

0- 821452

*На правах рукописи*



Шомова Елена Николаевна

**МОДЕЛИ ФИНАНСИРОВАНИЯ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СТАДИИ  
ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В  
УСЛОВИЯХ РЕСУРСНОЙ КОНКУРЕНЦИИ**

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Москва

2015

Работа выполнена на кафедре «Системный анализ и моделирование экономических процессов» ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

Научный руководитель:

кандидат экономических наук, доцент  
Гринева Наталья Владимировна

Официальные оппоненты:

Давнис Валерий Владимирович,  
доктор экономических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», заведующий кафедрой  
«Информационные технологии и математические методы в экономике»



Бушанский Сергей Петрович,  
кандидат экономических наук,  
ФГБУН Центральный экономико-математический институт Российской академии наук,  
старший научный сотрудник лаборатории стратегии развития отраслевых комплексов

Ведущая организация:

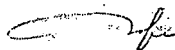
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Защита состоится 02 марта 2016 г. в 12-00 часов на заседании диссертационного совета Д 505.001.03 на базе ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» по адресу: Ленинградский проспект, д.55, ауд. 213, Москва, ГСП-3, 125993.

С диссертацией можно ознакомиться в диссертационном зале Библиотечно-информационного комплекса ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» по адресу: Ленинградский проспект, д.49, комн. 203, Москва, ГСП-3, 125993 и на официальном сайте ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»: <http://www.fa.ru>.

Автореферат разослан 28 декабря 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 505.001.03,  
кандидат экономических наук, доцент

 Городецкая Ольга Юрьевна

## I ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность исследования**

Важную роль в переориентации российской экономики на инновационную модель развития и повышении конкурентоспособности производственных отраслей промышленности играет успешная реализация инновационных проектов [31]. Рыночная конкуренция является побудительным механизмом инновационного развития. Производители продукции или услуг постоянно вынуждены искать пути сокращения издержек производства и выхода на новые рынки сбыта. Поэтому компании, первыми освоившие инновации, получают весомое преимущество перед конкурентами. Успех большинства инновационных проектов напрямую зависит от полноты и качества проводимых исследовательских работ, которые, в свою очередь, зависят от объемов финансирования. Таким образом, исследование того, какой объем финансирования научно-исследовательских работ (НИР) считать оптимальным, а какой избыточным или недостаточным является современным и актуальным.

Для обеспечения дальнейшего организационного развития и поддержания конкурентоспособности компания, как правило, формирует портфель проектов. Это позволяет, рационально распределять ресурсы и мощности, обеспечивать своевременный возврат инвестиций, наращивать капитализацию компании. Вместе с этим, процессы оценки отдельных проектов, проектных портфелей и управления проектами, значительно усложняются и приобретают оригинальную специфику. За последнее время было предложено большое число методов и моделей, нацеленных на обеспечение рационального выбора инновационных проектов при формировании портфеля. Однако, большинство из них применимы для ситуаций, когда проекты, потенциально входящие в портфель, не зависят друг от друга. Однако на практике проекты, образующие портфель, часто являются взаимозависимыми и проблема усовершенствования существующих подходов к формированию портфеля проектов с учетом их взаимосвязи внутри портфеля остается открытой.

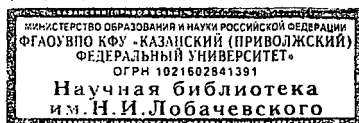
### **Степень разработанности темы исследования**

Большой вклад в решение вопросов формирования, оптимизации и управления портфелем проектов внесли как отечественные, так и зарубежные учёные:

Арчибальд Р.Д., Бурков В.Н., Воропаев В.И., Грей К.Ф., Кендалл Дж. И., Кузьмицкий А.А., Купер Р.Г., Ларсон Э.У., Фрейм Дж., Хосли В., и др. Фундаментальные основы управления портфелем проектов заложены в стандартах, разработанных Project Management Institute (PMI). Тем не менее, большинство из описанных авторами методик рассматривают случаи портфелей независимых проектов, в которых сами проекты не содержат исследовательских этапов работ. Широко распространение получили модели Марковица Г., разработанные для формирования портфелей ценных бумаг. Одними из первых, кто предложил использовать эти модели для портфелей проектов были Беттер М., Гловер Ф. и Уолс М. Однако ввиду сложности составления ковариационной матрицы доходностей проектов, применять эти модели на практике затруднительно.

Математическим подходам к проблеме формирования портфеля инновационных проектов, моделям оценки его эффективности, оптимального распределения ограниченных ресурсов посвящён ряд работ Баркалова С.А., Буркова В.Н., Кузнецова А.В., Лукаевича И.Я., Матвеева А.А., Новикова Д.А., Цветкова А.В., Дж. Эдвард Фокса и др. Несмотря на практическую значимость и многообразие рассмотренных случаев, модели, предложенные авторами, не рассчитаны на поиск количественной оценки взаимосвязи проектов, образующих портфель.

Проблема взаимозависимости между проектами вызывает повышенный интерес, который в основном касается вопросов выявления источников взаимозависимости. Этому посвящены работы Аакера Д., Баркалова С.А. и Мильника В.В. Рассмотрев семь проектов, использующих общие ресурсы, Верма Д. и Синха К. разработали теоретическую основу определения взаимозависимостей проектов через классификацию и понимание взаимосвязей между ними. У Дикинсона М. и Торнтон А. описана модель компоновки портфеля проектов с помощью матрицы зависимости, позволяющей пропорционально поделить доход от взаимосвязи проектов. Работа Дёмкина И.В., выполненная на базе моделей Дикинсона М. основывается на получении синергетического эффекта от включения проектов в портфель. Однако получение количественной оценки взаимозависимости проектов нуждается в дальнейшем исследовании.



С конца прошлого века вопросы инноваций стали особо актуальны для научного сообщества. Инновациям посвящены работы таких учёных как Александра Т.В., Аньшин В.М., Басс Ф., Валента Ф., Голубаев С.А., Коссов В.В., Купер Р. Г., Павитт К., Полтерович В.М., Санто Б., Фатхутдинов Р.А., Шумпетер Й., Яковец Ю.В., и др. Исследователями были заложены основы теории инноваций: терминология и классификация, выявлены особенности инновационных проектов, рассмотрена проблематика и методология управления инновационными проектами, вопросы диффузии инноваций. К сожалению, подавляющее большинство авторов не уделяет должного внимания таким типичным ситуациям, сопровождающим отечественные инновационные проекты как нерегулярное финансирование, недофинансирование и чрезмерное финансирование работ. В одной из работ Аньшина В.М. задача диссертационного исследования обозначается как принципиально важная и не решенная до настоящего времени.

Отдельные аспекты управления НИР представляют интерес для научного сообщества. Так, связь между затратами на исследования и конечной прибылью промышленных компаний, рассматривалась в работах Бреннера М. и Раштона Б., где была выявлена статистическая зависимость между ростом объема продаж и уровнем инвестиций в НИР. Грилихес З. также выявил положительное влияние увеличения финансирования исследовательских работ на производительность труда. Работы Новикова Д.А. и Суханова А.Л., посвященные разработке моделей и методов комплексного оценивания прикладных научных проектов, отражают специфику научных проектов в ВУЗе. В работах Ц. Грилихеса, Э. Мэнсфилда, касающихся роли НИОКР, рассматриваются примеры проникновения инноваций в промышленность. Однако моделей, объясняющих механизмы влияния прикладных исследований на эффективность инновационного проекта пока не разработано. Поэтому исследования, направленные на создание аналитических, вероятностных моделей, адекватно описывающих наблюдаемые зависимости между финансированием прикладных исследований и эффективностью инновационного проекта и обладающие прогностическими свойствами остаются актуальными.

Отмеченные моменты обосновали цель, задачи и структуру настоящего диссертационного исследования.

**Цель исследований** заключается в повышении результативности и эффективности инновационного проектирования за счёт разработки оптимизационных подходов планирования финансовых расходов на стадии НИР и их воплощению в программно-инструментальном средстве.

**Задачи исследований.** Для достижения описанной цели в диссертационной работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследовать и систематизировать методы и модели финансирования прикладных исследований инновационных проектов для обоснования оптимальных объемов финансирования исследовательских этапов инновационных проектов.
2. Разработать статическую модель влияния объема финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта и исследовать (в рамках предложенной модели) условия существования оптимального объема финансирования этапов НИР инновационного проекта.
3. Провести валидацию предложенной модели на реальных инновационных проектах.
4. Разработать динамическую модель изменения эффективности прикладных исследований в рамках инновационного проекта, учитывающую график финансирования НИР. Исследовать влияние нерегулярности финансирования исследований на эффективность инновационных проектов.
5. Предложить метод формирования портфеля инновационных проектов, учитывающий ресурсную взаимозависимость проектов.
6. Разработать программный инструментарий, позволяющий получать количественные оценки оптимального объема финансирования исследовательских работ инновационного проекта и степени ресурсной взаимозависимости проектов портфеля и разработать методику его использования.

**Объект исследования** - инновационные проекты и портфели проектов на стадии научно-исследовательских работ.

**Предмет исследования** - процедуры и индикаторы финансирования инновационных проектов и портфелей на стадии научно-исследовательских работ.

### **Соответствие исследования пунктам Паспорта специальности.**

Исследование выполнено в соответствии с п. 1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений» и п. 2.3 «Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях» Паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки).

### **Методология и методы исследования**

Теоретической основой исследования послужили основные положения экономической теории, теории систем и системного анализа. Методологическую базу исследования составили труды отечественных и зарубежных учёных в области теории вероятностей, портфельной теории, экономико-математического моделирования, теории оптимизации, инновационного менеджмента, исследования операций и другие разделы экономической науки. При решении конкретных задач использовались методы оптимизации и аппроксимации, нелинейного (квадратичного) программирования, методы портфельной теории, методы численного решения систем дифференциальных уравнений, модели развития науки и процессов обучения.

Обработка данных и построение модели осуществлялись с использованием приложений MS Excel и Mathcad. Программный инструментарий разработан на языке VBA.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили материалы научно-периодической печати, диссертации по экономике и в смежных областях науки, материалы научных конференций, стратегические планы Минэкономразвития РФ, отчёт о ходе финансирования проектов Комиссии при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России, данные ежегодных отчётов международных компаний, а также аналитические материалы, размещенные в сети Internet.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке целостного комплекса экономико-математических моделей, позволяющих повысить результативность и эффективность инновационных проектов за счёт лучшей обоснованности объёмов финансирования на стадии НИР.

Наиболее существенные научные положения исследования, вынесенные на защиту:

- 1) статическая модель влияния объёма финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта, построенная по аналогии с оценкой эффективности процедуры диагностики и контроля качества технических изделий и позволяющая оценить зависимость эффективности проекта от объёма финансирования научных исследований (с. 35-39, 43-62).
- 2) необходимые условия существования оптимального объёма финансирования научных исследований в рамках предложенной модели, заключающиеся в выполнении неравенств, зависящих от ожидаемых доходов (убытков) при возможных вариантах принятия решений о реализации проекта (с. 39-43).
- 3) динамическая модель поступления финансирования НИР с учётом возможных перерывов, суть которой сводится к учёту динамики поступления средств с использованием модели, основанной на дифференциальных уравнениях (с. 63-83).
- 4) Способ формирования портфеля инновационных проектов с учетом их ресурсной взаимозависимости, разработанный с использованием теории Г. Марковица, позволяющий решать задачи минимизации риска (максимизации дохода) портфеля проектов (с. 85-91).

Теоретическая и практическая значимость результатов состоит в дальнейшем развитии теории управления проектами в части адаптации теории Г. Марковица для решения задачи формирования портфелей инновационных проектов и разработке математических моделей для оценки зависимости эффективности инновационного проекта от объёмов финансирования научных исследований.

Практическая значимость исследования заключается в возможности широкого использования предложенных методов и моделей специалистами в области



планирования и формирования портфеля НИОКР как в виде самостоятельного средства анализа, так и войти одним из звеньев в цепочку отбора и экспертизы инновационных проектов.

Самостоятельное практическое значение имеют:

1. Статическая модель влияния объёма финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта.
2. Динамическая модель финансирования исследований инновационного проекта.
3. Метод количественного оценивания ресурсной взаимосвязанности проектов.
4. Прототип системы принятия решения (СПР), позволяющий решать задачу выбора объёмов финансирования прикладных исследований инновационного проекта и формирования портфелей взаимозависимых инновационных проектов.

Способ формирования портфеля инновационных проектов с учетом их ресурсной взаимозависимости и статическая модель поступления финансирования НИР с учётом возможных перерывов апробированы на реальных проектах в Обществе с ограниченной ответственностью «Объединённый центр исследований и разработок» при формировании портфеля проектов и оценке стоимости исследований по каждому инновационному проекту в отдельности.

#### **Степень достоверности, апробация и внедрение результатов исследования**

Достоверность результатов и выводов диссертационного исследования подтверждается их соответствием методологическим положениям экономической теории, применением комплекса методов аналитического исследования и моделирования, использованием методов математического анализа. Научные результаты подтверждаются практическими расчетами.

Основные результаты исследования докладывались, обсуждались и получили одобрительную оценку на следующих отечественных и зарубежных конференциях и семинарах: на Ежегодной студенческой научно-практической конференции «Информационные технологии в экономике, бизнесе, управлении» (Москва, ГУ-ВШЭ, 13 марта 2009 г); на 4-й Международной школе-симпозиуме «Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем» (АМУР-2010)

(г. Симферополь, Украина, ТНУ им. В.И. Вернадского, 13-19 сентября 2010 г.); на Международной конференции «Eurasia Business and Economics Society conference» («Экономический бизнес и бизнес-сообщество Евразии») (Istanbul, Turkey, EBES, 1-3 июня 2011 г.); на XII Международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества (Москва, НИУ-ВШЭ, 5-7 апреля 2011 г.); на Тридцать четвертом заседании Международной лаборатории анализа и выбора решений (Москва, ГУ-ВШЭ, 19 марта 2012 г.); на XIX Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт-Петербург, 1-3 июля 2015 г.); на Национальном конкурсе научных и инновационных работ по теоретической и прикладной экономике (Москва, РАН, Центральный Банк РФ, 17 октября 2011 г.).

Результаты научного исследования используются в практической деятельности общества с ограниченной ответственностью «Объединённый центр исследований и разработок»; при формировании портфеля проектов и оценке стоимости исследований по каждому инновационному проекту в отдельности. Практическое применение способа формирования портфеля инновационных проектов с учётом их ресурсной взаимозависимости и статической модели поступления финансирования научно-исследовательских работ с учётом возможных перерывов позволило повысить эффективность и обоснованность управленческих решений при формировании портфеля инновационных проектов, существенно снизить риски использования общих ресурсов, таких как лабораторное оборудование, комплектующие для сбора экспериментальных установок.

Внедрение результатов исследования подтверждено документами.

#### **Публикации по теме исследования**

По теме диссертационной работы опубликовано 7 работ, общим объёмом 4,26 п.л. (авторский объём 4,06 п.л.), в том числе 5 статей общим объёмом 3,06 п.л. (весь объём авторский), в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России.

**Структура и объём диссертации.** Структура диссертации обусловлена целью, задачами и логикой проведенного исследования, включает в себя введение, три главы, заключение, список использованной литературы, содержащий 132 источника

и 2 приложения. Текст диссертации изложен на 154 страницах, содержит 1 таблицу, 38 рисунков и 26 формул.

## II ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Исследованы и систематизированы методы и модели финансирования прикладных исследований инновационных проектов для обоснования оптимальных объемов финансирования исследовательских этапов инновационных проектов.**

В диссертации проводится анализ характеристик, признаков, типов, масштабов, областей внедрения и особенностей инновационных проектов. Подробно рассматриваются основные этапы разработки новых видов продукции: генерация идеи, прикладные исследования, реализация идеи. Показано, что на пути от научной идеи к производству инновационного продукта и последующей его коммерциализации встает ряд вопросов, зачастую связанных с отличительными чертами инновационных проектов. Из таких особенностей отмечены следующие: возможный пересмотр стратегии проекта; трудность выбора рационального объема финансирования; неопределенность возможности реализации инновационной идеи; нетрадиционные процессы в разработке новых видов продукции; специфические риски. Возможность решения данных вопросов на современном уровне развития науки и техники должна быть подтверждена или опровергнута прикладными научными исследованиями в рамках инновационного проекта. Эти исследования имеют конкретную задачу и проводятся, как правило, в ограниченной научной области. Таким образом, посредством прикладных исследований через сокращение неопределенностей снижают издержки на последующих этапах реализации инновации.

В диссертации рассматриваются методы и модели описания и финансирования прикладных исследований инновационных проектов (модель К. Кларка и С. Уилрайта «Воронка», модель Р. Купера «Ворота», модели Ф. Янсена, Р. Айзенсона, Чернавского Д.С., Щербакова А.В.). Анализируются их достоинства и недостатки, возможности использования отдельных подходов представленных моделей применительно к задачам, поставленным в исследовании.

На основании аналогии между проектами и ценными бумагами в контексте портфельной теории Г. Марковица, анализируется перспективность использования его идей для формирования портфеля проектов. Несмотря на сходство проектов и

ценных бумаг с точки зрения их прибыльности и рисков между ними имеются отличия. Особенно это касается взаимосвязей проектов использующих общие ресурсы. Поэтому теория Марковица не может быть механически перенесена на случаи инновационных проектов и требует дальнейшего развития, что и было реализовано в 3 главе диссертационного исследования.

Таким образом, в результате проведенного анализа сделан вывод, что современный уровень моделирования и формализации прикладных исследований в рамках инновационного проекта находится на стадии формирования. Существующие модели имеют весьма ограниченное применение. Поэтому дальнейшее развитие и понимание деталей исследовательского процесса является важной и актуальной задачей.

**Разработана статическая модель влияния объема финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта. Исследованы (в рамках предложенной модели) условия существования оптимального объема финансирования этапов НИР инновационного проекта.**

По аналогии с подходом Акофа Р. и Сасени М. для оценки эффективности процедуры диагностики и контроля качества технических изделий предложена и исследована математическая модель зависимости эффективности инновационного проекта от объема финансирования научных исследований по проекту.

В основе предлагаемой модели лежит следующая идея. Предполагается, что основной целью инновационного проекта является воплощение инновационной идеи в конкретный продукт либо услугу, обеспечивающее возврат инвестиций и получение прибыли. Выдвигается гипотеза - решение в достижении инновационной идеи, которая может быть как правильной, так ошибочной. Данная гипотеза, с учетом существующих технологических ограничений, подтверждается или опровергается на исследовательском этапе проекта. По результатам исследований принимается решение о закрытии, либо продолжении работ. Схема влияния прикладных исследований на эффективность инновационного проекта показана на рисунке 1 и в таблице 1.



Источник: разработано автором.

Рисунок 1 Влияние научных исследований на эффективность проекта

В работе рассматриваются 4 возможных варианта развития проекта в соответствии с таблицей 1 через пересечение событий  $A_i$  ( $A_1$  – инновация принципиально реализуема;  $A_2$  – инновация принципиально не реализуема) и  $B_j$  ( $B_1$  – принято решение о продолжении проекта;  $B_2$  – принято решение о закрытии проекта), осуществимые с некоторой вероятностью  $p_{ij}(r)$ . При этом лишь одно из 4 возможных событий принесет прибыль без учёта затрат на исследования. Таким образом возникает задача оценить зависимость эффективности проекта от объема финансирования научных исследований проекта.

Таблица 1 - Модель влияния результатов исследования на прибыль инновационного проекта

Априорные события	Возможные результаты прикладных научных исследований	Пересечение событий	Вероятность наступления события	Значения сопутствующей прибыли/убытка
Инновация принципиально возможна ( $A_1$ )	Принято решение о продолжении проекта ( $B_1$ )	$A_1 \cap B_1$	$p_{11}(r)$	$C_{11} \geq 0$
	Принято решение о прекращении проекта ( $B_2$ )	$A_1 \cap B_2$	$p_{12}(r)$	$C_{12} \leq 0$
Инновация принципиально невозможна ( $A_2$ )	Принято решение о продолжении проекта ( $B_1$ )	$A_2 \cap B_1$	$p_{21}(r)$	$C_{21} \leq 0$
	Принято решение о прекращении проекта ( $B_2$ )	$A_2 \cap B_2$	$p_{22}(r)$	$C_{22} \leq 0$

Источник: разработано автором.

Предложена формула (1) ожидаемой прибыли (убытка) инновационного проекта:

$$C(R) = \sum_{i=1,2} \sum_{j=1,2} P_i p_{ij}(r) \cdot c_{ij} - r. \quad (1)$$

где  $P_i = P(A_i)$  – априорная вероятность истинности проверяемой на исследовательском этапе гипотезы;

$P_2 = P(A_2) = 1 - P_1$  – вероятность ложности гипотезы;

$p_{ij}(r) = P(B_j | A_i)$  – условная вероятность правильности оценки реализуемости инноваций ( $\bar{p}_{12}(r) = 1 - p_{11}(r)$ ,  $\bar{p}_{21}(r) = 1 - p_{22}(r)$ );

$r$  – затраты на прикладные исследования в рамках инновационного проекта;

$C_{ij}$  – возможные значения прибыли или убытка на завершающих этапах проекта.

Произведения  $P_i p_{ij}(r) = P(A_i \cap B_j)$  в формуле (1) равны вероятности пересечения событий  $A_i \cap B_j$ .

Априорные вероятности  $P_1$  и  $P_2$  характеризуют принципиальную реализуемость инноваций и не зависят от исследований. Условные вероятности  $p_{ij}(r)$ , характеризующие правильность оценки реализуемости инноваций, зависят от полноты и тщательности проведенных прикладных исследований, которые в свою очередь, зависят от объема  $r$  финансирования исследований. В работе используется допущение, что с увеличением финансирования НИР растёт объём исследований и

достоверность получаемых результатов до некоторого естественного предела. После превышения некоторого объема финансирования скорость роста быстро уменьшается и стремится к нулю. Иными словами, зависимость достоверности прикладных исследований от объема финансирования, характеризующаяся вероятностями  $p_{11}(r), p_{22}(r)$  описывается s-образной кривой роста.

В рамках модели найдены необходимые условия существования оптимального объема финансирования исследовательского этапа проекта. Они заключаются в существовании решения уравнения (2):

$$P_1 p'_{11}(r)(c_{11} - c_{12}) + P_2 p'_{22}(r)(c_{22} - c_{21}) = 1 \quad \text{при } r > 0. \quad (2)$$

В работе показано, что для частных случаев (когда производные функций  $p_{ij}(r)$  убывают при  $r > 0$ ) необходимое условие заключается в выполнении неравенства:

$$P_1 p'_{11}(0)(c_{11} - c_{12}) + P_2 p'_{22}(0)(c_{22} - c_{21}) > 1$$

Проверка этого условия проще проверки существования решения уравнения (2):

В работе доказано, что равенство (2) выполняется, если для некоторого  $r > 0$  справедливо неравенство (3):

$$\min \{ p'_{11}(r)(c_{11} - c_{12}), p'_{22}(r)(c_{22} - c_{21}) \} > 1 \quad (3)$$

Это условие удобнее использовать на практике, поскольку не требуется знания априорных вероятностей  $P_1$  и  $P_2$ .

Модель становится более конкретной после выбора вида функций  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$ , которые описывают, каким образом вероятности правильного принятия решения о продолжении или прекращении проекта зависят от объема финансирования исследовательского этапа. В диссертационной работе считалось также, что при малых значениях (в начале исследований) вероятности  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$  растут медленно. Такое допущение оправдано тем, что на начальном этапе исследований осуществляется закупка оборудования, освоение методов и т.д., а результаты появляются позднее. Опираясь на исследования Яблонского А., Мартино Дж. П., Янча Э., Фостера Р., Модиса Т. и Ван дер Эрви М. и аналогию прикладных

исследований и процессов обучения и роста, в работе считалось, что изменение вероятностей  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$  можно описать s-образными кривыми, например, логистической функцией Перла или функцией Гомперца. В диссертационной работе вероятности  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$  описывались логистическими функциями. В работе показано, что во многих случаях вполне обоснованным является предположение о равенстве  $p_{11}(r) = p_{22}(r)$  этих функций (4).

$$p_{11}(r) = p_{22}(r) = p(r) = \frac{p_0}{p_0 + (1 - p_0) \cdot e^{-\lambda r}}, \quad (4)$$

где  $p_{11}(0) = p_{22}(0) = p_0$  – начальные значения вероятностей правильного принятия решений;

$\lambda$  – параметр, характеризующий форму (наклон) кривой (4) на участке интенсивного роста.

Формула ожидаемого дохода (1) можно представить в виде:

$$C(r) = \underbrace{P_1 c_{12} + P_2 c_{21}}_A - r + \underbrace{[P_1(c_{11} - c_{12}) + P_2(c_{22} - c_{21})]}_B p(r),$$

где  $A = P_1 c_{12} + P_2 c_{21}$  является ожидаемым доходом (убытком) при неправильном принятии решения о продолжении проекта;

$B = P_1 c_{11} + P_2 c_{22} - P_1 c_{12} - P_2 c_{21}$  – разность ожидаемого дохода при правильном и неправильном принятии решения о продолжении проекта

С учетом (4) уравнение (2) принимает вид (5):

$$-e^{-2r\lambda} (1 - p_0)^2 + (1 - p_0) p_0 (B\lambda - 2) e^{-r\lambda} - p_0^2 = 0 \quad (5)$$

Уравнение (5) имеет два вещественных решения (6):

$$r_{1,2} = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{p_0 \cdot (B\lambda - 2 \pm \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2(1 - p_0)} \right) \quad (6)$$

Анализ формулы (6) и знаков производной  $C'(r)$  позволил следующим образом классифицировать вид функции  $C(r)$  в соответствии с рисунком 2:

1. Оба корня находятся в положительной области, когда выполняется неравенство

$$\frac{p_0 \cdot (B\lambda - 2 + \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2(1 - p_0)} > 1 \quad \text{или} \quad \text{неравенства} \quad 0 < p_0 < 0.5, \quad 4 < B\lambda < \frac{1}{p_0(1 - p_0)}, \quad \text{что}$$



означает недостаточно высокий уровень научно-технических знаний, достигнутых к началу исследований в данной прикладной области, рисунок 2.а.

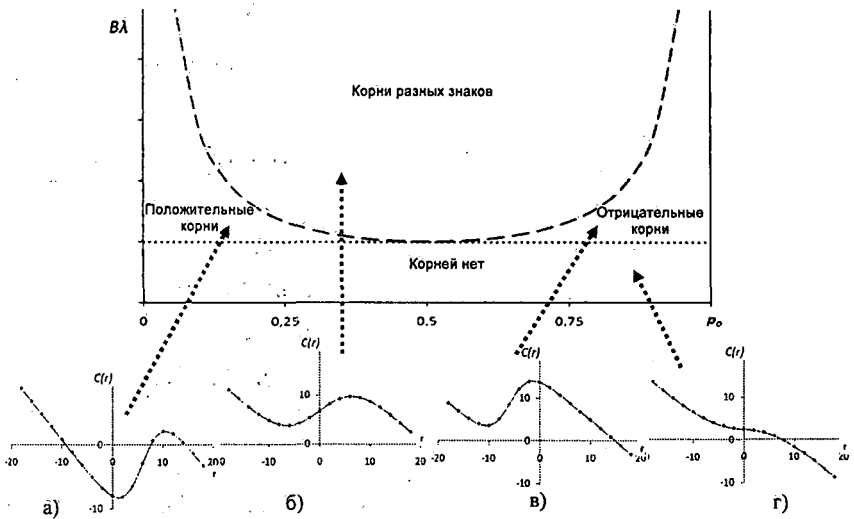
2. Производная  $C'(0) > 0$  – существует два корня разных знаков соответствующие минимуму и максимуму прибыли всего проекта в соответствии с рисунком 2.б.

3. Оба корня находятся в отрицательной области, если выполняется неравенство

$$\frac{p_0 \cdot (B\lambda - 2 - \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2(1 - p_0)} < 1 \text{ или неравенства } 0.5 < \bar{p}_0 < 1, \quad 4 < B\lambda < \frac{1}{p_0(1 - p_0)}. \text{ Это}$$

означает, что дополнительные исследования нецелесообразны, пик прироста знаний пройден как показано на рисунке 2.в.

4. Уравнение (5) не имеет корней,  $C'(r) < 0$  для всех  $r$  и функция  $C(r)$  монотонно убывает с ростом  $r$ , т.е. дальнейшие исследования нецелесообразны, поскольку не приводят к увеличению прибыли, проект не является инновационным, что показано на рисунке 2.г.

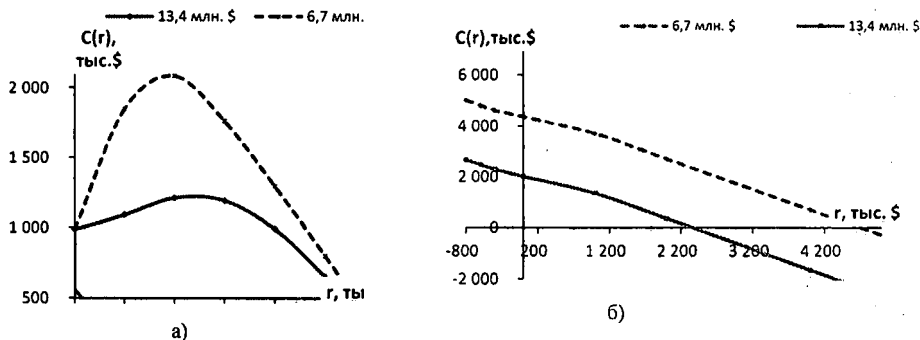


Источник: разработано автором.

Рисунок 2 - Схематичное изображение вариантов влияния финансирования исследований на эффективность проекта

### Проведена валидация предложенной модели на реальных инновационных проектах.

Предложенная модель успешно апробирована на реальных инновационных проектах компании Nokia. Это разработка цифрового мобильного телефона Nokia 6100 и аналогового мобильного телефона Nokia 650. Данные по стоимости этих проектов и экспертные прогнозы промоделированы и получены следующие результаты: для каждого проекта был осуществлен поиск оптимального финансирования: для Nokia 6100 – это диапазон от 1 до 1,3 млн. \$ как показано на рисунке 3а, а для Nokia 650 – он не найден, как показано на рисунке 3б, проект признан не прибыльным. Полученные результаты подтверждают данные о продажах телефонов в соответствии с таблицей 2.



Источник: разработано автором.

Рисунок 3 - График функции  $C(r)$  для проектов Nokia 6100 (а) и Nokia 650 (б)

Таблица 2 - Данные о проектах Nokia 6100 и Nokia 650

Название телефона	Стоимость разработки, млн. \$	Средняя цена, \$	Объём Продаж, млрд. \$	В продаже	Сеть	Число абонентов сети, млн. чел.		Оптимальная стоимость исследований млрд. \$
						1999г.	2001г.	
Nokia 6100	от 6,7 до 13,4	220	6,6	1998-2003 гг.	GSM	135	500	1-1,3
Nokia 650	от 6,7 до 13,4	330	6	1999-2001 гг.	NMT-450	1,77	< 1	-

Источник: разработано автором.

Апробация результатов подтверждает, что построенная модель позволяет оптимизировать объём финансирования научных исследований, что способствует повышению эффективности инновационных проектов.

Разработана динамическая модель изменения эффективности прикладных исследований в рамках инновационного проекта, учитывающая график финансирования НИР. Исследовано влияние нерегулярности финансирования прикладных исследований на эффективность инновационных проектов.

В вышеописанных моделях не рассматривалась динамика поступления средств на проведение исследовательского этапа инновационного проекта. Принимался во внимание только общий объём финансирования на весь период исследований. Однако график поступления финансовых средств, возможные перерывы в финансировании, сопутствующий перерывам регресс прикладных научных исследований оказывают заметное влияние на результативность исследований. Поэтому в работе была предложена следующая динамическая модель финансирования исследований инновационного проекта в виде системы дифференциальных уравнений (7):

$$\begin{cases} \dot{p} = \frac{p \cdot (L(r, p_0, \lambda) - p)}{T_1} \\ \dot{r} = v(t) \end{cases}, \quad (7)$$

$$\text{где } L(r, p_0, \lambda) = \frac{p_0}{e^{-\lambda r} (1 - p_0) + p_0},$$

$r(t)$  - средства, полученные на проведение исследований к моменту  $t$  с начала финансирования;

$v(t)$  - скорость поступления средств (руб./ месяц);

$T_1$  - постоянная времени, определяющая скорость приближения  $p(t) = p(r(t)) = p_{11}(r(t)) = p_{22}(r(t))$  к заданному (статическому) значению  $L(r(t), p_0, \lambda)$ .  $T_1$  характеризует сложность исследований.

Регресс исследований из-за отсутствия финансирования при  $t_1 < t < t_2$  моделировался заменой первого уравнения системы (7) на уравнение:

$$\dot{p} = \frac{1}{T_{\text{пер}}} (p_{\text{осм}} - p),$$

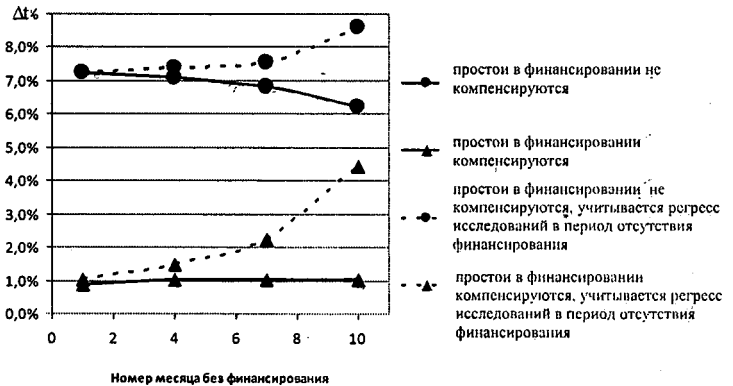
где  $T_{pec}$  - величина, характеризующая скорость регресса (убывания вероятности принятия правильного решения  $p(t)$ );

$p_{ост}$  - остаточный (неснижаемый) уровень эффективности исследований.

В работе рассматривался вариант компенсации отсутствия финансирования исследований на интервале  $[t_1, t_2]$  за счет увеличения интенсивности финансирования со скоростью  $v \cdot \frac{T-t_1}{T-t_2}$  вместо  $v$  на интервале  $[t_2, T]$ , где  $T$  -

длительность исследовательского этапа.

С использованием математического моделирования исследовано влияние нерегулярности финансирования исследований на их эффективность. Моделирование показало, что в зависимости от сложности исследований заданная вероятность достигается на 8-40% позже расчетного срока. Компенсация (более интенсивное финансирование) после завершения периода без финансирования снижает задержку окончания проекта примерно до 1% и, практически полностью, устраняет зависимость этой задержки от положения перерыва в финансировании.



Источник: разработано автором.

Рисунок 4 - Задержка окончания исследований из-за перерыва в финансировании

Из представленных на рисунке 4 данных видно, что учет регресса эффективности исследований на интервалах без финансирования принципиально меняет вид зависимости увеличения продолжительности исследований от положения

перерыва в финансировании, что целесообразно учитывать при планировании исследовательского этапа инновационного проекта.

**Проанализирован и предложен метод формирования портфеля инновационных проектов, учитывающий ресурсную взаимозависимость проектов.**

В диссертационной работе рассмотрена задача формирования портфеля инновационных проектов, использующих общие ресурсы организации и предложен метод количественного оценивания ресурсной взаимосвязанности проектов. Предлагаемый метод позволяет ставить и решать задачи формирования оптимального портфеля инновационных проектов по аналогии с портфельной теорией Марковица Г. для ценных бумаг.

Аналогия основана на том, что ценные бумаги и проекты характеризуются ожидаемым доходом и риском. Отличия заключаются в том, что при формировании портфеля ценных бумаг можно выявить статистическую связь между доходностью различных ценных бумаг по результатам прошлых торгов. При формировании портфеля проектов оценить зависимости между проектами статистическими методами невозможно, так как каждый инновационный проект уникален. Суть предлагаемого метода заключается во введении коэффициента взаимосвязи проектов, который может рассматриваться как аналог коэффициента корреляции доходности акции в портфельной теории Марковица Г.

Портфель, формируемый из  $n$  проектов задается вектором  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ , компоненты которого принимают значения 0, если соответствующий проект не включается в портфель, или 1, если соответствующий проект включается в портфель. Портфель проектов так же имеет ожидаемый доход и связанный с ним риск.

Коэффициент взаимосвязи  $\rho_{jst}$  между  $i$  и  $j$  проектами по ресурсу  $s$  на этапе  $t$  предложено рассчитывать по формуле:

$$\rho_{jst} = 1 - \frac{R_{st} - \sum_{m=1}^n r_{mst}}{r_{ist} + r_{jst}}, \quad m \neq i, j, r_{ist} + r_{jst} > 0,$$

где  $R_{st}$  — имеющееся в наличии количество  $s$ -го ресурса на этапе  $t$ ,

$r_{ist}$  — объем ресурса типа  $s$ , требуемого для реализации  $i$ -го проекта на этапе  $t$ .

При формировании портфеля проектов предложено использовать усредненный по всем видам ресурсов коэффициент взаимосвязи:

$$\rho_{ji} = \frac{\sum_{s=1}^k \rho_{jis}}{k},$$

где  $k$  – количество типов различных ресурсов.

Риск портфеля проектов  $D$  предложено рассчитывать как сумму риска портфеля проектов  $D_i$  без учёта их ресурсной взаимозависимости, рассчитанного на основе традиционных методов, не учитывающих временной аспект стоимости денег, и поправки  $d_i$  учёта ресурсной взаимозависимости в течение одного интервала  $t$ :

$$D = \sum_{i=1}^r (D_i + d_i)$$

Поправка учёта ресурсной взаимозависимости вычисляется по формуле:

$$d_i = \sum_j^n \sum_j^n x_i x_j \rho_{ji} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}, \quad i \neq j,$$

где  $\rho_{ji}$  – усредненный по всем видам ресурсов коэффициент взаимосвязи;

$x_i, x_j$  – компоненты вектора  $x$ ;

$D_i$  и  $D_j$  – дисперсия дохода проектов  $i$  и  $j$  соответственно,

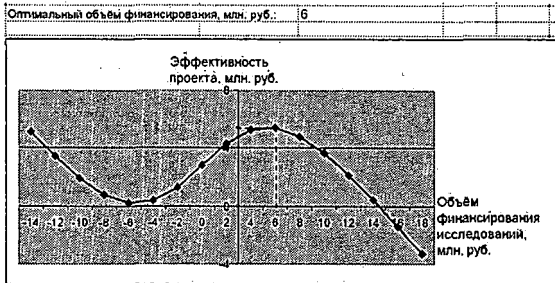
В работе на примерах показано, что коэффициент взаимосвязи адекватно оценивает влияние одного проекта на другой за счёт дефицита или избытка ресурсов. Использование коэффициента взаимосвязи позволяет избежать ошибок при формировании портфеля, которые могут появиться из-за того, что не учитывается необходимость использования общих ресурсов различными проектами.

**Разработан программный инструментарий, позволяющий получать количественные оценки оптимального объёма финансирования исследовательских работ инновационного проекта и степени ресурсной взаимозависимости проектов портфеля и разработана методика его использования.**

Анализ отдельных инновационных проектов с последующим формированием из них портфеля представляет сложную и трудоёмкую работу. В диссертации на

основе разработанных моделей предложен новый программный модуль, написанный на языке VBA, представляющий собой прототип системы принятия решения (СПР).

Результатом работы системы является значение оптимального объема финансирования инновационного проекта и графическое представление зависимости эффективности инновационного проекта от объемов финансирования, как показано на рисунке 5.



Источник: разработано автором.

Рисунок 5 - Графическое представление зависимости эффективности инновационного проекта от объемов финансирования прикладных исследований по проекту (форма вывода данных)

При работе с портфелем проектов СПР позволяет оценить перспективы различных вариантов портфеля проектов по их общей зависимости от одних и тех же ресурсов. Результатом этой оценки является добавочная поправка учёта взаимозависимости  $d_i$  каждого портфеля, которая в случае  $d_i < 0$  понизит риск портфеля, а в случае  $d_i \geq 0$  – увеличит его.

В третьей главе приведены примеры использования СПР, когда имеются 3 проекта, и рассматривается возможность включения их в портфель предприятия. По каждому проекту составлены необходимые ресурсные затраты и рассмотрены все возможные комбинации включения проектов в портфель: когда портфель состоит из всех 3 проектов или из различных комбинаций двух проектов. Анализ результатов в соответствии с рисунком 7 показал:

1) при условии, что в портфель входят все предложенные проекты, выявляется нехватка как материалов, так и людских ресурсов, что ведет к высокому значению

добавочной поправки учёта взаимозависимости (0,13), при максимальном уровне суммарного портфельного дохода (159 836 руб.).

2) при условии, что портфель состоит из 2-го и 3-го проектов также наблюдается нехватка обоих ресурсов, хотя и не такая высокая как в первом случае. Добавочная поправка учёта взаимозависимости получается положительной, но уже на порядок меньше (0,036) первого варианта, а предполагаемый доход портфеля снизился всего на 9% (146 516 руб.).

3) при условии, что портфель включает 1-й и 2-й проекты, материалов и людских ресурсов более чем достаточно. Как следствие, добавочная поправка учёта взаимозависимости ниже нуля (-0,04). Это говорит о том, что, выполняя 1-й и 2-й проекты одновременно, предприятие не рискует оставить проекты с дефицитом ресурсов.

Проекты, входящие в портфель	Итого требуется 1 ресурса, руб.	Всего имеется 1 ресурса, руб.	Итого требуется 2 ресурса, руб.	Всего имеется 2 ресурса, руб.	Суммарный доход портфеля, руб.	Поправка учёта взаимозависимости
1,2,3	24 000	20 000	600 000	270 000	159 836	0,1301
2,3	22 000	20 000	550 000	270 000	146 516	0,0360
1,3	18 000	20 000	450 000	270 000	119 877	0,0116
1,2	8 000	20 000	200 000	270 000	53 279	-0,0405

Источник: разработано автором.

Рисунок 7 - Результат формирования портфеля взаимозависимых проектов (форма вывода данных)

В работе приведены примеры использования СПР для решения задач поиска минимума риска или максимума дохода портфеля.

### III ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От выбора инновационного проекта во многом зависит будущее компании. Поэтому ответственный подход к составлению портфеля проектов в сопоставлении с возможностями компании, оценивание перспектив каждого отдельного направления является нормой для успешного предприятия. Рассмотреть данные процессы с научной точки зрения, вычленив в них закономерности и зависимости, и придать им вид гибкого программного средства являлось целью диссертационной работы. Проведенные исследования дали следующие научные и практические результаты:



- 1 Предложена математическая модель, позволяющая оценить зависимость эффективности инновационного проекта от объема финансирования научных исследований проекта.
- 2 Для частных случаев найдены условия существования оптимального объема финансирования исследовательского этапа инновационного проекта.
- 3 Исследованы частные случаи зависимости результативности исследовательского этапа от объема финансирования.
- 4 Проведена валидация статической модели на примере инновационных проектов компании Nokia.
- 5 Предложена динамическая модель изменения эффективности прикладных исследований в рамках инновационного проекта с учетом перерывов в финансировании.
- 6 Исследовано влияние нерегулярности финансирования исследований на их эффективность.
- 7 Предложен метод формирования портфеля проектов с учетом ресурсной взаимозависимости проектов.
- 8 Разработан программный инструментарий в виде прототипа системы принятия решения, реализующий предложенные методы и модели, предоставляя результаты в виде количественной оценки и в удобном пользовательском интерфейсе (MS Excel).

#### IV СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России:

1. Шомова, Е.Н. Влияние объема финансирования научных исследований на эффективность инновационного проекта / Е.Н. Шомова // Транспортное дело России. - 2010. - №5 (78). – С.25-27. (0,56 п.л.).
2. Шомова, Е.Н. Модель формирования оптимального портфеля взаимозависимых инновационных проектов / Е.Н. Шомова // Управление проектами и программами. - 2011. - №4 (28). – С. 262-269. (0,7 п.л.).

3. Шомова, Е.Н. Вероятностная модель влияния финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта / Е.Н. Шомова // Проблемы управления. - 2013. - №3. – С. 27-32. (0,7 п.л.).

4. Шомова, Е.Н. Модель учёта регресса исследований в период отсутствия финансирования / Е.Н. Шомова // Проблемы управления. - 2014. - № 3. – С. 44-48. (0,6 п.л.).

5. Shomova E. Dependence of the efficiency of applied research on the funding dynamics (Зависимость эффективности прикладных исследований от динамики финансирования) [Электронный ресурс] / E. Shomova // Applied Mathematical Sciences, Vol. 8. – 2014. - № 21. - pp.1045-1052 – режим доступа: <http://www.m-hikari.com/ams/ams-2014/ams-21-24-2014/shomovaAMS21-24-2014.pdf> (0,5 п.л.) (дата обращения: 14.02.2015).

Статьи, опубликованные в других научных изданиях и журналах:

6. Шомова, Е.Н. Математическая формализация задачи формирования портфеля взаимозависимых проектов / Е.Н. Шомова, А.П. Кирсанов // Сборник докладов XII Международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. – С 477-484. (0,5/0,3 п.л.).

7. Шомова, Е.Н. Модель формирования оптимального портфеля взаимозависимых инновационных проектов / Е.Н. Шомова // Сборник работ победителей национального конкурса научных и инновационных работ по теоретической и прикладной экономике (Москва, 2012 г). – СПб.: Первый класс, 2012. – С.168-176. (0,7 п.л.).

Подписано в печать 25.12.2015  
Объем 1,5 усл.п.л.  
Тираж 120 экз. Заказ № 146  
Отпечатано в типографии «Реглет»  
г. Москва, пр-т Мира, д.38  
+7(495)979-98-99, [www.reglet.ru](http://www.reglet.ru)

10 c