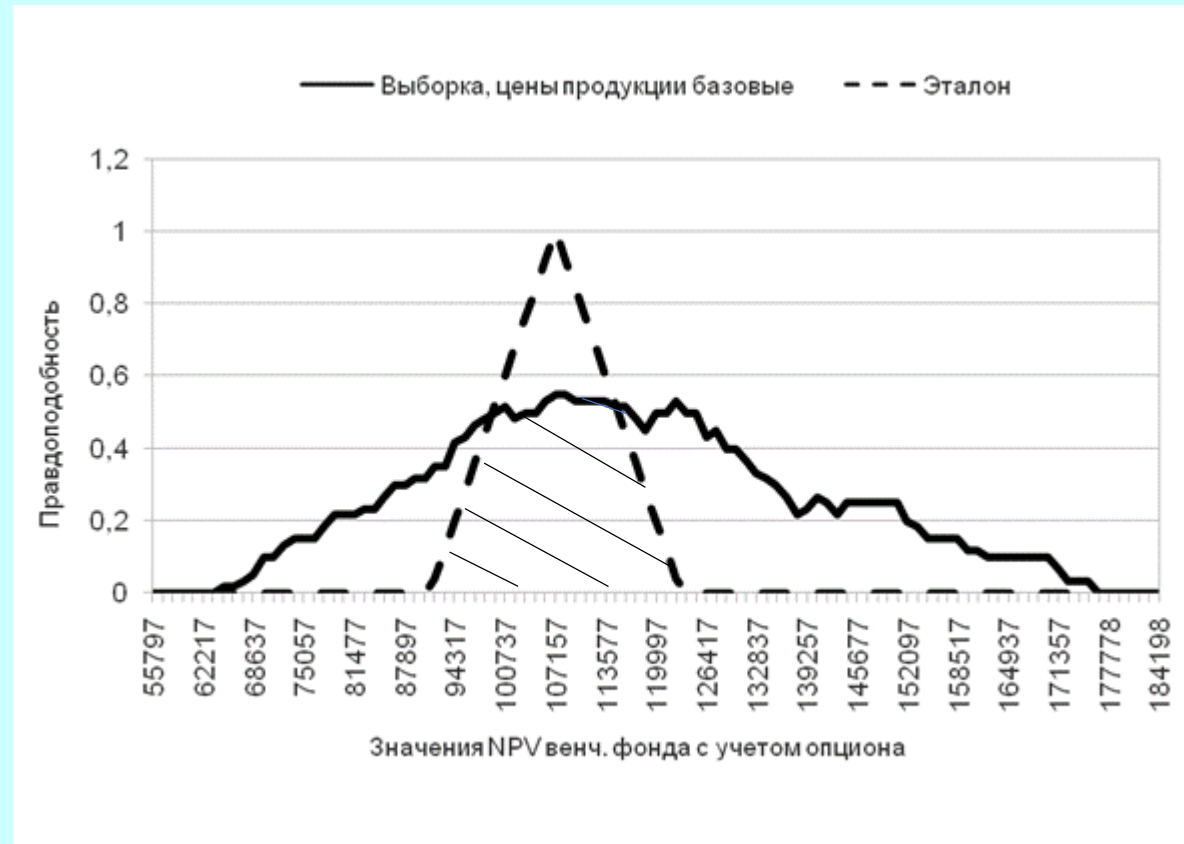
$$N(P) = H(\chi_Y, \chi_P) \stackrel{df}{=} \min(\rho(\chi_Y, \chi_P), \rho(\chi_P, \chi_Y)) \quad (2)$$

Здесь надежность определяется через функцию  $H$ , которая по определению равна минимуму значений  $\rho(\chi_Y, \chi_P)$  и  $\rho(\chi_P, \chi_Y)$ , характеризующих нормированные отклонения функций принадлежности  $\chi_P$  от  $\chi_Y$  и  $\chi_Y$  от  $\chi_P$ .



11. Геометрическая характеристика надежности представляет собой минимум отношений площади пересечения подграфов функций принадлежности исследуемого показателя и эталона (см. заштрихованную область на рис. 2) к общей площади подграфа эталона (прерывистая кривая) и к общей площади подграфа выборочного показателя (сплошная кривая) – см. пример на рис. 4.

**Рисунок 4. Надежность оценки показателя NPV венчурного фонда с учетом опциона в случае вариации базовых цен на продукцию равна 38,7 %.**



12. Для оценки *устойчивости* изменения показателя  $P$  при изменении нечетко описанных «входных» параметров сначала выбираются два нечетких значения «входных» параметров  $R_1$  и  $R_2$ , определяются их функции принадлежности  $\chi_1$  и  $\chi_2$ , затем вычисляются соответствующие значения расчетных показателей  $P_1 = P(R_1)$ ,  $P_2 = P(R_2)$  и их функции принадлежности  $h(P_1)$  и  $h(P_2)$  и, наконец, *устойчивость*  $U(P)$  показателя  $P$  вычисляется по формуле:

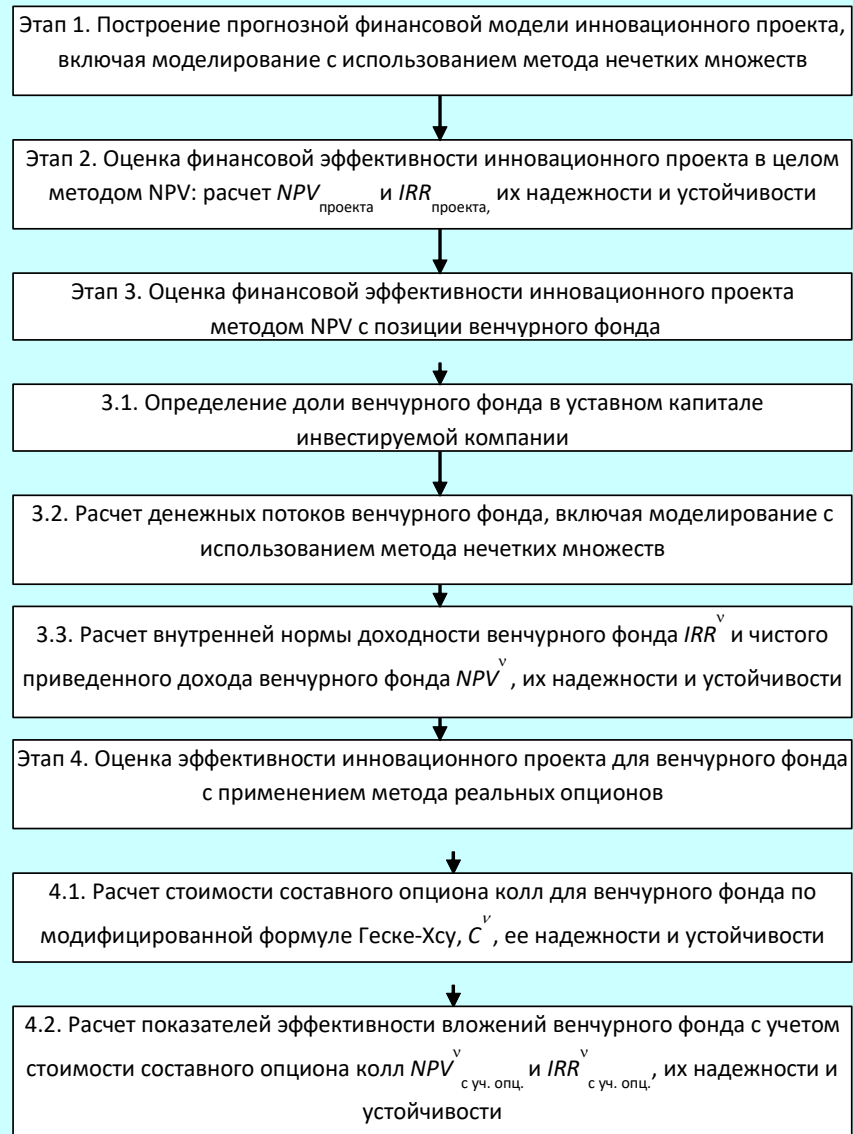
$$U(P) = \frac{H(h(P_1), h(P_2))}{H(\chi_1, \chi_2)}. \quad (3)$$

13. Геометрическая интерпретация устойчивости схожа с интерпретацией надежности, когда вместо эталона используется значение показателя  $R_2$ , рассчитанное при значении «входного» параметра, равного  $R_2$ . - см. пример на рис.5. В первом случае «раскачиваются» фактические цены на продукцию инвестируемой компании. Во втором случае исходные цены на продукцию инвестируемой компании уменьшаются на 10% по сравнению с базовыми. «Раскачке» подвергаются именно эти измененные (уменьшенные) цены. Геометрически устойчивость оценки показателя  $NPV_v$  венчурного фонда также характеризуется минимумом из двух отношений: заштрихованной области на рисунке 5 к подграфу функции принадлежности показателя  $NPV_v$  венчурного фонда при исходных ценах на продукцию (сплошная кривая) и отношения той же заштрихованной области к подграфу функции принадлежности показателя  $NPV_v$  венчурного фонда при уменьшенной на 10% цене на продукцию (пунктирная кривая).

**Рисунок 5. Устойчивость оценки NPV венчурного фонда с опционом в случае снижения цен на продукцию на 10 % равна 29 %.**



## Рисунок 6. Схема оценки финансовой эффективности инновационных проектов, финансируемых за счет средств венчурных инвесторов, на основе опционного и нечетко-множественного подходов



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенная модификация метода реальных опционов в нечетко-множественной постановке расширяет аналитические возможности финансистов-практиков. Появляется возможность оценить следующие дополнительные показатели: надежность и устойчивость оценки стоимости составного опциона колл для венчурного фонда; надежность и устойчивость оценки стоимости акций инвестируемой компании, что выступает развитием по отношению к существующему классическому методу реальных опционов.

2. В соответствии со стандартным методом дисконтированных денежных потоков инновационный проект, обладающий высокой степенью неопределенности, может быть отвергнут венчурным фондом. Использование концепции реальных опционов в сочетании с нечетко-множественным анализом позволяет более адекватно оценивать неопределенность, характерную для инноваций, и проекты, которые должны быть отклонены инвестиционным комитетом венчурного фонда согласно традиционным методам финансового анализа, смогут получить финансирование.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ (продолжение)

3. В целом, *использование метода реальных опционов в сочетании с нечетко-множественным анализом, по нашему мнению, расширяет инструментарий венчурного инвестора, используемый для обоснования решений по финансированию инновационных проектов, в том числе новых эффективных производств на основе современных технологий.* Применение более адекватных методов оценки экономической эффективности инновационных проектов может способствовать решению важной народнохозяйственной проблемы, стоящей перед экономикой России, – проблемы импортозамещения и диверсификации экономики, успешное преодоление которой позволит значительно усилить экономическую безопасность нашей страны.

## Литература

1. Баранов А.О., Музыко Е.И. Теория и практика венчурного финансирования инновационных проектов : в 2-х частях / Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. – Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2022.
2. Павлов А.В., Павлов В.Н. Нечетко-случайные методы исследования неопределенности и их макроэкономические приложения: монография. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2012.
3. Обзор российского рынка венчурных инвестиций. Venture Russia. 2021. Российская ассоциация венчурного инвестирования. 2022. URL: <http://www.rvca.ru/upload/files/lib/RVCA-yearbook-2021-Russian-PE-and-VC-market-review-ru.pdf> (дата обращения 2.02.2023).



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**