

УДК 658.5

DOI: 10.17586/2310-1172-2022-17-3-24-32

Научная статья

## Особенности учета неопределенности и риска в экономическом анализе инновационных проектов

**Ворошин Е.А.** omts@zrp.ru

Д-р экон. наук **Колесников А.М.** 9843039@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

Канд. экон. наук **Кваша Н.В.** nadia\_kvasha@rambler.ru

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

191186, Россия, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, д. 61, литера А

Канд. экон. наук **Малевская-Малевич Е.Д.** mmed11@yandex.ru

Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) ГУАП  
188491, Россия, Ленинградская обл., Кингисеппский р-н, г. Ивангород, ул. Котовского д. 1

*Выдвижение инновационного сектора в качестве ключевого драйвера развития индустриальной сферы, традиционно являющейся фундаментом экономики стало общемировой тенденцией. Данная форма экономического развития является основой национальной безопасности и технологической независимости государства. В условиях высокой неопределённости перед менеджментом предприятий актуализируется проблема поиска эффективных стратегий управления риском. Цель исследования заключается в развитии подхода к учету неопределенности и риска в экономическом анализе инновационных проектов. В задачи исследования входят выявление основных особенностей, характеризующих оценку рисков инновационных проектов; рассмотрение существующих подходов к анализу и оценке рисков инновационных проектов; формирование подхода, наиболее подходящего для экономического анализа инновационного проекта с учетом специфики его рисков; определение направления дальнейшего исследования. В исследовании используется широкая трактовка риска, под которым понимается не только вероятность наступления неблагоприятных событий, а в большей степени вероятность отклонения результата в позитивную сторону. Эффективным оказывается применение методов управления риском, позволяющих сохранить возможности благоприятных отклонений, характеризующиеся как методы принятия. Для учета неопределенности инновационных проектов в исследовании используется метод реальных опционов, проблема оценки которых решается за счет использования подходов к оценке финансовых опционов, с использованием двух базовых методов оценки – модель Блэка-Шоуза и модель Кокса-Росса-Рубинштейна. В исследовании предложен авторский подход к учету рисков в экономическом анализе инновационных проектов, характеризующихся долгосрочным характером, специфичностью или уникальностью ресурсов или результатов, неоднозначностью структуры, стадийность, что обуславливает дополнительную неопределенность. Данный подход позволяет минимизировать убытки в случае неблагоприятного развития событий и сохранять дополнительные выгоды в случае, если экономическая динамика будет положительной. Гибкость инновационных проектов, уровень которой характеризуется наличием реальных опционов, становится одним из основных факторов эффективности в условиях повышенной неопределенности. Рассматриваемая концепция принятия риска основана на отношении к неопределенности как к источнику дополнительной стоимости, заключенной в гибкости, носящей невероятный характер.*

**Ключевые слова:** инновационные проекты, риск, неопределенность, реальные опционы, нечетко-множественный подход.

Scientific article

## Features of uncertainty and risk accounting in the innovation projects economic analysis

**Voloshin E.A.** omts@zrp.ru

*D.Sc. Kolesnikov A.M.* 9843039@mail.ru

*Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., lit. A, Saint Petersburg, Russia, 190000*

*Ph.D. Kvasha N.V.* nadia\_kvasha@rambler.ru

*Federal State Budget-Financed Educational Institution of Higher Education The Bonch-Bruевич  
191186, Russia, Saint-Petersburg, Naberezhnaya reki Mojki, 67, lit. A*

*Ph.D. Malevskaya-Malevich E.D.* mmed11@yandex.ru

*Ivangorod Humanitarian and Technical Institute (branch) GUAP  
188491, Russia, Leningrad region, Kingisepp district, Ivangorod, Kotovsky str., 1*

*The nomination of the innovation sector as a key driver for the development of the industrial sector, which is traditionally the foundation of the economy, has become a global trend. This form of economic development is the basis of national security and technological independence of the state. In conditions of high uncertainty, the management of enterprises is faced with the problem of finding effective risk management strategies. The purpose of the study is to develop an approach to accounting for uncertainty and risk in the economic analysis of innovative projects. The objectives of the study include identifying the main features that characterize the risk assessment of innovative projects; consideration of existing approaches to the analysis and risk assessment of innovative projects; formation of an approach most suitable for the economic analysis of an innovative project, taking into account the specifics of its risks; determination of the direction of further research. The study uses a broad interpretation of risk, which refers not only to the likelihood of adverse events, but to a greater extent, the probability of a positive deviation of the result. It turns out to be effective to use risk management methods that allow preserving the possibilities of favorable deviations, characterized as acceptance methods. To account for the uncertainty of innovative projects, the study uses the method of real options, the problem of evaluating which is solved by using approaches to the evaluation of financial options, using two basic evaluation methods - the Black-Sholes model and the Cox-Ross-Rubinstein model. The study proposes an author's approach to taking into account risks in the economic analysis of innovative projects characterized by a long-term nature, specificity or uniqueness of resources or results, ambiguous structure, staging, which causes additional uncertainty. This approach allows minimizing losses in the event of an unfavorable development of events and retaining additional benefits if the economic dynamics is positive. The flexibility of innovative projects, the level of which is characterized by the presence of real options, becomes one of the main factors of efficiency in conditions of increased uncertainty. The considered concept of risk acceptance is based on the attitude towards uncertainty as a source of additional cost, contained in flexibility, which is of an improbable nature.*

**Keywords:** innovative projects, risk, uncertainty, real options, fuzzy-multiple approach.

---

### Введение

В условиях новой экономики на смену концепции экономического роста (как увеличения во времени производства и потребления благ) пришла концепция экономического развития, связанного с процессом внедрения инноваций. Выдвижение инновационного сектора в качестве ключевого драйвера развития индустриальной сферы (являющейся фундаментом экономики) стало общемировой тенденцией. Данная форма экономического развития является основой национальной безопасности и технологической независимости государства [1, 2].

Инновационное развитие промышленных предприятий предполагает качественно новый уровень инвестиций, через непрерывный процесс реализации инновационно-инвестиционных проектов. При этом современные условия реального инвестирования в целом связаны с возрастающей неопределенностью (в частности, вследствие глобализации и прогрессивного технического развития), а значит сопровождаются высоким уровнем риска, что безусловно, оказывает влияние на результаты реализуемых проектов.

Указанная проблема еще больше актуализируется в оценке инновационных проектов, вследствие таких их особенностей как долгосрочный характер, специфичность или уникальность ресурсов, или результатов, неоднозначность в структуре проекта и его стадийности, что обуславливает дополнительную неопределенность [3].

### Цель и задачи исследования

Цель исследования заключается в развитии подхода к учету неопределенности и риска в экономическом анализе инновационных проектов.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- Выявить основные особенности, характеризующие оценку рисков инновационных проектов.
- Рассмотреть существующие подходы к анализу и оценке рисков инновационных проектов.
- Сформулировать подход, наиболее подходящий для экономического анализа инновационного проекта с учетом специфики его рисков.
- Определить направления дальнейшего исследования.

### Материалы и методы

Из теории экономических рисков известно, что неопределенность (неполнота и/или неточность информации об условиях какого-либо аспекта реализации проекта) является не однородной и включает определяемую (вероятностную) и неопределяемую (оценочную) типы неопределенностей. Оценочная неопределенность не поддается вероятностной оценке, как правило, вследствие уникальности факторов, которыми она определяется [4].

Неопределенность в свою очередь является источником риска, под которым понимается вероятность отклонения результата от ожидаемого значения. При этом неоднородность неопределенности определяет неоднородность рисков экономической деятельности. Риски экономических систем дифференцируются на страхуемые и нестрахуемые по наличию принципиальной возможности их нейтрализации известными методами управления.

При определении понятия риска, как отклонения события от ожидаемого значения, возникает как минимум, два подхода относительно знака этого отклонения. Основной из них (представленный существенным массивом отечественных работ) понимает под риском вероятность наступления нежелательного события (отклонения результата от ожидаемого события в отрицательную сторону). В соответствии с данным подходом риск представляет собой некую опасность, которую по возможности следует избегать или минимизировать путем формирования максимально стабильной среды, в которой вероятности изменений сведены к минимуму. В рамках рассмотренного подхода основными методами управления риском являются методы уклонения и/или нейтрализации риска (методы передачи риска (страхование, факторинг, хеджирование и т.п.), методы компенсации (создание резервов, запасов и т.п.), методы диссипации (распределение риска между партнерами, диверсификация деятельности и т.п.) и т.д.). Таким образом, объектной областью данного подхода является страхуемая (нейтрализуемая) группа рисков.

Все указанные методы уклонения и нейтрализации применяются при осуществлении предприятиями различных инвестиционных проектов, что находит отражение в способах учета неопределенности и риска при их оценке, основным из которых является принцип умеренного пессимизма. Данный принцип предполагает умеренно пессимистическую оценку денежных потоков проекта, подразумевающую наличие в них запасов и резервов для покрытия вероятных потерь в случае реализации какого-либо риска.

Трактовка риска в современных условиях инновационной экономики заменяется более широким подходом. Под риском понимается не только вероятность наступления неблагоприятных событий, а в большей степени вероятность отклонения результата в позитивную сторону (то есть скорее не опасности, а возможности). В данном случае рассмотренные выше методы уклонения и нейтрализации риска, конечно, будут обеспечивать снижение потерь при неблагоприятном сценарии развития, но в то же время их реализация ограничит возможности получения дополнительных эффектов, если отклонения от ожидаемых значений будут иметь положительный знак.

В данных условиях эффективным может оказаться применение методов управления риском, позволяющих сохранить возможности благоприятных отклонений, что особенно актуально в рамках инновационных проектов, для которых изменения являются не столько опасностью, сколько источником эффективности. Данные методы управления характеризуются, как методы принятия рисков, в рамках которых существенная группа предпринимательских рисков (большой долей относящаяся к категории нестрахуемых) принимается как данность, неизбежный и при определенных условиях даже желательный атрибут деятельности.

Традиционные методы анализа и оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях принципа принятия риска используют метод рисковей надбавки к норме дисконтирования. Базисом при определении этой надбавки является применение модели *SARМ*, заключающейся в сложении безрисковой ставки с премией за риск проекта, которая определяется как произведение бета-коэффициента проекта и рыночной премии за риск.

Для учета неопределенности инновационного проекта в исследовании используется метод реальных опционов. Проблема оценки стоимости реальных опционов в исследовании решается за счет использования подходов к оценке финансовых опционов, с использованием двух базовых методов оценки – модель Блэка-Шоуза и модель Кокса-Росса-Рубинштейна (биномиальная модель) [5, 6]. Подходы к оценке составного опциона, использованные в исследовании основываются на работах Геске [7]. Для оценки многоступенчатого составного опциона в исследовании использована модель, полученная В.Т. Лин [8].

Для оценки стоимости составного европейского колл-опциона с учетом различной волатильности этапов инвестирования использован подход, приведенный в работе Hsu, 2002 [9], где анализируется процесс принятия решения венчурным капиталистом о поэтапном инвестировании. Венчурный капиталист может инвестировать всю сумму сразу в виде единовременной выплаты, а может разбивать инвестиции на стадии. Поэтапное инвестирование рассматривается автором статьи как составной европейский колл-опцион с зависящей от времени волатильностью. Для оценки стоимости этого опциона получена модификация формулы Геске. Венчурное финансирование в виде единовременной выплаты рассматривается как простой европейский колл-опцион, но с зависящей от времени волатильностью. Для оценки стоимости этого опциона получена модификация формулы Блэка-Шоулза.

### Результаты исследования

Особенности инновационных проектов обуславливают тот факт, что использование статических классических подходов в том числе к проблематике учета рисков определяют значительное искажение результатов анализа исключением из поля зрения возможных модификаций инновационных проектов в силу значимых изменений в параметрах их реализации. Соответственно в общем случае в условиях инновационного развития возникает потребность в дополнении системы управления рисками предприятия вообще и методики учета риска в оценке инновационно-инвестиционных проектов в частности подходами, включающими возможности реагирования на изменение внешних и внутренних условий. В результате, в рамках подхода принятия рисков требуют развития так называемые методы гибкого реагирования (или активного управления), основным из которых, в настоящий момент является подход, основанный на концепции реальных опционов, заключающейся в применении теории финансовых опционов к условиям реальной экономики [10].

Данный подход может стать одним из ключевых в области учета неопределенности и риска в оценке инновационных проектов, так как позволяет минимизировать убытки в случае неблагоприятного развития событий и сохранять дополнительные выгоды в случае, если экономическая динамика будет положительной. Гибкость инновационных проектов (уровень которой характеризуется наличием реальных опционов) становится одним из основных факторов эффективности в условиях повышенной неопределенности [11].

В случае применения опционного подхода риск проекта перестает быть симметричным. Опцион может быть реализован при благоприятном исходе и оставлен без исполнения в случае нежелательного развития событий. Иными словами, в данном случае убытки могут быть ограничены, а потенциал положительных эффектов не ограничен. В результате в условиях реализации активного управления в рамках концепции принятия риска формируется асимметричная функция риска (убытки лимитированы, положительные эффекты не ограничены) [10]. Иными словами возрастание неопределенности обуславливает повышение стоимости гибкости проекта ( $V_G$ ) (рис. 1), следовательно, стоимость инновационных проектов ( $V_I$ ), характеризующихся повышенным уровнем неопределенности, будет выше, чем у проектов без инновационной составляющей, формула (1).

$$V_I = V + V_G, \quad (1)$$

где,  $V$  – статическая экономическая оценка инновационного проекта без учета гибкости.

Иными словами, концепция принятия риска основана на отношении к неопределенности как к источнику дополнительной стоимости, заключенной в гибкости, которая может быть определена как совокупная стоимость реальных опционов  $V_G = \sum V_{ROV}$ . Набор опционов инновационного проекта включает реальные опционы трех основных видов: опцион на расширение, опцион на отказ и опцион на отсрочку реализации проекта.

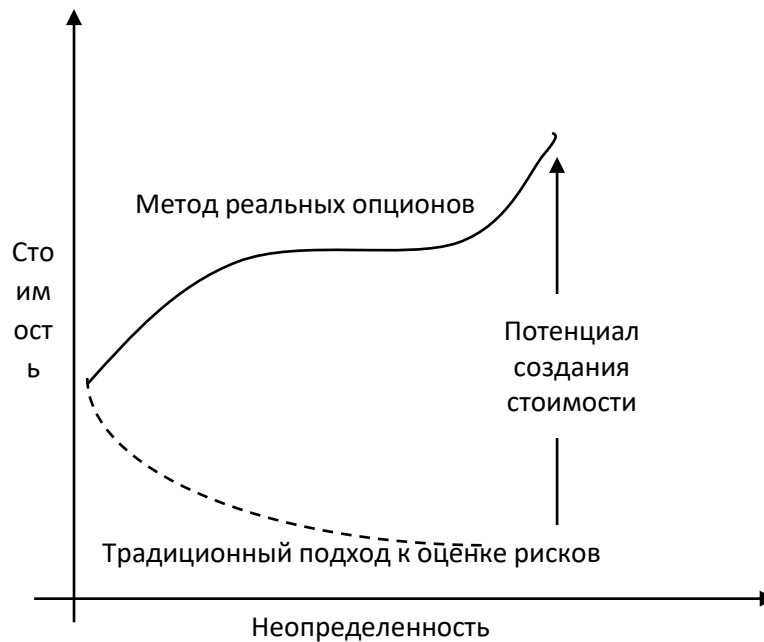


Рис. 1. Взаимосвязь между риском и стоимостью

Развитие моделей ценообразования опционов в направлении учета гибкости, актуальное для оценки реальных опционов инновационных проектов, в основном связано с разбиением процесса инвестирования на этапы. Так существенный массив инновационно-инвестиционных проектов можно также рассматривать как комплекс реальных опционов, предоставляющих возможность после каждого этапа либо начать реализацию следующего, либо отказаться от инвестирования, для сохранения ликвидационной стоимости, если продолжение проекта экономически нецелесообразно (опцион на последовательные инвестиции) [12]. Опцион на последовательные инвестиции в классификации финансовых опционов представляет собой составной структурированный опцион. Когда срок опциона  $T$  разбивается на несколько этапов текущая стоимость инвестиций будет зависеть от стоимости внешнего европейского колл-опциона и внутренних бинарных опционов. В этом случае ванильный опцион рассматривается в качестве базисного актива, при этом составные структурированные опционы имеют несколько цен и несколько дат исполнения.

Бинарные опционы содержат возможности только двух исходов: инвестор не получает ничего, либо инвестор получает заранее определенную сумму, если текущая цена актива на дату исполнения будет выше цены исполнения опциона, если рассматривается бинарный колл-опцион. В этом случае стоимость бинарного колл-опциона определяется текущей стоимостью цены исполнения.

Таким образом, при разбиении процесса инвестирования, например, на три этапа, с размером инвестиций  $X_0$ ,  $X_1$  и  $X_2$ , то есть когда выделяются две даты исполнения  $T_1$  и  $T_2$ , стоимость составного опциона колл-колл  $V_{call-call}^{Compound}$  может быть определена по следующей формуле (2):

$$V_{call-call}^{Compound} = S * N_2(h + \sigma\sqrt{T_1 - t}, l + \sigma\sqrt{T_2 - t}; \rho) - X_2 * N_2(h, l; \rho) * e^{-r(T_2 - t)} - X_1 * N(h) * e^{-r(T_1 - t)}, \quad (2)$$

где,  $S$  – базисная цена (цена спот);  $h = \frac{\ln(S/S^c) + r*(T_1 - t) - \frac{1}{2}\sigma^2(T_1 - t)}{\sigma*\sqrt{(T_1 - t)}}$ ;  $l = \frac{\ln(S/X_2) + r*(T_2 - t) - \frac{1}{2}\sigma^2(T_2 - t)}{\sigma*\sqrt{(T_2 - t)}}$ ;  $N_2(h, l; \rho)$  – кумулятивная функция двойного нормального распределения с коэффициентом корреляции  $\rho = \sqrt{(T_1 - t)/(T_2 - t)}$ ;  $S^c$  – критическое значение инвестиций, корень уравнения  $S^c * N(l^* + \sigma\sqrt{T_2 - T_1}) - X_2 * N(l^*) * e^{-r(T_2 - T_1)} - X_1 = 0$ , где  $l^*$  – величина  $l$  в момент времени  $T_1$ ,  $l^* = \frac{\ln(S^c/X_2) + r*(T_2 - T_1) - \frac{1}{2}\sigma^2(T_2 - T_1)}{\sigma*\sqrt{(T_2 - T_1)}}$ .



Величина  $S^c$  в формуле (2) находится приближенно, численными методами.

Применение моделей оценки финансовых опционов к реальным инвестициям вообще и инновационным проектам в частности на практике, как правило, невозможно без специальных оговорок. В частности, использование каждой из указанных моделей на практике связано с определенными трудностями и ограничениями. Так ограничения в использовании биномиальной модели оценки заключаются в необходимости определения вероятностей положительного или неблагоприятного варианта развития. Модель Блэка-Шоулза основана на положении о непрерывном изменении цен базисного актива. Однако поступление информации в процессе реального инвестирования происходит дискретно, то есть корректировка параметров проектов не производится непрерывно.

Другая сложность является следствием неопределенности, которая и является основной причиной стоимости опциона. Опцион приобретается исходя из предположений, что цена базисного актива изменится со временем. Поэтому суть ценности опциона заключена в оценках возможного изменения цены на базисный актив, выражаемых в величине стандартного отклонения. При оценках финансового опциона величина стандартного отклонения определяется на основе данных о волатильности цен на базисный актив.

Кроме того, модели Блэка-Шоулза и Геске используют допущение постоянной волатильности стоимости базового актива. В то же время в общем случае различные этапы инновационных проектов характеризуются разным уровнем неопределенности (например, на этапе НИОКР неопределенность гораздо выше, чем на этапе освоения производства).

Имеются исследования, развивающие модель Геске в направлении учета различной волатильности на разных этапах процесса инвестирования. Й.-В. Хсу [9] получена модификация формулы Геске для оценки стоимости составного европейского колл-опциона с учетом различной волатильности этапов инвестирования (формула (3)):

$$V_{call}^{Compound} = S * N_2 \left( h + \sigma_1 \sqrt{T_1 - t}, l + \sqrt{\sigma_1^2 (T_1 - t) + \sigma_2^2 (T_2 - T_1)}; \rho \right) - X_2 * N_2(h, l; \rho) * e^{-r(T_2 - t)} - X_1 * N(h) * e^{-r(T_1 - t)}, \quad (3)$$

где,  $h = \frac{\ln(S/S^c) + r*(T_1 - t) - \frac{1}{2}\sigma_1^2(T_1 - t)}{\sigma_1 * \sqrt{(T_1 - t)}}$ ;  $l = \frac{\ln(S/X_2) + r*(T_2 - t) - \frac{1}{2}(\sigma_1^2(T_1 - t) + \sigma_2^2(T_2 - t))}{\sqrt{\sigma_1^2(T_1 - t) + \sigma_2^2(T_2 - T_1)}}$ ;  $\rho = \sqrt{\frac{\sigma_1^2(T_1 - t)}{\sigma_1^2(T_1 - t) + \sigma_2^2(T_2 - T_1)}}$ ;  $S^c$  – корень

уравнения  $S^c * N(l^* + \sigma_2 \sqrt{T_2 - T_1}) - X_2 * N(l^*) * e^{-r(T_2 - T_1)} - X_1 = 0$ , где  $l^* = \frac{\ln(S^c/X_2) + r*(T_2 - T_1) - \frac{1}{2}\sigma_2^2(T_2 - T_1)}{\sigma_2 * \sqrt{(T_2 - T_1)}}$ .

Для оценки многоступенчатого составного опциона с учетом различного уровня волатильности Р. Хонг, В.-В. Хе и Й.-Л. Менг развивают модель В.Т. Лин [8].

Необходимо отметить, что результатом заимствования моделей теории финансов являются в том числе определенные ограничения в применении опционного подхода к анализу реальных инвестиций. Основная проблема заключается в том, финансовые модели предполагают существование эффективного рынка финансовых активов, включающих большое количество игроков и цены которых напрямую зависят от поступающей информации. Условия инвестирования в реальные активы характеризуются малым количеством игроков, поэтому использование вероятностных подходов дает большие неточности в оценках. Кроме того, поступление информации в процессе реального инвестирования происходит дискретно, то есть корректировка параметров проектов не осуществляется непрерывно [13]. Как было отмечено, существенная часть неопределенности инновационных проектов возникает в результате воздействия различных слабо структурируемых факторов, то есть не является измеримой и относится к категории оценочной. В данной ситуации применение вероятностных методов затруднено, так как недостаток имеющейся информации не позволяет подобрать адекватную вероятностную модель по причине отсутствия статистических данных [4]. Имеющейся информации относительно будущих результатов и затрат проекта не только мало, ее на момент анализа может не быть в принципе. В результате появляется потребность в невероятностных подходах к оценке неопределенности, один из которых основан на применении теории нечетких множеств, инструменты которой позволяют использовать и обрабатывать информацию любого вида. Нечетко-множественный подход определяет соответствие между нечеткими лингвистическими описаниям и функциями, характеризующими степень принадлежности количественных параметров, нечетким описанием. Иными словами, теория нечетких множеств позволяет переводить качественные экспертные оценки в количественные, что дает возможность применения математического аппарата в условиях ограниченной или практически отсутствующей количественной информации.

На основе нечетко-множественного подхода возникла новая теория анализа в условиях неопределенности, которая не связана с вероятностной оценкой – теория возможностей (у Недосекина А.О. определено как квазистатистика), тем самым разграничив категории случайности и возможности, а также вероятности и ожидаемости [14]. Теория возможностей позволяет установить достаточно строгие закономерности, параметры которых заданы по определенным лингвистическим правилам, даже в условиях отсутствия необходимого числа наблюдений для получения вероятностного закона распределения. Перевод лингвистических описаний в нечеткий количественный вид позволяет моделировать процессы, которые неоднородны и ограничены по объему наблюдений, учитывая оценочную неопределенность и анализируя влияния нестрахуемых рисков на показатели проекта. Иными словами, в отличие от теории вероятностей, теория возможностей позволяет производить более грубые оценки, что обеспечивает ее применимость в условиях малого объема информации.

В отечественной науке развитие теории нечетких множеств применительно к экономическим задачам началось с докторской диссертации Недосекина А.О., защищенной в 2003 г. [14]. В настоящее время отечественными исследователями ведется довольно активная работа в области исследования вопросов реализации нечетко-множественного подхода в анализе инновационных проектов [10]. При расчете интегральных показателей инвестиционного проекта предполагается, что денежный поток по проекту может быть определен. Однако в случае анализа большого массива проектов, связанных с инновациями, точное значение денежного потока не может быть установлено. Доступными являются только экспертные характеристики параметров проекта, часто представляющие собой тройственную оценку прогнозного, низкого и высокого сценариев развития. В результате модель денежного потока проекта формируется в виде нечеткого треугольного числа.

### Направления дальнейших исследований

Высоко оценивая полученные авторами результаты, следует отметить, что исследования ведутся в поле линейной модели инновационного процесса, предполагающей, что большинство стадий процесса коммерциализации новшеств реализуются в рамках одного инновационного проекта. В то же время интерактивная модель инновационного процесса, формирующаяся в условиях цифровизации, позволяет подключаться к процессу коммерциализации практически на любой стадии [15, 16]. Данное обстоятельство требует учета в подходах к анализу инновационных проектов. Кроме того, реализуемые в рамках проектов инновации не однородны по своей структуре, что определяется, с нашей точки зрения, видом инноваций по уровню новизны (эпохальные, базисные, улучшающие, псевдоинновации).

Неоднородность инноваций, а также разнообразный охват стадий инновационного процесса обуславливают различия в уровне неопределенности (в терминологии консультантов McKinsey) различных инновационно-инвестиционных проектов [17]. При этом консультанты McKinsey выделяют четыре уровня вероятности (от меньшего к большему): достаточно точно прогнозируемое будущее; альтернативные варианты будущего; диапазон возможных вариантов будущего; полная непредсказуемость.

### Заключение

Таким образом, рассматриваемые инструменты развивают, имеющийся подход к учету неопределенности и риска в экономическом анализе инновационных проектов, характеризующихся такими особенностями как долгосрочный характер, специфичность или уникальность ресурсов, или результатов, неоднозначность в структуре проекта и его стадийности. Концепция реальных опционов позволяет рассматривать повышенную неопределенность, которая свойственна инновационно-инвестиционным проектам, и связанный с ней риск не только и не столько как опасность, а в большей степени, как возможность получения дополнительной выгоды. При этом реальные опционы представляют собой, с одной стороны, способ анализа и оценки эффективности инвестиций в существенный массив инновационных проектов, а с другой, инструмент учета неопределенности и риска адекватный методу принятия рисков, что в совокупности с нечетко-множественным подходом, предлагающим инструменты работы с нестатистической (оценочной) неопределенностью, учитывает особенности инвестирования в инновации.

### Литература

1. *Кваша Н.В., Демиденко Д.С., Ворошин Е.А.* Трансформация модели индустриального развития в условиях цифровизации экономики // Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации. /Под ред. А.В. Бабкина. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2017. С. 93-116. DOI 10.18720/IEP/2017.6/3.

2. *Kvasha, N.V.* Industrial development in the conditions of digitalization of infocommunication technologies / N. V. Kvasha, D. S. Demidenko, E. A. Voroshin // *St.Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics.* – 2018. – Vol. 11. – No 2. – P. 17-27. – DOI 10.18721/JE.11202.
3. *Антохина Ю.А., Ворошин Е.А.* Формирование подходов к анализу эффективности инвестиционно-инновационных проектов промышленных бизнес-систем // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2019. № 1. С. 85-92. DOI 10.17586/2310-1172-2019-12-1-85-92.
4. *Котов В.И.* Риск-анализ инвестиционных проектов на основе функций чувствительности и теории нечетких множеств. 3-е издание, дополненное и переработанное. – Санкт-Петербург: Центр научно-производственных технологий "Астерион", 2019. – 349 с. – ISBN 978-5-00045-675-0.
5. *Black F., Scholes M.* The Pricing of Options and Corporate Liabilities // *Journal of Political Ec.* The valuation of compound options. 1979.
6. *Cox J.C., Ross S.A., Rubinstein M.* Option pricing: A simplified approach // *Journal of financial Economics.* 1979. Т. 7. №. 3. С. 229-263.
7. *Geske R.* «The valuation of compound options». *Journal of Financial Economics*, 7. 1979. Pp. 63-81.
8. *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.
9. *Hsu Y.-W.* Staging of Venture Capital Investment: A Real Options Analysis // *University of Cambridge, JIMS.* 2002. May. P. 1–47.
10. *Баранов А.О., Музыка Е.И., Павлов В.Н.* Оценка эффективности инновационных проектов с использованием опционного и нечетко-множественного подходов // Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН. – Новосибирск : Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 2018. – 335 с. – ISBN 978-5-89665-324-0. – DOI 10.15372/EPRF20180101.
11. *Корнилова С.В.* Обеспечение эффективности инвестиционно-строительных проектов в условиях возрастающей неопределенности: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук – Санкт-Петербург, 2021. – 211 с.
12. *Панченко А.В. Абрахманов А.А.* Методы оценки эффективности инновационных проектов с применением реальных опционов // *Российское предпринимательство.* № 10 (256), 2014. С. 48-56.
13. *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.
14. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дисс. ... д-ра экон. наук. – СПб., 2003. – 280 с.
15. Кваша Н.В. Трансформация модели инновационного процесса на предприятиях с развитием инфокоммуникационных технологий / Н.В. Кваша, Д.С. Демиденко, Е.А. Ворошин // *Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы : Труды научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 16–17 ноября 2017 года / Под ред. А.В. Бабкина.* – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2017. – С. 398-404. – DOI 10.18720/IEP/2017.5/56.
16. *Макаров В.В., Верединский С.Ю., Слуцкий М.Г., Кваша Н.В.* Роль сетевых структур в реализации инновационных инфокоммуникационных проектов // *Журнал правовых и экономических исследований.* 2022. № 2. С. 164-169. DOI 10.26163/GIEF.2022.30.22.028
17. *Хью К., Керкленд Д., Вигери П.* Стратегия в условиях неопределенности // *Вестник McKinsey.* 2000. № 3. С. 69–81.

#### Reference

1. *Kvasha N.V., Demidenko D.S., Voroshin E.A.* Transformatsiya modeli industrial'nogo razvitiya v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki // *Tendentsii razvitiya ekonomiki i promyshlennosti v usloviyakh tsifrovizatsii.* /Pod red. A.V. Babkina. – Sankt-Peterburg: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo", 2017. S. 93-116. DOI 10.18720/IEP/2017.6/3.
2. *Kvasha, N.V.* Industrial development in the conditions of digitalization of infocommunication technologies / N. V. Kvasha, D. S. Demidenko, E. A. Voroshin // *St.Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics.* – 2018. – Vol. 11. – No 2. – P. 17-27. – DOI 10.18721/JE.11202.



3. Antokhina Yu.A., Voroshin E.A. Formirovanie podkhodov k analizu effektivnosti investitsionno-innovatsionnykh projektov promyshlennykh biznes-sistem // *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i ekologicheskii menedzhment*. 2019. № 1. S. 85-92. DOI 10.17586/2310-1172-2019-12-1-85-92.
4. Kotov V.I. Risk-analiz investitsionnykh projektov na osnove funktsii chuvstvitel'nosti i teorii nechetkikh mnozhestv. 3-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe. – Sankt-Peterburg: Tsentr nauchno-proizvodstvennykh tekhnologii "Asterion", 2019. – 349 s. – ISBN 978-5-00045-675-0.
5. Black F., Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities // *Journal of Political Ec. The valuation of compound options*. 1979.
6. Cox J.C., Ross S.A., Rubinstein M. Option pricing: A simplified approach // *Journal of financial Economics*. 1979. T. 7. №. 3. S. 229-263.
7. Geske R. «The valuation of compound options». *Journal of Financial Economics*, 7. 1979. Pp. 63-81.
8. 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.
9. Hsu Y.-W. Staging of Venture Capital Investment: A Real Options Analysis // *University of Cambridge, JIMS*. 2002. May. P. 1–47.
10. Baranov A.O., Muzyko E.I., Pavlov V.N. Otsenka effektivnosti innovatsionnykh projektov s ispol'zovaniem optsiionnogo i nechetko-mnozhestvennogo podkhodov // *Rossiiskaya akademiya nauk, Sibirskoe otdelenie, Institut ekonomiki i organizatsii promyshlennogo proizvodstva SO RAN*. – Novosibirsk : Institut ekonomiki i organizatsii promyshlennogo proizvodstva SO RAN, 2018. – 335 s. – ISBN 978-5-89665-324-0. – DOI 10.15372/EPRF20180101.
11. Kornilova S.V. Obespechenie effektivnosti investitsionno-stroitel'nykh projektov v usloviyakh vozrastayushchei neopredelennosti: spetsial'nost' 08.00.05 «Ekonomika i upravlenie narodnym khozyaistvom (po otraslyam i sferam deyatel'nosti)»: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk – Sankt-Peterburg, 2021. – 211 s.
12. Panchenko A.V. Abrakhmanov A.A. Metody otsenki effektivnosti innovatsionnykh projektov s primeneniem real'nykh optsiionov // *Rossiiskoe predprinimatel'stvo*. № 10 (256), 2014. S. 48-56.
13. 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.
14. Nedosekin A.O. Metodologicheskie osnovy modelirovaniya finansovoi deyatel'nosti s ispol'zovaniem nechetko-mnozhestvennykh opisaniy: diss. ... d-ra ekon. nauk. – SPb., 2003. – 280 s.
15. Kvasha N.V. Transformatsiya modeli innovatsionnogo protsessa na predpriyatiyakh s razvitiem infokommunikatsionnykh tekhnologii / N.V. Kvasha, D.S. Demidenko, E.A. Voroshin // *Promyshlennaya politika v tsifrovoi ekonomike: problemy i perspektivy: Trudy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Sankt-Peterburg, 16–17 noyabrya 2017 goda / Pod red. A.V. Babkina*. – Sankt-Peterburg: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo", 2017. – S. 398-404. – DOI 10.18720/IEP/2017.5/56.
16. Makarov V.V., Veredinskii S.Yu., Slutskii M.G., Kvasha N.V. Rol' setevykh struktur v realizatsii innovatsionnykh infokommunikatsionnykh projektov // *Zhurnal pravovykh i ekonomicheskikh issledovaniy*. 2022. № 2. S. 164-169. DOI 10.26163/GIEF.2022.30.22.028
17. Kh'yu K., Kerkland D., Vigeri P. Strategiya v usloviyakh neopredelennosti // *Vestnik McKinsey*. 2000. № 3. S. 69–81.

Статья поступила в редакцию 04.07.2022  
Принята к публикации 14.09.2022

Received 04.07.2022  
Accepted for publication 14.09.2022