

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего образования  
«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»**

*На правах рукописи*

**Шомова Елена Николаевна**

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

Специальность 08.00.13 - Математические и инструментальные методы  
экономики

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель:  
кандидат экономических наук, доцент  
Гринева Наталья Владимировна

Москва – 2015

## Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Основные характеристики и особенности инновационных проектов .....	14
1.1 Инновационные проекты. Типология. Области внедрения.....	14
1.2 Особенности инновационных проектов .....	16
1.3 Методы и модели описания прикладных исследований инновационных проектов .....	24
1.4 Формирование портфеля взаимозависимых инновационных проектов .....	31
1.5 Выводы.....	33
Глава 2 Влияние объема финансирования научных исследований на эффективность инновационного проекта .....	35
2.1 Модель влияния объема финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта.....	35
2.2 Условия существования оптимального объёма финансирования прикладных исследований.....	39
2.3 Классификация видов функции зависимости эффективности инновационного проекта от объема финансирования научного исследования этого проекта для различных значений входящих в нее параметров .....	43
2.3.1 <i>Использование логистической функции в качестве параметра моделирования .....</i>	<i>43</i>
2.3.2 <i>Исследование поведения функции <math>C(r)</math> в зависимости от входных параметров .....</i>	<i>45</i>
2.4 Апробация модели влияния объема финансирования на примере международной компании Nokia Corporation.....	57
2.5 Зависимость эффективности прикладных исследований от динамики поступления средств.....	63
2.5.1 <i>Динамическая модель зависимости эффективности исследований от финансирования инновационного проекта .....</i>	<i>63</i>

2.5.2 Учет компенсации недополученных за период без финансирования средств .....	72
2.5.3 Модель учета регресса исследований в период отсутствия финансирования .....	79
2.6 Выводы.....	83
Глава 3. Модель формирования портфеля взаимозависимых инновационных проектов.....	85
3.1 Математическая формализация задачи формирования портфеля взаимозависимых проектов.....	85
3.2 Способ учета ресурсной взаимозависимости проектов в портфеле.....	87
3.3 Использование СПР для формирования портфеля проектов.....	91
3.4 Примеры использования СПР .....	93
3.5 Выводы.....	101
Заключение .....	102
Список литературы .....	104
Приложение А. Варианты использования СПР .....	118
Приложение Б. Код программного средства прототипа системы поддержки принятия решения .....	125

## Введение

**Актуальность темы 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 научной разработанности проблемы.** Большой вклад в решение вопросов формирования, оптимизации и управления портфелем проектов внесли как отечественные, так и зарубежные ученые: Арчибальд Р.Д. [6], Бурков В.Н. [11, 13, 41], Воропаев В.И. [17], Грей К.Ф. [28], Кендалл Дж. И. [23], Кузьмицкий А.А. [34], Купер Р.Г. [76, 79], Ларсон Э.У., Радулеску З. [98], Фрейм Дж. [83], Хосли В. [88], 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.

Широкое распространение получили модели Г. Марковица [87], 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. [124]. Однако ввиду сложности составления ковариационной матрицы доходностей проектов, применять эти модели на практике затруднительно.

Математическим подходам к проблеме формирования портфеля проектов, моделям оценки его эффективности, оптимального распределения ограниченных ресурсов посвящен ряд работ Баркалова С.А. [8, 9], Буркова В.Н. [10, 12, 13], Кузнецова А.В. [59], Лукаевича И.Я. [36, 37], Матвеева А.А. [38, 39, 40], Новикова Д.А. [39, 40, 44, 45], Цветкова А.В. [16, 30, 60], Дж. Эдвард Фокса [84], Дёмкина И.В. [21, 22] 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 со стороны исследователей, который в основном касается вопросов выявления источников взаимозависимости. Этому посвящены работы Аакера Д. [125], Баркалова С.А. [8, 9] и Мыльников Л.А. [123]. Рассмотрев семь проектов, использующих общие ресурсы, Верма Д. и Синха К. [82] разработали теоретическую основу определения взаимозависимостей проектов через классификацию и понимание взаимосвязей между ними. У Дикинсона М. и Торнтон А. [91] описана модель компоновки портфеля проектов с помощью матрицы зависимости, позволяющей пропорционально поделить доход от взаимосвязи проектов. Работа Демкина И.В. [19], 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 ученых как Александрова Т.В. [2], Аньшин В.М. [3, 5], Басс Ф. [72], Валента Ф. [15], Голубев С.А. [2], Коссов В.В. [32, 33], Купер Р. Г. [75, 77, 78], Павитт К. [114], Полтерович В.М. [46, 47], Санто Б. [53], Фатхутдинов Р.А. [58], Шумпетер Й. [65], Яковец Ю.В. [68], 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.

Еще много ученых исследовали отдельные аспекты управления НИР. Так, связь между затратами на исследования и конечной прибылью промышленных компаний, рассматривалась в работах Бреннера М. и Раштона Б. [73], где была выявлена статистическая зависимость между ростом объема продаж и уровнем инвестиций в НИР. Гриличес Ц. [86] также выявил положительное влияние увеличения финансирования исследовательских работ на производительность труда. Работы Новикова Д.А. и Суханова А.Л. [122], посвященные разработке моделей и методов комплексного оценивания прикладных научных проектов, отражают специфику научных проектов в ВУЗе. В работах Ц. Грилихеса, Э. Мэнсфилда [115, 116], 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 прикладными исследованиями и эффективностью инновационного проекта и обладающие прогностическими свойствами остаются актуальными.

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

**Цель исследования** 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 исследования.** 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 Проанализировать и 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).

**Теоретическое значение исследования** 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» (ООО «РН-ЦИР») 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 учетом их ресурсной взаимозависимости и статической модели поступления финансирования НИР 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.

#### **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 объем диссертации.** Диссертационное исследование 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.

## **Глава 1 Основные характеристики и особенности инновационных проектов**

### ***1.1 Инновационные проекты. Типология. Области внедрения***

В последнее десятилетие термин «инновация» начал активно употребляться не только в научной и профессиональной среде, но и за ее пределами. Впервые термин «инновация» был введен Йозефом Шумпетером [65].

Согласно Й. Шумпетеру к инновации можно отнести:

- 1) Использование новой техники, новых технологических процессов или нового рыночного обеспечения производства.
- 2) Изготовление продукции с новыми свойствами.
- 3) Использование нового сырья.
- 4) Изменение в организации производства и его материально-технического обеспечения.
- 5) Появление новых рынков сбыта.

Важно отметить, что, согласно Й. Шумпетеру, пока все вышеизложенные изменения не коммерциализуются, они останутся изобретениями. Когда изобретение успешно внедрено приносит пользу, оно становится инновацией. Аналогично Й. Шумпетеру высказывается Б. Твисс [99], определяя инновацию как процесс, в котором изобретение или идея приобретают экономическое содержание.

В работе Макарова [129] идея представляется в виде пары  $(v, c)$ , где  $v$  – суммарная за всё время полезность идеи, если она будет реализована,  $c$  – затраты на ее реализацию. Идея становится инновацией только после реализации.

Источником идей для инновации могут быть [100]:

- открытие, научная идея, научная теория, явление;
- изобретение, последовательность изобретений, лицензии;
- рационализаторские предложения.

Однако, эффект от самого передового изобретения обнаруживается только посредством производства продукта, обладающего более совершенными характеристиками, пониженной себестоимостью и временем вывода на рынок. Значимость этого эффекта должна превысить дополнительные затраты и риски, связанные с введением новых технологий. С практической точки зрения важное значение имеют процессы трансформации научных идей в производство инновационного продукта и последующей коммерциализации, превращающие продукт в источник дохода.

Таким образом, процесс становления инновации можно условно разделить на две фазы:

*Создание инновации.* Сюда входят этапы прикладных научных исследований, опытно-конструкторских работ, оценка результатов и последующая организация производства.

*Коммерциализация (распространение) инновации.* Включает перераспределение общественно-полезного эффекта между производителями нововведения и потребителями; реализуется полезный эффект нововведения.

Инновации можно охарактеризовать по типу выполняемых работ. Работы могут быть теоретическими (фундаментальные исследовательские работы), либо прикладными (прикладные исследовательские работы) [27,18]. К фундаментальным исследовательским работам причисляют труды, носящие теоретический и экспериментальный характер. Они направлены на разработку терминологии, расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблематике, создание научного задела для последующего его воплощения в проектировании и прототипировании, зачастую являясь предпосылкой прикладных инновационных работ.

Прикладные исследовательские работы подразумевают создание какого-либо нового инновационного продукта, услуги, технологии, процесса, механизма или

внедрение его в различные области деятельности людей. Такие работы также называют проектными исследовательскими работами.

Область внедрения инноваций достаточно широка. Инновации могут затрагивать:

- маркетинг;
- организационно-управленческую структуру компании (процедуры взаимодействия между сотрудниками компании);
- новые продукты и процессы их создания и разработки.

Например, инновацией в области маркетинга будет платформа дополненной реальности, которая позволяет клиентам магазина визуализировать покупаемые товары в собственном доме. Инновацией в организационной структуре компании может быть усовершенствование системы электронного документооборота, способствующей повышению координации между взаимосвязанными филиалами и созданию из них целостной функциональной и производственной единицы. Если целью инновации является создание продукта, то результатом инновации будут усовершенствованные характеристики, новые программно-аппаратные решения и т.д.

В данной работе рассматриваются инновации в области создания и разработки нового продукта.

### ***1.2 Особенности инновационных проектов***

Активизация инновационной деятельности на пороге и в течение 21 века очевидна [85, 92]. Примером могут послужить следующие инновации: спутниковая навигация GPS (военно-морская исследовательская лаборатория США 1974), солнечная электростанция (Serre 1995), хлебопечка (Panasonic Corporation 1987), MP3-плеер (SaeHan Information Systems 1997), цифровой фотоаппарат (Fuji 1988), цветной плазменный дисплей (Fujitsu 1992), цифровое спутниковое радио (iBiquity Digital 2001), гиперзвуковой летательный



аппарат: Boeing X-43 (программа NASA 2001) платформа Microsoft Tablet PC (Microsoft 2002) и др. Янсен [69] называет XXI век «эпохой инноваций». При этом России, обладающей огромным научным и образовательным потенциалом, принадлежит лишь 0,3% объема мирового рынка гражданской наукоемкой продукции, в то время как доля США составляет 36%, а Японии — 30% [3]. Такая ситуация говорит о недостатках как в стимулировании инновационной деятельности, так и в процессах овеществления отечественных научных идей. При этом достаточно много проектов заканчивается неудачей [101]. Это связано с особенностями инновационных проектов. Из таких особенностей можно отметить:

- 1) Возможный пересмотр стратегии проекта.
- 2) Трудность выбора рационального объема финансирования.
- 3) Повышенная неопределенность возможности реализации инновационной идеи.
- 4) Нетрадиционные процессы в разработке новых видов продукции.
- 5) Специфические риски.

Рассмотрим более подробно эти особенности.

*Возможный пересмотр стратегии проекта.* Стратегия инновационного проекта включает цели, задачи, анализ рынка, маркетинговый план, план производства, источники и объем трудовых и материальных ресурсов. Инновационное проектирование допускает получение отрицательных результатов в процессе научных исследований, что приводит к пересмотру если не целей, то методов и способов их достижения. При составлении стратегии проекта важно знать необходимый объем финансирования прикладных исследований и учитывать возможный дефицит или профицит одновременного использования одних и тех же ресурсов компании проектами на расчетный

период. Как правило, такой план опирается на мнения экспертной группы, что носит субъективный характер. Устранить или снизить субъективность можно путем внедрения формализованных методов, активно использующих математический аппарат и характеризующихся получением количественной оценки, удобной в дальнейшем использовании.

*Трудность обоснования объема финансирования инноваций.* Финансирование неапробированных идей и проектов связано с дополнительным риском [64]. Помимо перспективности предложенной идеи исполнитель должен обосновать свои возможности по преобразованию идеи в продукт. Поэтому, при оценке инновационного проекта, особое внимание уделяют внутреннему анализу таких активов и ресурсов исполнителя проекта как [69]:

- 1) Знания. Это самый важный актив для инновационных проектов. Ценность знаний зависит от возможности и доступности их использования.
- 2) Финансовые средства. Обеспечивают проведение необходимых исследований и работ по проекту.
- 3) Организационные и управленческие активы. Обеспечивают поддержание соответствующих национальных и международных стандартов качества на всех этапах развития проекта (управление качеством, вознаграждением, составлением смет).
- 4) Репутация (ожидания инвесторов). Положительный опыт выполнения инновационного проекта.

Наравне со знанием финансовые средства играют важную роль в реализации проекта. Объем финансирования исследований влияет на качество и безошибочность получаемого результата. Но, как отмечает ряд авторов [24, 26, 101], начиная с некоторого значения, увеличение объема финансирования прикладных исследований не приводит к дальнейшему росту эффективности

всего инновационного проекта. Следовательно, нахождение оптимума между необходимым объемом исследовательских работ и требуемыми ресурсами является важной задачей. В диссертационной работе исследуется зависимость эффективности прикладных научных исследований направленных на реализацию инновационного проекта от средств, вложенных в них.

*Повышенная неопределенность в реализации инновационного проекта.* Достижение необходимых характеристик инновационного продукта практически всегда сопряжено с некоторой неопределенностью в планах реализации проекта. Это объясняется тем, что до проведения прикладных исследований выявить наилучшую идею представляется крайне сложной и рискованной задачей. Принятие решения о воплощении идеи в инновацию должно быть подкреплено не только мнениями экспертов, но и результатами экспериментов, опытов, изысканий.

Для России типичной ситуацией является неполное (недостаточное) финансирование [102] или финансирование проектов сверх необходимого. Финансирование проектов сверх необходимого приводит к нецелевому расходованию средств и упущенной выгоде от эффективного вложения в другие проекты компании. По мнению журнала Science, значительное число инновационных проектов так и не были реализованы, потому что в них вкладывали слишком много денег [101].

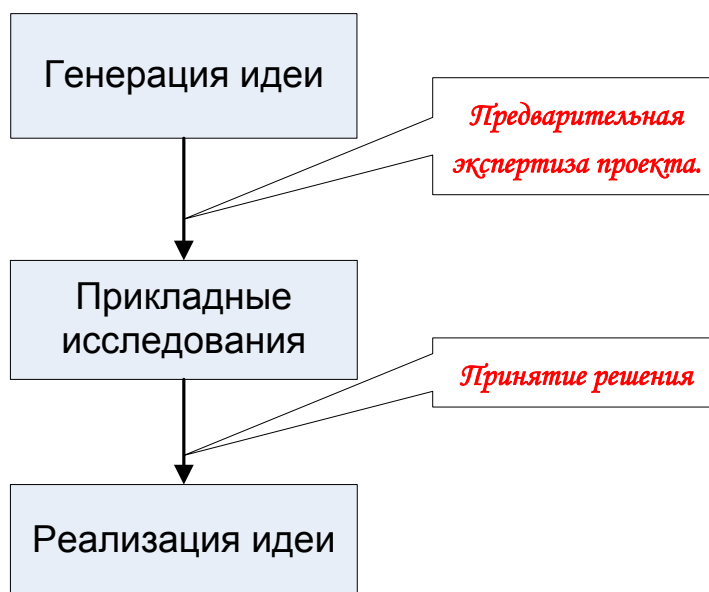
Недофинансирование инновационных работ приводит к сокращению числа необходимых исследований, экспериментов, возможному выбору не наилучшего варианта и даже к принятию ошибочных решений о ходе выполнения проекта. Последствия ошибочных решений, как правило, выявляются на более поздних этапах проекта, например на этапе изготовления. Это может привести как к дополнительным расходам времени и денежных средств, так и закрытию работ по проекту.

Вариант недофинансирования проекта может также привести и к приостановке работ. Перерывы в работе крайне негативно сказываются на инновационном проекте, т.к. многие исследования в силу своей специфики необходимо будет проводить заново, отдельные из них могут утратить со временем свою актуальность. В некоторых случаях возникает необходимость восстанавливать как результаты исследовательской работы, так и опытные лаборатории. В то же время приостановка финансирования вызывает отток высококвалифицированной рабочей силы, а, следовательно, утрату накопленного знания, на восстановление которого требуется дополнительное время и деньги.

*Нетрадиционные процессы в разработке новых видов продукции.* По мнению Дж. Мартино [103] процесс создания нового высокотехнологичного устройства включает следующие этапы:

- 1) генерация идеи;
- 2) лабораторные исследования;
- 3) разработка производственных образцов;
- 4) коммерческое внедрение;
- 5) широкое распространение в конкретной отрасли;
- 6) внедрение в других отраслях;
- 7) получение прочих социально-экономических результатов.

Так же Мартино подчеркивает, что данное разделение произведено для удобства и этапы могут быть объединены, что и было сделано в диссертационной работе в соответствии с рисунком 1.1.



Источник: данные из источника [103].

Рисунок 1.1 - Основные процессы разработки новых видов продукции

Исходной точкой исследовательского этапа являются сформулированные идеи (гипотезы), а по результатам исследований принимается решение о дальнейшей судьбе проекта. Решение может быть о дальнейшем внедрении полученных результатов (продолжении проекта), либо о невозможности реализации выдвинутой идеи (закрытии проекта). Рассмотрим подробнее эти процессы.

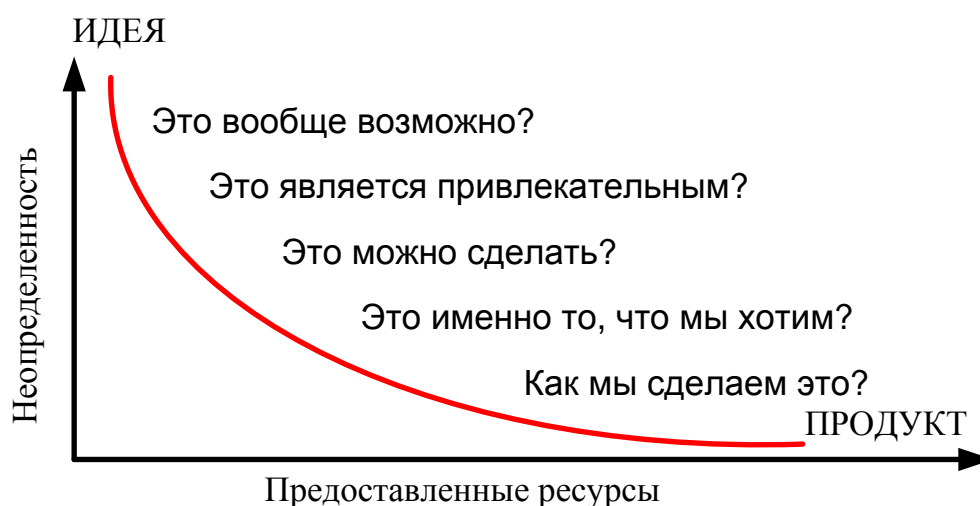
Основной целью процесса генерации идей является предложить гипотезы, способные решить поставленную задачу. Выдвинутые идеи (гипотезы) подлежат последующей фильтрации. Процесс отбора и оценки наиболее перспективных гипотез предполагает проведение необходимых прикладных исследований.

Предварительная экспертиза проекта играет важную роль в становлении инновации. Чтобы вовремя устранить малоэффективные варианты необходимо проведение технического и экономического анализа. По результатам оценки экспертами компания принимает решение приступить к проведению НИР или отказаться от дальнейшей реализации проекта.

В случае положительного решения определяется смета расходов (объем финансирования) на исследования.

В [104] утверждается, что между генерацией идеи и ее воплощением существует запаздывание от 3 до 24 лет. Ускорить путь от идеи до ее коммерческого использования призваны исследовательские работы.

Учитывая, что стоимость проекта возрастает от этапа к этапу, компании необходимо при помощи прикладных исследований выбрать из всех предварительно отобранных вариантов реализации идеи наиболее перспективные. Общее развитие прикладных исследований по инновационному проекту отражает рисунок 1.2 [69]. Для инновационных проектов характерна высокая степень неопределенности, которую, благодаря проводимым исследованиям, удастся снизить до приемлемого уровня.



Источник: данные из источника [69].

Рисунок 1.2 - Постепенное преобразование инноваций в продукты, за счет приобретения и использования знаний и уменьшения неопределенностей

При этом для инновационного проекта исследование и проектирование - это один из самых важных этапов, определяющий дальнейший успех всего проекта. Экономия на исследованиях может вызвать большие издержки и даже потери на последующих этапах.

Отдельно выделим принятие решения как выбор одного курса действий из множества осуществимых курсов действий (в нашем случае это выбор из гипотез

подвергнувшихся исследованиям) [103]. Чаще всего, лицу принимающему решения не известны все возможные варианты действий. Некоторые из вариантов близки между собой по смыслу, некоторые далеки от реального воплощения и т.п., следовательно, нет нужды рассматривать абсолютно все. В тоже время крайне важно, чтобы удачные варианты попали в зону рассмотрения. Таким образом, можно сделать вывод, что качество решения зависит от полноты знания, а уровень знания - от объема проводимой исследовательской работы, которая в свою очередь зависит от объема финансирования.

Так как каждая последующая стадия инновационного проекта делает его длиннее и дороже, необходимо установить достаточно ли у компании ресурсных возможностей и сколько нужно инвестировать в исследования сгенерированных идей. Учитывается также, что результат, получаемый в ходе использования ресурсов (денежных, людских, технических) в инновационный продукт, должен обладать значительным полезным эффектом. Минимальный используемый объем ресурсов, при котором достигается приемлемый результат исследований, находится в результате аналитической работы экспертов. Модели, предлагаемые в диссертации, направлены на формализацию процесса исследований, что совершенствует и упрощает работу экспертов.

Под реализацией идеи понимается переход от лабораторных исследований и экспериментов к промышленному выпуску. Процесс реализации должен подтвердить техническую и конструкторскую реализуемость внедряемой идеи за пределами лаборатории. Именно на данном этапе вскрываются потенциальные ошибки по результатам исследовательских работ.

В любых проектах присутствует доля риска и инновационные проекты не исключение. Отличие заключается в том, что помимо типовых рисков (кредитный риск, рыночный, производственный, риск ликвидности юридический риск, политический, операционный, коммерческий, отраслевой [7, 20, 35, 48, 50, 54, 51, 56, 57]) инновационным проектам присущи *специфические риски*:

- 1) Риск, связанный с вероятностью принципиальной не реализуемости проекта.
- 2) Риск, значительного отклонения характеристик проектируемого продукта от первоначально ожидаемых.
- 3) Риск, связанный с незапланированным увеличением трудоемкости решения некоторых задач научного характера и объема экспериментальных работ.
- 4) Риск, появления более совершенных конкурирующих продуктов.

Рассмотренные риски достаточно высоки на этапе генерации идей. Однако, в результате проведения прикладных исследований в рамках инновационного проекта, большинство из них снижается до допустимого уровня.

### ***1.3 Методы и модели описания прикладных исследований инновационных проектов***

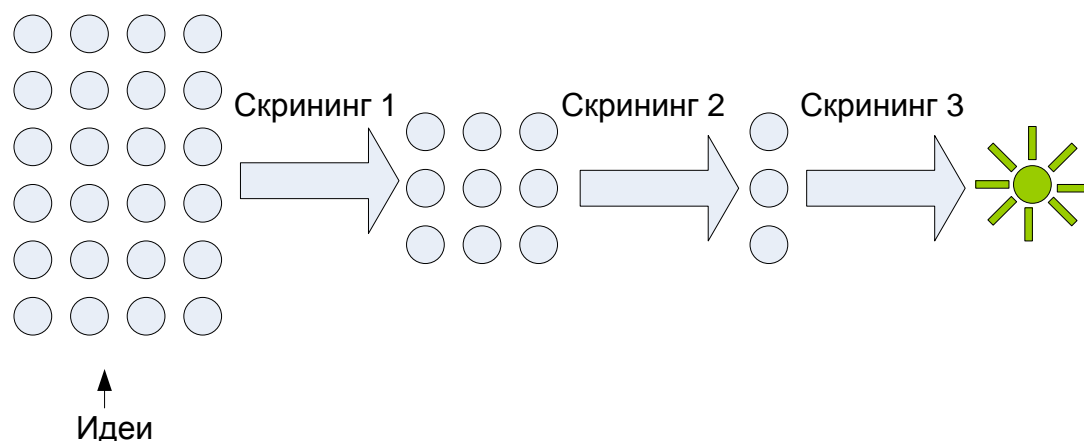
Для эффективной оценки и управления инновационными проектами разработаны различные инструменты и методы. Методы описания проектов можно условно поделить на качественные и количественные. Качественные методы - это методы описания при помощи экспертного анализа. Основная задача качественных методов - первичное выявление негативных факторов, источников риска, влияющих на проект, их идентификация и классификация. При этом качественный анализ является основой для дальнейшего применения количественных методов. Количественные методы характеризуются получением количественной оценки, которая является удобной в дальнейшем использовании. Количественные методы активно используют математический аппарат теории вероятностей, математической статистики и т.д.

Стивенс и Барлей изучив инновационные проекты с 1957 по 1997 годы показали [128], что из первоначально представленных 3000 идей их количество отсеивается до 300 (Ideas submitted). Далее из них формируют 125 небольших



проектов (Small projects) из которых только 9 перейдут в стадию значительной разработки (Significant developments), а в последствии только 4 в укрупненную разработку (Major developments). Из 4 проектов приблизительно 1,7 будут запущены в коммерческое производство и в среднем только один будет иметь успех.

Ким Кларк и Стивен Уилрайт описывают процесс прикладных исследований с помощью модели воронки [105]. Согласно данной модели исследования надо начинать с достаточно большого числа идей и достаточно быстро сужать круг предложений до перспективных вариантов в соответствии с рисунком 1.3.

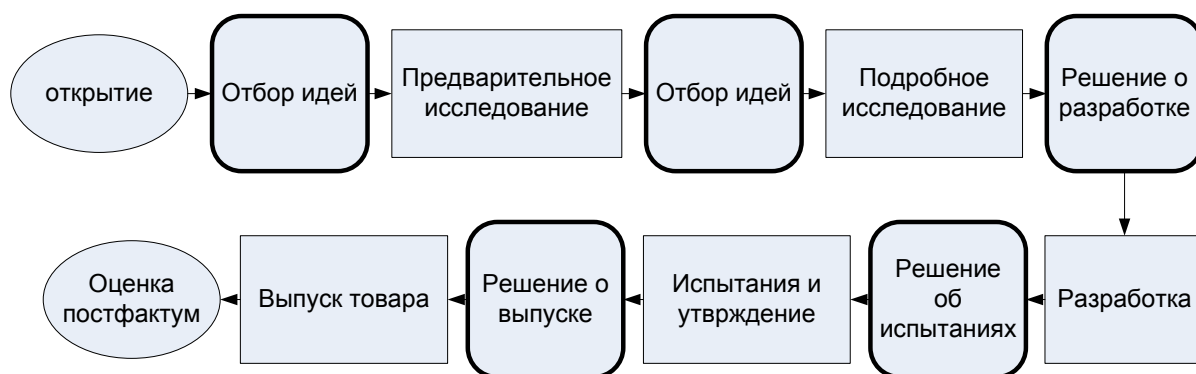


Источник: данные из источника [105].

Рисунок 1.3 - Модель Кларка и Уилрайта «Воронка»

Для достижения наилучшего эффекта модели необходимо увеличивать количество предлагаемых идей и оптимизировать процесс их фильтрации.

Модель, предложенная Купером [106], предполагает последовательное прохождение инновационной идеей этапов работ, каждый из которых завершается «воротами». «Ворота» представляют собой критерии оценки результатов, определяющих качество выполнения работы и служащих пропуском на последующий этап проекта. Особое внимание в модели уделяется важности принятия решения.



Источник: данные из источника [106].

Рисунок 1.4 - Модель Купера «Ворота»

Купер выделяет 5 таких «ворот» в соответствии с рисунком 1.4:

*Ворота №1* включают предварительный отбор идей с оценкой их технической реализации, прогноз возможных преимуществ; формирование стратегии, первоначального бюджета, составление требований к полученным результатам.

Во время *ворот №2* проводится подробный анализ аналогов, конкурентных преимуществ, составляется детальный план работ.

*Ворота №3* предшествуют дорогостоящему этапу разработки и обладают жесткими критериями утверждения или закрытия проекта. Они включают бизнес-анализ, анализ рисков.

Во время *ворот №4* проводится проверка качества опытного образца, коммерческой привлекательности полученного продукта, плана вывода товара на рынок.

Завершающие *ворота №5* отвечают за решение о запуске промышленного производства и выхода товара на рынок.

На ранних этапах нет исследований, поэтому принимаемые решения ориентируются на экспертные оценки.

Метод экспертных оценок. Метод носит более субъективный характер по сравнению с другими методами, так как опирается на мнения и интуицию группы

экспертов (квалифицированных специалистов соответствующих направлений) с последующей обработкой результатов опроса. Сущность данного метода состоит в том, что группа экспертов проводит комплексный анализ проекта, а именно выделяет группу рисков и их возможные последствия, предсказывает вероятности реализации инновации и пр. Одной из разновидностей экспертных методов является метод сценариев или метод формализованного описания неопределенностей [55, 20]. Он представляет собой построение как минимум трех возможных вариантов проведения проекта: пессимистический, оптимистический и наиболее вероятный. В каждом варианте исходную информацию преобразуют в вероятности реализации того или иного варианта.

Так как формализовать все стадии инновационного проекта не возможно без использования экспертных методов на современном уровне развития науки не обойтись. На ранних этапах инновационного проекта использование экспертных методов практически безальтернативно. Они ставят «опорные точки» для дальнейшего развития проекта: определяют актуальность работы, ее будущее место на рынке, возможные риски и трудности с которыми предстоит столкнуться компании.

В предложенной в работе модели также используются некоторые входные данные, полученные экспертными прогнозами, в том числе вероятности развития проекта после прикладных исследований. Экспертная оценка - это не решение, а лишь рекомендация, помогающая выбрать обоснованное решение. Недостатком метода является его субъективность. Достоинством метода является возможность его использования при отсутствии статистической информации, результатов исследований, экспериментов и достаточная простота реализации.

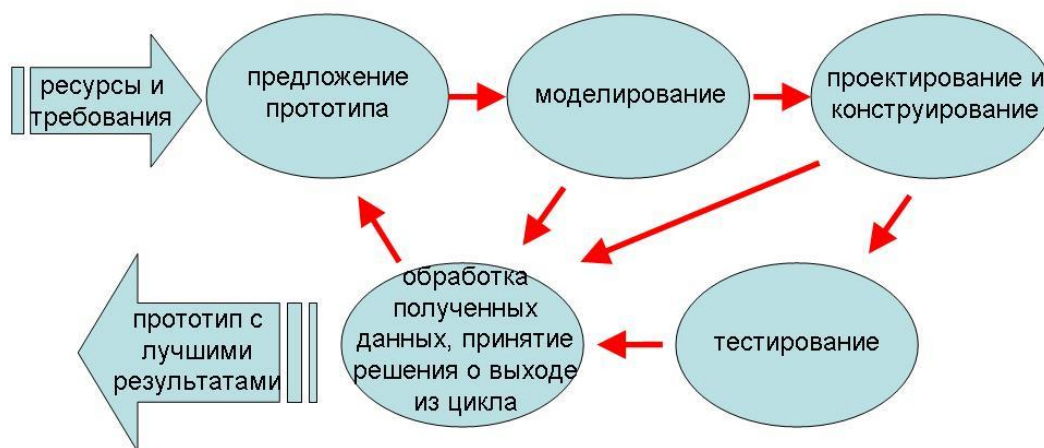
Отдельные черты моделей Купера и Кларка, Уилрайта процесса прикладных исследований использованы Янсеном [69]. У Янсена процесс прикладных исследований принимает циклический характер. На рисунках 1.5. и 1.6. показаны два варианта: длинный цикл и короткий цикл.



Источник: данные из источника [69].

Рисунок 1.5 - Длинный цикл исследовательских работ

Длинный цикл проводит каждую выдвинутую идею или гипотезу через все стадии цикла, позволяя разработчикам делать выводы после всех этапов цикла, повышая тем самым точность, стоимость и длительность этапа проектирования. Применимость такой модели полезна в некоторых медицинских исследованиях, когда на этапе тестирования могут обнаружиться непредсказуемые и интересные с точки зрения науки эффекты. Также такая модель целесообразна в случае, когда на этапе моделирования нет однозначного ответа о применимости или правильности выдвинутой гипотезы.



Источник: данные из источника [69].

Рисунок 1.6 - Короткий цикл исследовательских работ

Короткий цикл предполагает исключать гипотезу не прошедшую первое испытание моделированием или проектированием и конструированием.

На рынке высокотехнологичной продукции, где скорость вывода нового товара играет первостепенное значение, оправдано применение короткого цикла. Предложенная идея, не прошедшая моделирование, сразу отсекается, не втягиваясь в длительное и дорогостоящее конструирование. Ее сменяет следующая идея.

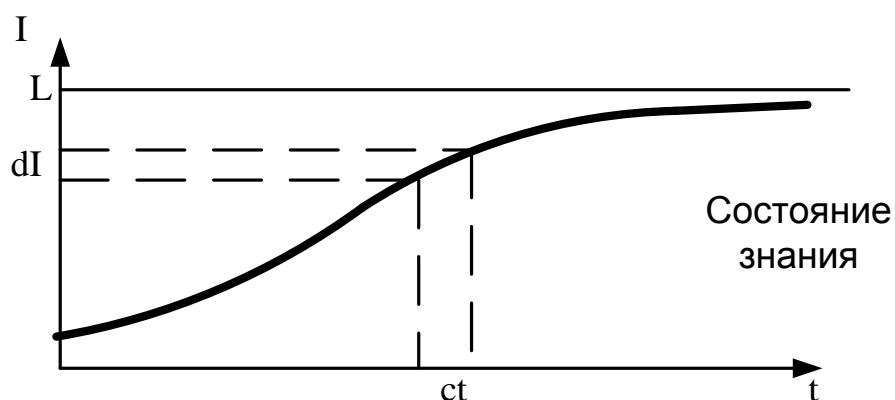
В обоих случаях определить количество циклов, т.е. полноту исследований, представляется важной задачей. Данный вопрос подробно рассматривается во второй главе диссертации. Оценить возможность проведения работ с точки зрения их ресурсной взаимозависимости с другими проектами предлагается в третьей главе.

Дж. Мартино предлагает преодолевать недостатки упрощенных моделей, разрабатывая методы и модели, которые бы дали возможность проникнуть во

внутренние механизмы действий системы, в рамках которой зарождается инновация. Эти методы должны использовать знания взаимосвязей, причин и следствий внутри системы. Армстронг [107], Шаффлер [108] также считают, что во многих случаях такие модели предпочтительны, так как могут дать ответы, которые можно получить лишь экспертным путем.

В ряде работ предложены модели описывающие результаты исследования в зависимости от длительности их проведения. В этих моделях прирост результатов описывается S-образными кривыми. Чаще других в качестве S-образных кривых используется логистическая кривая. [109, 110, 103].

Модель приращении информации (знания), использованная Айзенсоном [111] для прогнозирования, также основывается на S-образных кривых роста. Вид типичной S-образной кривой показан на рисунке 1.7.



Источник: данные из источника [111].

Рисунок 1.7 - S-образная кривая роста знания

S-образные кривые характеризуются монотонным возрастанием и стремлением к предельному значению. При этом можно условно выделить три участка: начальный участок незначительного изменения величины, участок интенсивного роста и участок приближения к пределу, отличающаяся замедлением прироста. Особенностью использования таких моделей для представления реальных процессов является трудность определения наклона участка, на котором наблюдается интенсивный рост.

Используя аналогию с работами [103, 109, 111] во второй главе диссертации для описания зависимости вероятности правильного решения о продолжении инновационного проекта от объема финансирования исследований также использовался подход на основе S-образных кривых роста.

#### ***1.4 Формирование портфеля взаимозависимых инновационных проектов***

Для поддержания финансовой стабильности и конкурентоспособности компании разрабатывают сразу несколько проектов. Эти проекты образуют портфель. Согласно Project Management Body of Knowledge (PMBoK) [97] портфель - это набор проектов и других работ, объединенных вместе с целью эффективного управления данными работами для достижения, как правило, стратегических целей.

Предполагается, что реализация любого проекта должна приносить прибыль. Однако на эффективность проекта влияет множество факторов. Из-за этого величина полученной после реализации проекта прибыли может отличаться от ожидаемой. В некоторых случаях вместо прибыли проект может привести к убыткам. Это означает, что реализация проекта сопряжена с некоторым риском. Из-за такой неопределенности в некоторых моделях и расчетах доход от реализации проекта считают случайной величиной [87, 127].

Подобным образом описывается доход от ценных бумаг. Для снижения риска инвестиций в ценные бумаги из них формируют портфель. Наиболее известный и эффективный подход формирования портфеля ценных бумаг предложен Г. Марковицем [87]. Отмеченная аналогия между проектами и ценными бумагами и успех портфельной теории наводит на мысль о перспективности использования идей Г. Марковица для формирования проектов. [112, 113] Однако, ввиду сложности составления ковариационной матрицы доходностей проектов, применять эти модели на практике затруднительно.

Подход Г. Марковица к проблеме выбора портфеля позволяет максимизировать ожидаемую доходность при заданном уровне риска и минимизировать риск при заданном уровне ожидаемой доходности. У Г. Марковица математическое ожидание этой случайной величины называется ожидаемой доходностью, а риск характеризуется стандартным отклонением. Портфель проектов так же имеет ожидаемый доход и связанный с ним риск. 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. Предлагаемый в работе метод позволяет ставить и решать задачи формирования оптимального портфеля инновационных проектов по аналогии с портфельной теорией Г. Марковица.

Следует отметить, что, несмотря на сходство проектов и ценных бумаг с точки зрения их прибыльности и рисков между ними имеются отличия. Особенно это касается взаимосвязей проектов требующих общие ресурсы. Поэтому теория Г. Марковица не может быть механически перенесена на случаи инновационных проектов. Вопросам развития идей Г. Марковица применительно к инновационным проектам рассмотрены в третьей главе работы.

В деловой практике при формировании портфеля инновационных проектов помимо показателей доход/риск существует необходимость учета множества различных факторов, прямо или косвенно влияющих на реализацию проектов портфеля. Одной из распространенных ситуаций является ресурсная конкуренция – соперничество проектов портфеля за использование ограниченных ресурсов компании (материальных, производственных, человеческих и т.п.), выделяемых на данный портфель.

Несмотря на то, что в последние десятилетия было разработано большое число методов и моделей, помогающих в выборе обоснованного решения при



составлении портфеля проектов [4] большинство из таких методов применимы только для ситуаций, когда проекты, потенциально входящие в портфель, не зависят друг от друга. Не учитывается, что проекты могут использовать общие ресурсы компании: людские ресурсы, производственные мощности, технические средства, материалы и комплектующие и вынуждены их делить между собой. Это может принести портфелю проектов дополнительные непредвиденные риски.

У Дикинсона, Торнтона и Грэйва описан подход с использованием матрицы зависимости, позволяющей пропорционально поделить доход от взаимосвязи проектов, который был разработан для компании «Боинг». Работа Демкина И.В. на базе моделей Дикинсона М. основывается на получении синергетического эффекта от включения проектов в портфель. Однако отрицательные эффекты взаимозависимости и получение количественной оценки взаимозависимости проектов нуждаются в дальнейшем исследовании.

### ***1.5 Выводы***

В результате исследования выявлено, что значительное число авторов понимает инновацию как научное открытие, изобретение либо идею, успешно реализованные в бизнесе. При этом основным препятствием на пути реализации инноваций является повышенная неопределенность осуществления инновационных идей. Снизить данные неопределенности возможно в результате проведения прикладных исследований в той конкретной области, к которой относится инновационный проект.

Рассмотренные в первой главе методы и модели описания прикладных исследований инновационных проектов позволяют сделать следующие выводы:

- Построение вероятностных моделей зависимости прибыли инновационного проекта и прикладных исследований по проекту обусловлено существующей неопределенностью в реализации проекта. При построении вероятностных моделей представляется

полезным использовать подходы Акофа Р. и Сасиени М. по оценке эффективности процедуры диагностики и контроля качества технических изделий.

- Прикладные исследования, проводимые в рамках инновационного проекта естественно рассматривать по аналогии с процессами прогнозирования, приращения информации, обучения и роста, описываемыми S-образной кривой или логистическими кривыми.
- Модели, использующие количественную оценку данных, направленные на формализацию процесса исследований упрощают работу экспертов, при этом на ранних этапах инновационного проекта частичное использование данных, полученных экспертным путём практически безальтернативно.
- Использование подходов Марковица Г. при формировании портфеля ценных бумаг полезно применительно к портфелю инновационных проектов. При этом наличие ресурсной конкуренции как сопутствующего отрицательного эффекта взаимозависимости проектов портфеля не получает количественной оценки.

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.

## **Глава 2 Влияние объема финансирования научных исследований на эффективность инновационного проекта**

### ***2.1 Модель влияния объема финансирования научного исследования на эффективность инновационного проекта***

Внедрение инноваций является важнейшим инструментом модернизации российской экономики. В связи с этим приобретает актуальность задача повышения эффективности реализации инновационных проектов.

Особенностью инновационных проектов является стремление использовать некоторое научно-техническое новшество, которое потенциально может обеспечить высокую прибыль при его реализации в коммерческом продукте или услуге. Однако создание инновационного продукта сопряжено с повышенным риском. Дело в том, что не всякое научное достижение может быть реализовано в успешном инновационном продукте на существующем уровне технологии и производства. Кроме того, эффективность инновационного проекта в значительной степени зависит от текущей рыночной ситуации. Поэтому в инновационном проекте предусматривается научно-исследовательский этап.

Основным результатом исследований должен быть ответ на вопрос о возможности использования некоторого конкретного научного результата для получения успешного коммерческого продукта, услуги, организационного преобразования и т. п. В случае положительного ответа на этот вопрос должен быть намечен рациональный (желательно оптимальный) путь преобразования научного достижения в инновационный продукт. Исследовательский этап может включать в себя прикладные научные, технологические, маркетинговые и другие виды исследований.

Успех инновационного проекта в значительной степени зависит от объема и качества выполненных научных исследований. Предлагаемая в диссертации модель, изображённая на рисунке 2.1, построена по аналогии с подходом

Акофа Р. и Сасиени М. [1] для оценки эффективности процедуры диагностики и контроля качества технических изделий.

В основе предлагаемой модели лежит следующая идея [62,63]. В диссертации предполагается, что основной целью инновационного проекта является воплощение инновационной идеи в конкретный продукт либо услугу, с получением ожидаемой прибыли. При этом принципиальная возможность реализации инновационной идеи, с учетом существующих технологических ограничений, подтверждается или опровергается на исследовательском этапе проекта. Схема влияния прикладных исследований на эффективность инновационного проекта показана на рисунке 2.1.



Источник: разработано автором.

## Рисунок 2.1- Влияние научных исследований на эффективность проекта

Введем обозначения, приведенные на рисунке 2.1 и таблице 2.1.

Рассматриваются 4 возможных варианта развития проекта в соответствии с таблицей 2.1 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 вероятностью  $p_{ij}(r)$ . При этом лишь одно из 4 возможных событий принесет прибыль без учета затрат на исследования.

Таблица 2.1 - 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.

Предполагается, что существует  $m$  различных гипотез (ситуаций), связанных с реализацией инновационного проекта. Априорные вероятности истинности этих гипотез равны  $P_i$ , где  $i=1, 2, \dots, m$ . В результате прикладных исследований с вероятностью  $p_{ij}$  принимается решение о том, что справедлива

(истинна)  $i$ -я гипотеза (имеет место  $i$ -я ситуация), при условии истинности  $j$ -й гипотезы. В результате решения, принятого после проведенных исследований, на следующем (например, производственном) этапе проект получает прибыль (убыток)  $c_{ij}$ . Затраты на исследовательском этапе равны  $r$ . Математическое ожидание прибыли (убытка) от реализации всего проекта (с учетом затрат  $r$  на исследования) описывается следующим выражением (1):

$$C(r) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m P_i \cdot p_{ij}(r) \cdot c_{ij} - r \quad (1)$$

Примем следующее ограничение, что рассматривается одна гипотеза и вероятность  $P_i$  принимает значение истинно либо ложно. Математическое ожидание прибыли принимает следующий вид:  $C(r) = \sum_{j=1,2} \sum_{i=1,2} P_i \cdot p_{ij}(r) \cdot c_{ij} - r$

Будем считать, что по итогам исследований может быть получен один из следующих результатов:

обоснована применимость новшества в случае объективной истинности гипотезы;

отвергнута возможность применения новшества в случае объективной истинности гипотезы;

обоснована применимость новшества в случае объективной ложности гипотезы;

отвергнута возможность применения новшества в случае объективной ложности гипотезы.

Первые два варианта представляют собой правильные итоги исследовательских этапов, а два последних – являются ошибочными.

Правильные выводы, сделанные на исследовательских этапах, позволяют реализовать весь проект с максимальной выгодой или отказаться от выполнения проекта с минимальными затратами. Ошибочность выводов исследовательских

этапов может быть связана с ограниченным объемом исследований из-за недостаточного финансирования.

Ошибочные решения, сделанные на исследовательских этапах, выявляются на более поздних этапах проекта (при проектировании, изготовлении или испытаниях). Это приводит к дополнительным расходам времени, денежных средств и других ресурсов.

## ***2.2 Условия существования оптимального объёма финансирования прикладных исследований***

Пусть в инновационном проекте имеется исследовательский этап, на котором осуществляется проверка некоторых гипотез, идей, материалов и т.п. в интересах проекта. Обозначим через  $P_1$  априорную вероятность истинности проверяемой на исследовательском этапе гипотезы. Тогда  $P_2 = 1 - P_1$  вероятность ложности гипотезы. Обозначим через  $p_{11}(r)$  вероятность правильного, а через  $p_{12}(r)$  вероятность ошибочного принятия решения по результатам исследований в случае истинности проверяемой гипотезы. Аналогичным образом обозначим через  $p_{21}(r)$  вероятность ошибочного, а через  $p_{22}(r)$  вероятность правильного принятия решения в случае ложности проверяемой гипотезы. Вероятности  $p_{11}(r)$ ,  $p_{22}(r)$ ,  $p_{21}(r)$ ,  $p_{12}(r)$  зависят от объема финансирования  $r$  исследовательского этапа. Для возможных значений прибыли или убытка на завершающих этапах проекта введем следующие обозначения:

$c_{11}$  - прибыль при правильном решении о продолжении его реализации;

$c_{12}$  - расходы, связанные с необоснованным (ошибочным) прекращением работ после исследовательского этапа;

$c_{21}$  - убыток на заключительных этапах инновационного проекта при ошибочном решении о целесообразности реализации проекта (предполагается, что в этом случае доход отсутствует вовсе или он существенно меньше понесенных расходов);

$c_{22}$  - расходы, связанные с закрытием проекта после исследовательского этапа при правильном принятии решения о невозможности эффективной реализации всего проекта в целом.

Величины  $c_{12}, c_{21}, c_{22}$  отрицательны, так как они описывают понесенные расходы, а величина  $c_{11}$  положительна.

Ясно, что с увеличением финансирования  $r$  исследовательского этапа растет объем исследований и правильность получаемых результатов. Иными словами, при увеличении  $r$  монотонно растут и приближаются к 1 вероятности  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$  получения правильных результатов на исследовательском этапе и одновременно уменьшаются вероятности  $p_{12}(r) = 1 - p_{11}(r)$  и  $p_{21}(r) = 1 - p_{22}(r)$  получения ошибочных выводов в случае истинности и ложности проверяемой гипотезы соответственно. До начала исследований по проекту, то есть при  $r = 0$  имеем  $p_{11}(r) = p_{11_0} > 0$ ,  $p_{22}(r) = p_{22_0} > 0$ . Эти начальные значения вероятностей правильного принятия решений достигнуты благодаря фундаментальным, исследованиям, выполненным ранее, например, за счет бюджетного финансирования.

Выражение (1) может быть записано следующим образом (2):

$$\begin{aligned} C(r) &= P_1 p_{11}(r) c_{11} + P_1 p_{12}(r) c_{12} + P_2 p_{21}(r) c_{21} + P_2 p_{22}(r) c_{22} - r = \\ &= P_1 p_{11}(r) c_{11} + P_1 (1 - p_{11}(r)) c_{12} + P_2 (1 - p_{22}(r)) c_{21} + P_2 p_{22}(r) c_{22} - r = \\ &= P_1 c_{12} + P_2 c_{21} - r + P_1 p_{11}(r) (c_{11} - c_{12}) + P_2 p_{22}(r) (c_{22} - c_{21}) \end{aligned}$$

$$C(r) = P_1 c_{12} + P_2 c_{21} - r + P_1 p_{11}(r) (c_{11} - c_{12}) + P_2 p_{22}(r) (c_{22} - c_{21}) \quad (2)$$

Возможны два варианта поведения функции  $C(r)$  при  $r > 0$ . Либо  $C(r)$  монотонно убывает при  $r \geq 0$  и  $C(0)$  является ее максимальным значением, либо максимум прибыли достигается при некотором объеме финансирования  $r_0 > 0$ , для которого  $C(r_0) < C(0)$ . Как показало моделирование оба варианта возможны.

Первый вариант возможен, когда вероятности  $p_{11}(0)$  и  $p_{22}(0)$  достаточно велики, а разности  $c_{11} - c_{12}$  и  $c_{22} - c_{21}$  прибылей от выполнения заключительных



этапов проекта при ошибочном и правильном принятии решения на исследовательском этапе незначительны. В такой ситуации, которая не характерна для наукоемких проектов, выделение средств на исследования не приведет к росту прибыли от реализации всего проекта. Это объясняется в основном слабой зависимостью прибыли от результатов исследований. Если значения вероятностей  $p_{11}(0)$  и  $p_{22}(0)$  на начало исследований уже достаточно близки к 1, то при дальнейшем увеличении объема финансирования  $r$  этим вероятностям уже некуда расти. Иными словами, в начальный момент ситуация уже является достаточно ясной (определенной) без дополнительных прикладных исследований в рамках проекта. Достаточно существующего (достигнутого) к началу исследований ( $r=0$ ) уровня знаний в рассматриваемой прикладной области.

Во втором случае, характерном для инновационных проектов, выделение средств на научно-исследовательские работы в размере  $r$  целесообразно, так как это приводит к росту прибыли от реализации проекта.

Из формулы (2) и неравенств  $0 \leq p_{11}(r) \leq 1$ ,  $0 \leq p_{22}(r) \leq 1$  следует неравенство

$$P_1c_{12} + P_2c_{21} - r \leq C(r) \leq P_1c_{11} + P_2c_{22} - r.$$

Естественно считать, что  $p_{11}(r) \rightarrow 0$ ,  $p_{22}(r) \rightarrow 0$  при  $r \rightarrow -\infty$  (большие отрицательные значения  $r$  можно трактовать как ситуацию, которая была задолго до начала прикладных исследований) и  $p_{11}(r) \rightarrow 1$ ,  $p_{22}(r) \rightarrow 1$  при  $r \rightarrow \infty$ . Тогда линейные функции  $l_1(r) = P_1c_{12} + P_2c_{21} - r$  и  $l_2(r) = P_1c_{11} + P_2c_{21} - r$ , ограничивающие  $C(r)$ , являются асимптотами. Таким образом, график функции  $C(r)$  располагается в наклонной полосе между двумя прямыми линиями, описываемыми уравнениями  $l_1(r) = P_1c_{12} + P_2c_{21} - r$  и  $l_2(r) = P_1c_{11} + P_2c_{21} - r$ .

Для нахождения оптимального объема финансирования  $r_{opt}$  запишем необходимое условие существования максимума функции, заключающееся в равенстве 0 производной  $C'(r) = \frac{dC(r)}{dr}$  (3):

$$P_1 p'_{11}(r)(c_{11} - c_{12}) + P_2 p'_{22}(r)(c_{22} - c_{21}) = 1 \quad (3)$$

Из-за ограничений  $p_{11}(r) \leq 1$  и  $p_{22}(r) \leq 1$ , имеем  $p'_{11}(r) \rightarrow 0$   $p'_{22}(r) \rightarrow 0$  при  $r \rightarrow \infty$ , поэтому слагаемые в левой части с ростом  $r$  стремятся к 0. Значит, существование решения зависит от того, принимает ли левая часть равенства (3) при некотором  $r > 0$  значение больше 1, то есть, выполняется ли при некотором объеме финансирования  $r$  неравенство (4):

$$P_1 p'_{11}(r)(c_{11} - c_{12}) + P_2 p'_{22}(r)(c_{22} - c_{21}) > 1. \quad (4)$$

Если при увеличении  $r$  производные  $p'_{11}(r)$  и  $p'_{22}(r)$  монотонно убывают, то левая часть (3) принимает максимальное значение при  $r=0$ . Такое поведение функций  $p'_{11}(r)$  и  $p'_{22}(r)$  соответствует ситуации финансирования продолжающихся научных исследований (имеется лабораторная база, методики исследования, научный задел и т. п.). Для этого частного случая условие существования решения уравнения (3) при некотором  $r > 0$  запишется в виде (5):

$$P_1 p'_{11}(0)(c_{11} - c_{12}) + P_2 p'_{22}(0)(c_{22} - c_{21}) > 1 \quad (5)$$

При  $P_1 + P_2 = 1$ ,  $P_1 \geq 0$ ,  $P_2 \geq 0$  и  $a < b$  (в рассматриваемом случае  $a = p'_{11}(r)(c_{11} - c_{12})$ ,  $b = p'_{22}(r)(c_{22} - c_{21})$ ), справедливо неравенство  $a \leq P_1 a + P_2 b \leq b$ . Поэтому равенство (3) выполняется, если для некоторого  $r > 0$  справедливо неравенство (6):

$$\min\{p'_{11}(r)(c_{11} - c_{12}), p'_{22}(r)(c_{22} - c_{21})\} > 1 \quad (6)$$

Это условие удобней использовать на практике, чем неравенство (4) поскольку не требуется знаний априорных вероятностей  $P_1$  и  $P_2$ .

Свойство монотонности убывания производных  $p'_{11}(r)$  и  $p'_{22}(r)$ , позволяет записать условие (6) в более простом виде  $\min\{p'_{11}(0)(c_{11} - c_{12}), p'_{22}(0)(c_{22} - c_{21})\} > 1$ . В этом случае условие (4) достаточно проверить только при  $r = 0$ .

***2.3 Классификация видов функции зависимости эффективности инновационного проекта от объема финансирования научного исследования этого проекта для различных значений входящих в нее параметров***

***2.3.1 Использование логистической функции в качестве параметра моделирования***

В предыдущих рассуждениях не делалось каких-либо предположений о конкретном виде зависимостей  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$ , кроме их монотонного роста и стремления к 1 при возрастании расходов. Используя достаточно естественные аналогии и общие предположения о процессе исследований можно уточнить вид функций  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$ . Представляется естественным рассматривать прикладные исследования, проводимые в рамках инновационного проекта, как повторяющийся процесс проб и ошибок (экспериментов). В ходе исследований увеличивается вероятность правильного определения реального состояния. При таком понимании исследований представляется естественным использовать сходство процессов обучения и исследования и использовать модели итерационного научения, рассмотренные в [43,74,71]. Основным объектом в этих моделях является некоторый критерий научения и изменение этого критерия в процессе научения – так называемые кривые научения. В нашем случае аналогом критерия научения является вероятность правильного решения о дальнейших перспективах инновационного проекта, а аналогами кривой научения являются вероятности  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$ . Эти вероятности возрастают с увеличением объема проведенных исследований, который напрямую зависит от объема  $r$  финансирования этих исследований.

Представляется естественным рассматривать прикладные исследования, проводимые в рамках инновационного проекта по аналогии с процессами обучения, роста, где используются модели итерационного научения

(А. Яблонский [66, 67], Дж. П. Мартино [103], Э. Янч [117], Р. Фостер [130], Т. Модис [131], М. Ван дер Эрви [132]). «Кривые научения» имеют вид S-образной кривой, или логистических кривых: Перла-Рида, Гомперца. Поэтому далее в работе в качестве одного из возможных способов описания вероятностей  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$  будет использоваться логистическая функция.

Вероятности  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$ , в зависимости от специфики прикладных исследований, могут описываться зависимостями с различными параметрами. В тоже время, во многих случаях вполне обоснованным является предположение о равенстве  $p_{11}(r) = p_{22}(r)$  этих функций. Рассмотрим этот «симметричный» случай более подробно, поскольку он позволяет лучше понять ситуацию в общем случае. Пусть зависимости вероятностей  $p_{11}(r)$ ,  $p_{22}(r)$  принятия истинной гипотезы и отклонения ложной гипотезы от объема финансирования  $r$  описываются логистической функцией (7):

$$p_{11}(r) = p_{22}(r) = p(r) = \frac{p_0}{p_0 + (1 - p_0) \cdot e^{-\lambda r}}, \quad p_{11}(0) = p_{22}(0) = p_0 \quad (7)$$

Эта функция является решением логистического дифференциального уравнения  $\frac{dp}{dr} = \lambda \cdot p(1 - p)$ .

$$\frac{dp}{p(1-p)} = \lambda dr$$

$$dp\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{1-p}\right) = \lambda dr$$

$$\ln p - \ln(1-p) = \lambda r + \lambda c$$

$$\ln \frac{p}{1-p} = \lambda(r+c)$$

$$c_1 e^{\lambda r} = \frac{p}{1-p}, \quad c_1 = e^{\lambda c}$$

$$p = \frac{c_1 e^{\lambda r}}{1 + c_1 e^{\lambda r}}$$

$$p = \frac{1}{1 + c_1 e^{-\lambda r}}$$

$$p_0 = p(0) = \frac{1}{1 + c_1}$$

$$c_1 = \frac{1 - p_0}{p_0}$$

$$p = \frac{1}{1 + \frac{1 - p_0}{p_0} e^{-\lambda r}} = \frac{p_0}{p_0 + (1 - p_0) \cdot e^{-\lambda r}}$$

### 2.3.2 Исследование поведения функции $C(r)$ в зависимости от входных параметров

Для исследования поведения функции  $C(r)$  запишем формулу ожидаемого дохода от проекта (2) в следующем виде (8):

$$C(r) = \underbrace{P_1 c_{12} + P_2 c_{21}}_A - r + \underbrace{[P_1(c_{11} - c_{12}) + P_2(c_{22} - c_{21})]}_B p(r) \quad (8)$$

где  $A = P_1 c_{12} + P_2 c_{21}$ ,  $B = P_1(c_{11} - c_{12}) + P_2(c_{22} - c_{21})$ .

Учитывая (6.1) и (6.2) производная  $C'(r)$  имеет следующий вид:

$$C'(r) = -1 + \frac{B e^{-\lambda r} (1 - p_0) p_0 \lambda}{(e^{-\lambda r} (1 - p_0) + p_0)^2} = \frac{-(1 - p_0)^2 e^{-2r\lambda} + (1 - p_0) p_0 (B\lambda - 2) e^{-r\lambda} - p_0^2}{(e^{-\lambda r} (1 - p_0) + p_0)^2}$$

Заметим, что  $B > 0$ , поскольку  $c_{12}, c_{21}, c_{22}$  отрицательны и  $c_{21} < c_{22} < 0$  (расходы на проект  $c_{21}$  в случае необоснованного продолжения проекта больше, чем расходы  $c_{22}$  при правильном решении о прекращении выполнения проекта).

Для нахождения экстремумов функции  $C(r)$  приравняем производную этой функции к нулю и после несложных преобразований получим уравнение (9):

$$-e^{-2r\lambda}(1-p_0)^2 + (1-p_0)p_0(B\lambda-2)e^{-r\lambda} - p_0^2 = 0 \quad (9)$$

Это выражение представляет собой квадратное уравнение относительно величины  $x = e^{-r\lambda}$ .

Дискриминант  $D$  этого уравнения имеет вид:

$$D = (1-p_0)^2 p_0^2 (B\lambda-2)^2 - 4(1-p_0)p_0^2 = (1-p_0)^2 p_0^2 (B\lambda(B\lambda-4))$$

Уравнение имеет два вещественных решения, если выполняется неравенство  $\lambda \cdot B - 4 > 0$  (это следует из того, что дискриминант  $D > 0$ ). Решения уравнения имеют вид

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

Из-за того, что выполняются неравенства  $0 \leq B\lambda - 4 \leq B\lambda - 2$  и  $B\lambda - 2 > \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)}$  оба корня положительны. Поэтому экстремальные значения объемов финансирования исследований определяются по формулам (10):

$$r_{1,2} = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{p_0 \cdot (B\lambda - 2 \pm \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2(1-p_0)} \right) = \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{(1-p_0)(B\lambda - 2 \mp \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2p_0} \right) \quad (10)$$

Рассматривая знаки производной  $C'(r)$  для различных значений  $r$  нетрудно увидеть, что меньший из двух корней соответствует минимуму функции  $C(r)$ , а больший соответствует максимуму. Экстремальные (максимальное и минимальное) значения общих затрат на весь проект получаются подстановкой корней  $r_1, r_2$  уравнения (9) в выражение (2) для функции  $C(r)$ .

$$C(r_1) = A + \frac{B}{2} - \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{(1-p_0) \cdot (B\lambda - 2 + \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2p_0} \right) + \frac{1}{2\lambda} \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)},$$

$$C(r_2) = A + \frac{B}{2} - \frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{(1-p_0) \cdot (B\lambda - 2 - \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)})}{2p_0} \right) - \frac{1}{2\lambda} \left( \sqrt{B\lambda \cdot (B\lambda - 4)} \right).$$

Анализируя знаки производной  $C'(r)$  для различных значений  $r$  можно определить, какой вид имеет график функции  $C(r)$  для различных значений входящих в нее параметров. Это важно для оценки эффективности инновационного проекта. Если  $C'(0) > 0$ , то это означает, что увеличение финансирования исследований приводит к росту прибыли всего проекта. Знак производной  $C'(r)$  определяется знаком выражения в левой части уравнения (9), которое является квадратным трехчленом.

Если уравнение (9) не имеет корней, то  $C'(r) < 0$  для всех  $r$  и функция  $C(r)$  монотонно убывает с ростом  $r$ . Что означает отсутствие прибыли и независимость прибыли проекта от прикладных научных исследований.

Если уравнение (9) имеет два корня  $r_1$  и  $r_2$ , то при  $r < r_1$  или при  $r > r_2$  функция  $C(r)$  убывает, а при  $r_1 < r < r_2$  функция  $C(r)$  возрастает.  $C'(r) < 0$ . Таким образом, если  $C'(0) > 0$ , то корни  $r_1$  и  $r_2$  уравнения  $C'(r) = 0$  или уравнения (9) находятся по разные стороны от 0.  $C'(0) = p_0(1 - p_0)V\lambda$ . Поэтому из неравенства  $C'(0) > 0$  следует, что  $V\lambda \geq \frac{1}{p_0(1 - p_0)} \geq 4$ . Если  $V\lambda < 4$ , то неравенство не выполняется ни при каких  $p_0$ ,  $0 \leq p_0 \leq 1$ .

Такой вариант означает, рост прибыли всего проекта при увеличении финансирования исследований. В точке  $m$  как показано на рисунке 2.3а прибыль проекта достигает максимума и дальнейшее финансирование нецелесообразно. В то же время недофинансирование исследований (участок  $[0, m]$ ) идет в ущерб дальнейшей прибыли.

Если  $C'(0) < 0$ , то корни расположены по одну сторону от 0. Для того, чтобы узнать по какую сторону от 0 расположены корни надо использовать формулу (10). Оба корня больше 0, если меньший из двух корней, которому соответствует знак  $+$  в формуле (10), больше 0. Это означает, что должно выполняться неравенство

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

Данный случай наблюдается при недостаточном начальном уровне научно-технического прогресса в данной области, (он находится в точке 0) и сопровождается затратными и длительными поисковыми работами, которые могут так и не окупиться.

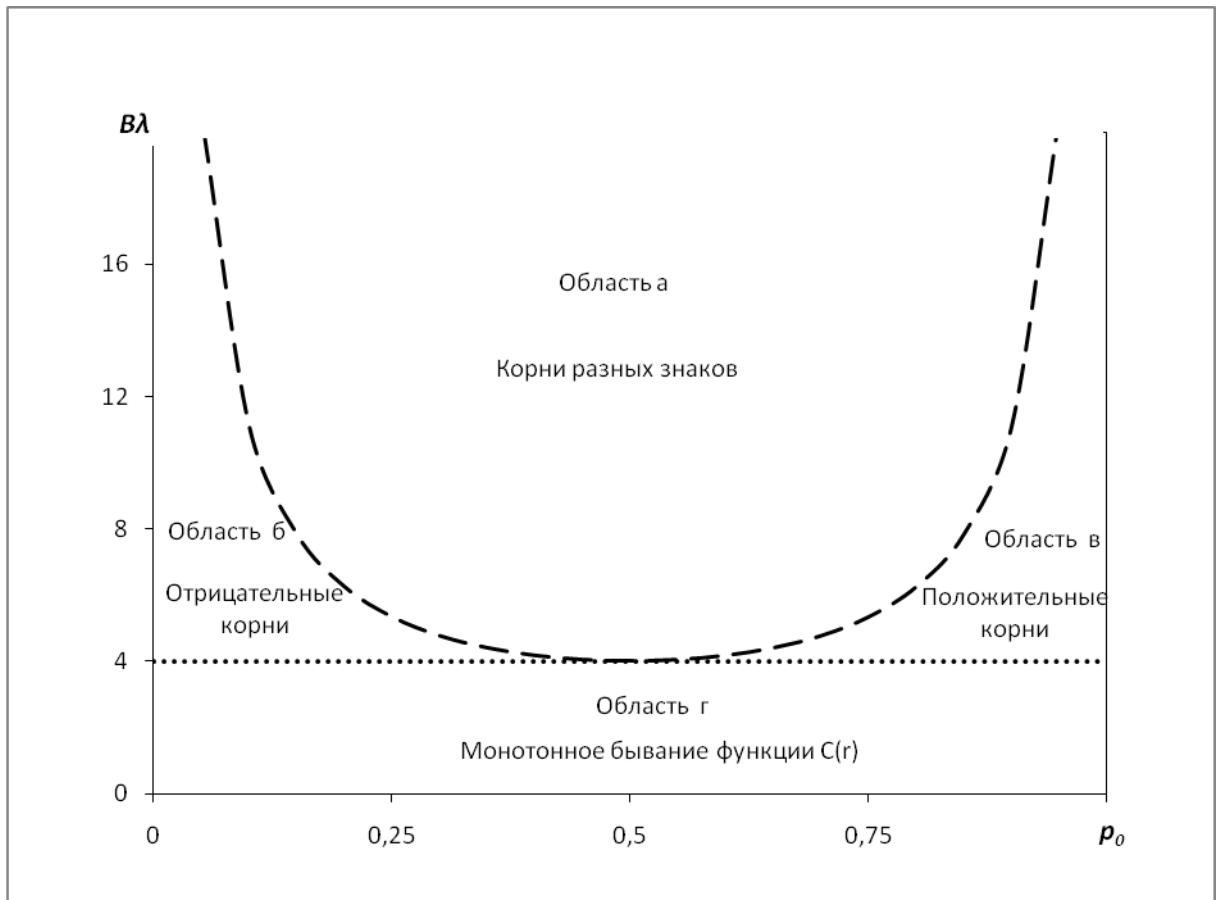
Оба корня меньше 0, если больший из двух корней, которому соответствует знак - в формуле (10), меньше 0. Это означает, что должно выполняться неравенство

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

В данном случае дополнительные исследования бесполезны, так как пик прироста знаний (точка  $m$  на рисунке 2.3б) пройден.

На плоскости параметров  $p_0$  и  $B\lambda$  четырем рассмотренным случаям соответствуют четыре области, которые показаны на рисунке 2.2.

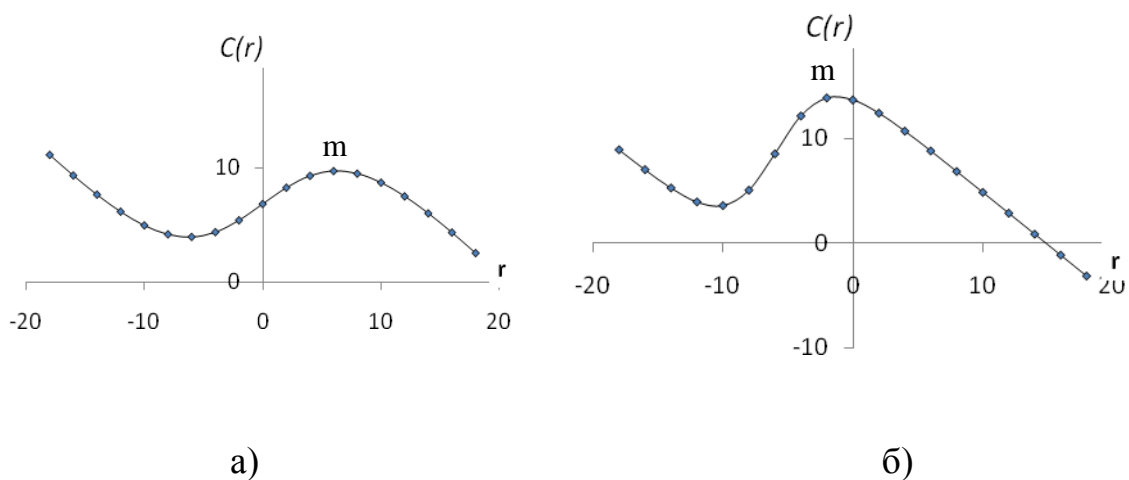


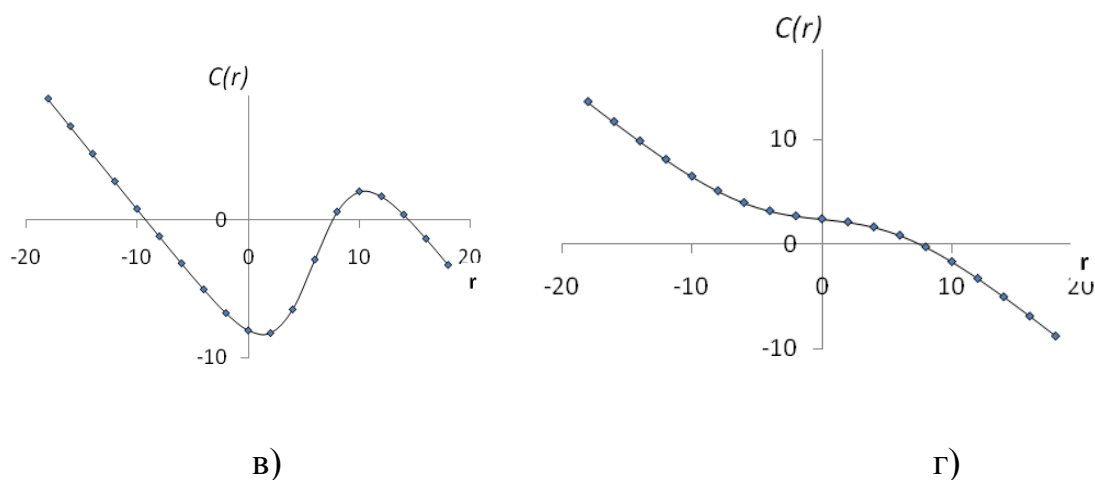


Источник: разработано автором.

Рисунок 2.2 - Области параметров, соответствующие различным расположениям корней уравнения  $C'(r) = 0$

Варианты графиков функции  $C(r)$ , соответствующие четырем областям на рисунке 2.2, показаны на рисунке 2.3.

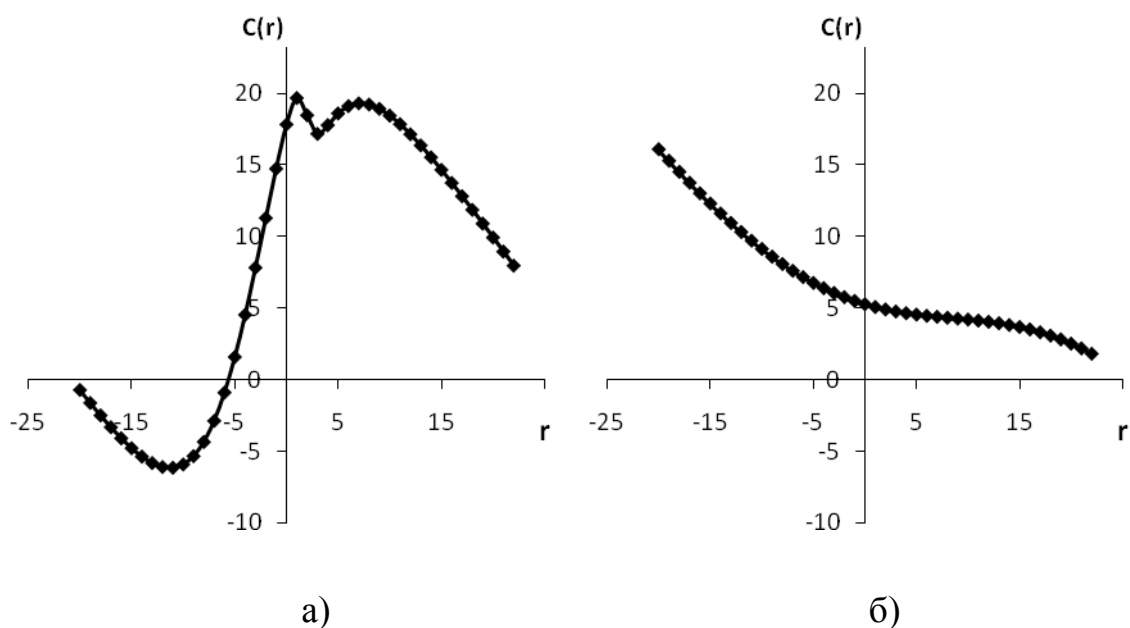




Источник: разработано автором.

Рисунок 2.3 - Графики функции  $C(r)$  для различных значений параметров

В более общем случае, когда обе зависимости  $p_{11}(r)$  и  $p_{22}(r)$  имеют логистический характер, но параметры этих зависимостей отличаются, приравнивание к 0 производной  $C'(r)$  для нахождения точек экстремума функции  $C(r)$  приводит к полиномиальному уравнению 4-й степени относительно  $e^{-r^2}$ . Решения этого уравнения могут быть найдены аналитически (например, с использованием систем аналитических вычислений типа MathCad, Mathematica и т. п.). Однако они слишком сложны для анализа. Можно лишь сказать, что в зависимости от параметров, входящих в выражение (2), ожидаемая прибыль может иметь 2 экстремума как на рисунке 2.1 (один максимум и один минимум), 4 экстремума как на рисунке 2.4.а (2 максимума и 2 минимума) или не иметь экстремумов вовсе как на рисунке 2.4.б (функция  $C(r)$  монотонно убывает).

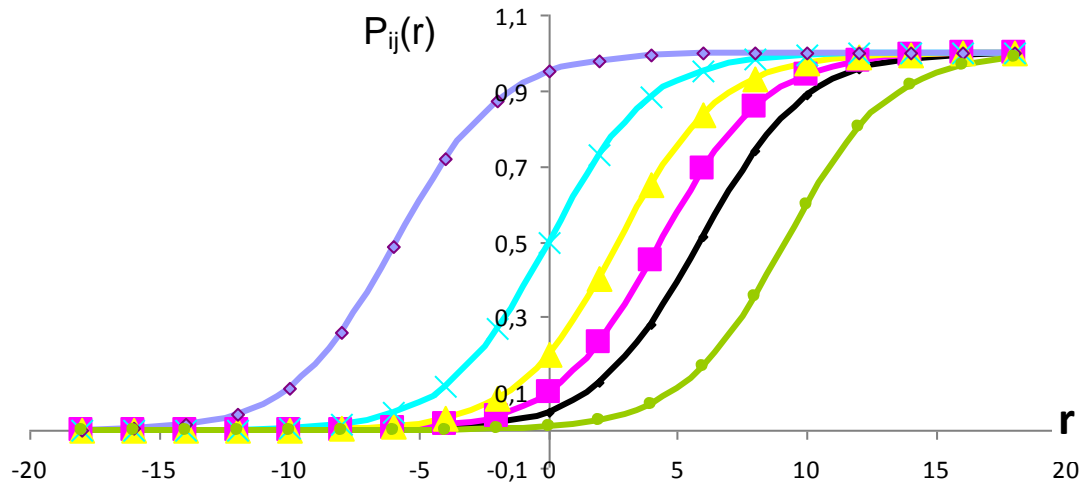


Источник: разработано автором.

Рисунок 2.4 - Варианты зависимости прибыли инновационного проекта от объема финансирования исследований

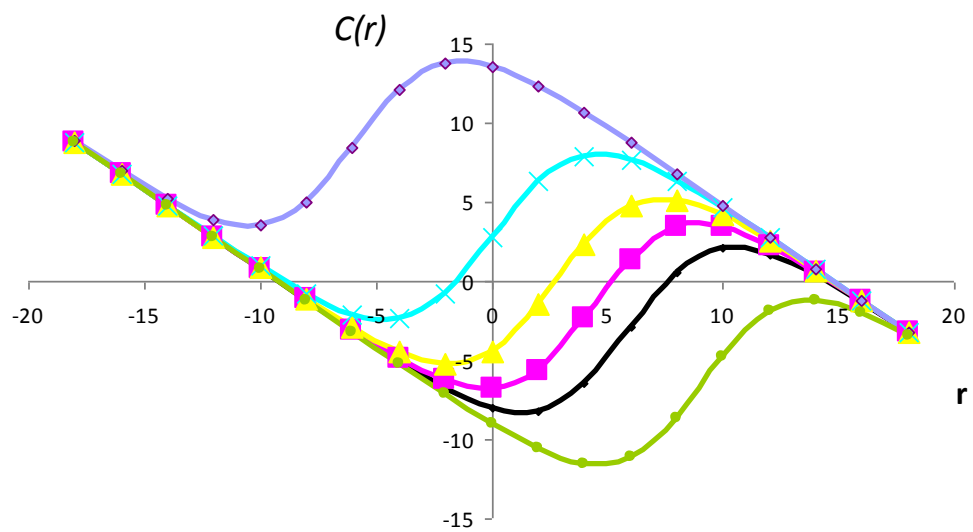
Рассмотрим как изменение начальной вероятности принятия правильного решения  $p_0$  влияет на вид графика  $C(r)$ . При этом  $p_0$  принимает следующие значения 0,01; 0,1; 0,2; 0,5; 0,95, что показано на рисунке 2.5. Тогда график функции  $C(r)$  изменяется следующим образом в соответствии с рисунком 2.6:

- При начальной вероятности 0,95 максимум  $C(r)$  достигнут еще до начала исследовательских работ, следовательно эта область знаний уже исчерпана.
- При снижении начальной вероятности максимум  $C(r)$  движется в положительную область (например при  $p_0=0,5$ ).
- Дальнейшее снижение начальной вероятности ( $p_0=0,01$ ) переводит проект в ряды убыточных, т.к. к исследованиям приступают при отсутствии внятных научных перспектив, отсутствует научный задел, который можно было бы развить путем активного финансирования исследований.



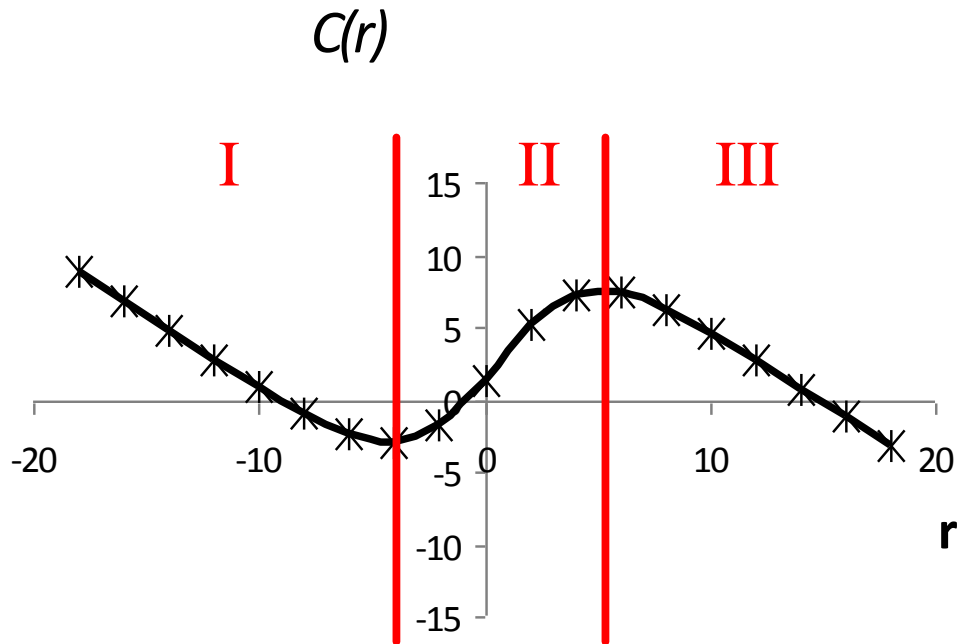
Источник: разработано автором.

Рисунок 2.5- График изменения вероятности принятия правильного решения в зависимости от начальной вероятности принятия правильного решения



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.6 - Зависимость эффективности проекта от начальных вероятностей принятия правильного решения



Источник: разработано автором

Рисунок 2.7 - Зависимость эффективности проекта от начальных вероятностей принятия правильного решения

График функции  $C(r)$  можно условно разделить на 3 части как показано на рисунке 2.7: в I части - функция убывает:  $y(r) = P_1c_{12} + P_2c_{21} - r$ , так же как и в III части:  $y(r) = P_1c_{11} + P_2c_{22} - r$ . Во второй части функция растет, и, в зависимости от начальной вероятности принятия правильного решения, как показано на рисунке 2.5 принимает следующий вид в соответствии с рисунком 2.6.

### **Кусочно-линейная аппроксимация логистической функции.**

Кусочно-линейная аппроксимация логистической функции позволяет эксперту оценить один из неизвестных параметров логистической функции  $\lambda$ . В

данном случае, основная задача аппроксимации заключается в том, чтобы часть логистической функции, где она возрастает наиболее быстро заменить отрезком прямой, которая касается логистической функции в точке ее наибольшего роста, т.е. в точке  $x$ , где логистическая функция равна  $1/2$ .

Для аппроксимации используется отрезок касательной, заключенный между осью  $ox$  и горизонтальной прямой  $y=1$ . Левый «хвост» логистической функции аппроксимируется нулем, а правый «хвост» - горизонтальной прямой  $y=1$ .

Логистическая функция  $P(x) = \frac{p_0}{e^{-\lambda x}(1-p_0) + p_0}$  является решением логистического уравнения

$$\frac{dP(x)}{dx} = \lambda \times (1 - P(x)) \times P(x)$$

Из известного неравенства Коши  $\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{ab}$  (равенство в случае  $a=b$ ) при

$a=P(x)$   $b=1-P(x)$ , следует, что производная  $\frac{dP}{dx} = \lambda \times (1 - P) \times P \leq \lambda \frac{(1 - P + P)}{4}$ , т.е.  $\frac{dP}{dx} \leq \frac{\lambda}{4}$

и производная  $\frac{dP}{dx}$  достигает своего максимального значения  $\frac{\lambda}{4}$  при  $1 - P + P$ , т.е. при  $P=1/2$ .

Чтобы найти значение  $x$  при котором логистическая функция  $P(x) = \frac{1}{2}$  надо решить уравнение

$$\frac{p_0}{e^{-\lambda x}(1-p_0) + p_0} = \frac{1}{2}$$

Решение  $x_{0,5}$  этого уравнения определяется по формуле

$$x_{0,5} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{1-p_0}{p_0}$$

В точке  $x=x_{0,5}$  угол наклона касательной к логистической функции совпадает с величиной производной к логистической функции в этой точке  $P'(x_{0,5}) = \frac{\lambda}{4}$ .

Поэтому уравнение аппроксимирующей прямой есть уравнение прямой, проходящей через точку  $(\frac{1}{\lambda} \ln \frac{1-p_0}{p_0}, 1/2)$  с угловым коэффициентом  $\frac{\lambda}{4}$ .

Уравнение такой прямой имеет вид:

$$y = \frac{\lambda}{4} x + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \ln \frac{1-p_0}{p_0}$$

Эта прямая пересекает горизонтальную ось координат в точке

$$r_0 = \frac{1}{\lambda} (\ln \frac{1-p_0}{p_0} - 2) = x_{0,5} - \frac{2}{\lambda},$$

горизонтальную прямую  $y=1$  в точке

$$r_1 = \frac{1}{\lambda} (\ln \frac{1-p_0}{p_0} + 2) = x_{0,5} + \frac{2}{\lambda}$$

Таким образом, для логистической функции

$$P(x) = \frac{p_0}{e^{-\lambda x} (1-p_0) + p_0}$$

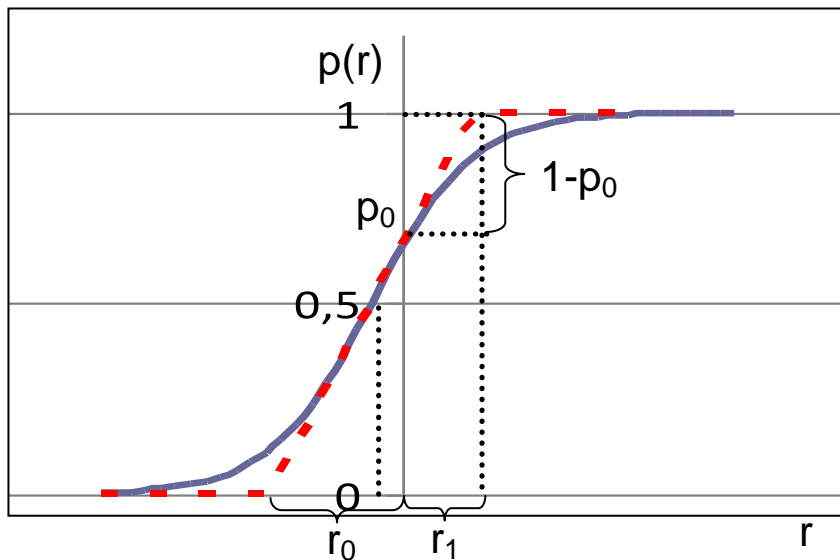
Кусочно-линейная аппроксимация описывается выражением

$$l(x) = \begin{cases} 0, \text{ при } x \leq \frac{1}{\lambda} (\ln \frac{1-p_0}{p_0} - 2) \\ \frac{\lambda}{4} x + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \ln \frac{1-p_0}{p_0}, \text{ при } \frac{1}{\lambda} (\ln \frac{1-p_0}{p_0} - 2) < x < \frac{1}{\lambda} (\ln \frac{1-p_0}{p_0} + 2) \\ 1 \text{ при } x \geq \frac{1}{\lambda} (\ln \frac{1-p_0}{p_0} + 2) \end{cases}$$

Максимальная ошибка аппроксимации наблюдается в точках  $r_0$  и  $r_1$  и равна  $P(r_0) = 1 - P(r_1) = \frac{1}{1+e^2} \approx 0,12$ , т.е. не превышает 12%. Следует заметить, что

ошибки аппроксимации не зависят от параметров  $p_0$  и  $\lambda$  логистической функции.

Логистическая функция и ее кусочно-линейная аппроксимация (пунктиром) показаны на рисунке 2.8.



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.8 - Логистическая функция и ее кусочно-линейная аппроксимация

Если  $r_0 < 0$ , то для кусочно-линейной вероятности эту величину можно интерпретировать как ранее (кем-то в прошлом) вложенные в исследования средства, которые позволили достичь уровня  $p_0$  к началу финансирования рассматриваемого исследовательского этапа. Можно также рассматривать  $r_0$  как стоимость знаний, обеспечивающих вероятность  $p_0$  правильного принятия решений.

Если  $r_0 > 0$ , то эту величину можно рассматривать как средства, которые необходимы для подготовки начала исследований (например помещения, научное оборудование, материалы и т.п.). В этом случае можно считать, что научные (научно-прикладные) исследования по данной теме ранее не велись и результатов нет, т.е.  $p_0 = 0$ .

Кусочно-линейная аппроксимация описывает исследование, которое заключается в последовательном переборе определенного количества вариантов. Например - проведение набора тестов для нового образца косметических средств: микробиологический, органолептический анализы, тесты, отражающие эффективность рецептуры, аромат, консистенцию и переносимость кожей. Таким



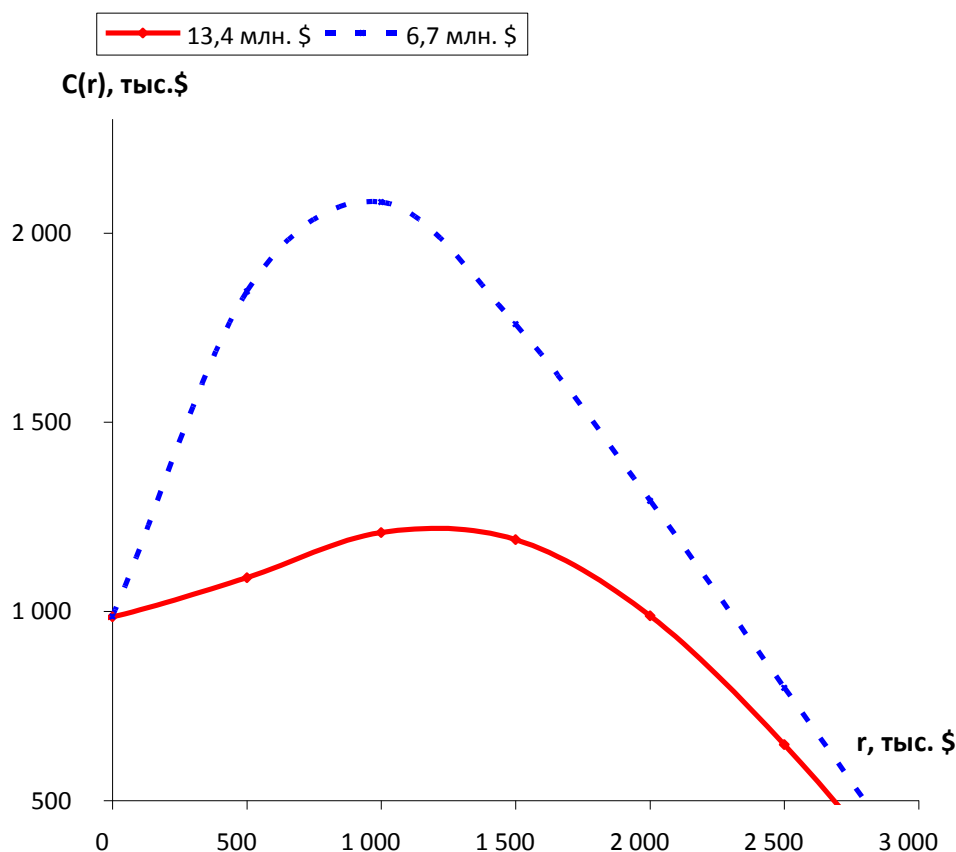
образом, результативность исследовательского этапа растет линейно, достигая к концу всех тестов максимума.

#### ***2.4 Апробация модели влияния объема финансирования на примере международной компании Nokia Corporation***

Рассмотрим практику проведения инновационного проекта на примере создания цифрового мобильного телефона Nokia 6100. Модель сразу стала очень популярной из-за небольшого размера (102 x 44 x 13,5 мм), легкого веса (76 грамм), и срока службы аккумулятора выше всяких похвал. Помимо прямой прибыли от продажи более 30 млн. трубок [28], при средней цене за аппарат 220\$ Nokia 6100 послужил базой для создания следующего поколения телефонов (Nokia 6110, Nokia 6130, Nokia 6138, Nokia 6190) [102]. Включая 6100 и другие модели, Nokia продала почти 41 миллион сотовых телефонов в 1998. В результате чего к концу года Nokia становится ведущим производителем мобильных телефонов во всем мире, обогнав таких конкурентов как Motorola и Ericsson. Работа над проектом длилась 1 год 8 месяцев, и аппарат был представлен на выставке в Пекине в ноябре 1997г.

При средней заработной плате за 1998-1999г. в Nokia Corporation 39916 \$ в год, численности сотрудников NRC Helsinki около 2000 чел. [42,81], предположим, что на разработку аппарата Nokia 6100 была выделена рабочая группа в количестве от 100 до 200 человек. Следовательно общие расходы колеблются от 6,7 до 13,4 млн. \$. Маркетинговые пожелания были сложными для выполнения: легкий как перышко, с большим объемом аккумулятора, новыми функциями для привлечения поклонников передовых технологий. Реализация этих пожеланий ложится в основу проверяемых на исследовательском этапе проекта гипотез и дает начальные вероятности  $P_1$  и  $P_2$  истинности или ложности этих гипотез соответственно.  $P_1$  в данном случае - не выше среднего значения. В процессе исследования необходимо постоянно принимать решения по поводу

обоснованности включения новых функций (различные компьютерные игры, будильник, инфракрасный модем и т.д.) и одновременно снижать общее потребление энергии, чтобы телефон работал как можно дольше. Каждое такое решение по результатам исследований либо правильное с вероятностью  $p_{11}(r)$  либо неверное с вероятностью  $p_{12}(r)$  в случае истинности гипотезы. Аналогично  $p_{21}(r)$  вероятность ошибочного, а  $p_{22}(r)$  вероятность правильного принятия решения в случае ложности гипотезы. Эти данные позволяют построить модель зависимости эффективности инновационного проекта Nokia 6100 от объема финансирования научных исследований в виде математического ожидания прибыли (убытка) проекта, как показано на рисунке 2.9. По результатам моделирования оптимальное финансирование для проекта Nokia 6100 получаем на уровне 1,1 млн. \$, при общих расходах 6,7 млн. \$ ( $C_2(r)$ ) и 1,7 млн. \$, при общих расходах 13,4 млн. \$ ( $C_1(r)$ ).



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.9 - Зависимость эффективности проекта по созданию Nokia 6100 от объема финансирования

Для построения графика функции  $C(r)$  необходимо найти коэффициент  $\lambda$ , характеризующий насколько вырастет вероятность правильного/ошибочного принятия решения по результатам исследований, если вырастет финансирование на 1 единицу. Модель кусочно-линейной аппроксимации, описанную в п. 2.3.2 можно использовать для получения значения  $\lambda$ :

$$\lambda = 4 \frac{1 - p_0}{r}$$

О разработке малоприбыльных проектов, в отличие от удачных не так много известно, но, проводя некоторые аналогии, можно составить общее представление о конкретном проекте. Аналоговый мобильный телефон Nokia 650 был выпущен в феврале 1999 г. Средняя стоимость аппарата составляла 330\$. За свои отличительные характеристики, такие как: миниатюрные габаритные размеры (176 x 47 x 30 мм), самый маленький вес телефона в стандарте NMT-450 (190 г), первая модель со встроенным FM тюнером, телефон можно смело назвать инновационным в своем классе. Активные продажи аналоговых телефонов, хотя и снижались под натиском цифровых аппаратов, продолжались в плоть до 2001 года. Точные цифры по продажам 650 модели Nokia Corporation не приводит в открытых источниках. Эти данные получены аналитически путем анализа мирового рынка мобильной связи за 1992-2001 гг. [49,52,80,90].

Аналоговые мобильные телефонные системы начали очень быстро развиваться и получать широкое распространение в начале 80-х годов в США, Скандинавии, Великобритании, Франции и Германии. В каждой стране разрабатывался свой собственный стандарт сотовой системы связи, используемый только на ее территории и несовместимый с остальными. Иными словами –

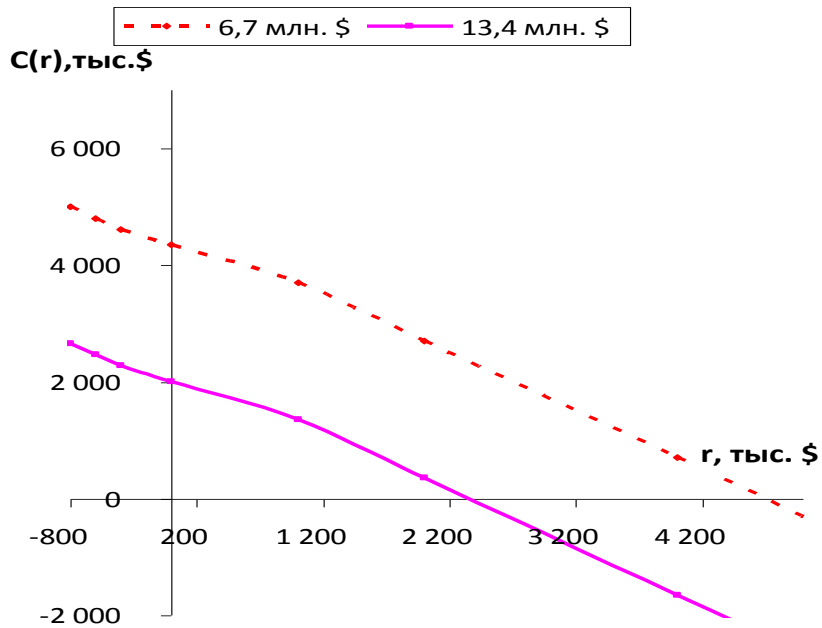
отсутствие роуминга и очень ограниченный рынок сбыта для каждого типа оборудования.

Коммерческое использование GSM началось в середине 1991 года, и к 1993 году уже существовало 36 сетей GSM в 22 странах, и еще около 25 стран принимали GSM в качестве стандарта. Разработчики GSM выбрали цифровую систему как альтернативу аналоговым сотовым системам, таким как AMPS в Соединенных Штатах или NMT-450 в Скандинавии. Использование цифровой обработки сигналов позволило повысить качество связи, предоставить пользователю дополнительные виды сервисов и услуг, снизить массогабаритные показатели абонентских устройств и как следствие стоимость телефонов и услуг.

Число абонентов системы GSM росло огромными темпами. Первый миллион пользователей сеть разменяла к концу 1993 года. В апреле 1999г. – более 135 млн. пользователей. В начале 2000г. - 250 млн. А в мае 2001 г. - уже 500 млн. Для сравнения в конце III квартала 1999 г. число абонентов NMT-450 снизилось до 1,77 млн. абонентов. И к 2000 году количество абонентов сетей NMT-450 не дотягивает даже до 0,5% от общего числа владельцев мобильных телефонов во всем мире [14]. Аналоговый стандарт ушел в узкий сегмент рынка для яхтсменов, дачников, рыболовов. Учитываем так же распределение долей мирового рынка продаж мобильных телефонов в 1997 , где удельный вес продукции Nokia равнялся 27%, Motorola - 24% и Ericsson - 16%. и модели аналоговых мобильных телефонов в стандарте NMT-450, выпущенные Nokia в 1996-1998г.: Nokia 450, Nokia 540, Nokia 550, Nokia 650, Nokia RinGo [93,94,95]. Предположим, что 20% абонентов в 1999-2001г. решили купить новый аналоговый мобильный телефон бизнес класса (сравнимо с покупкой в начале 2000-х кассетного видеомэгнитофона или пленочного фотоаппарата). Из вышесказанного можно сделать вывод, что продажи Nokia 650 при средней цене 330\$ с 1999-2001 едва превысили 6 000 000 \$.

Проанализируем расходы на разработку Nokia 650. Можно предположить, что проекты по разработке телефонов Nokia 6100 и Nokia 650 приблизительно равны по стоимости, так как сами аппараты схожи: внешний вид, работа клавиатуры, шестикнопочное управление записной книжкой и меню телефона, содержат схожий объем работ и проводились в одно и то же время в NRC Helsinki. Ввиду некоторой аналогичности телефонов Nokia 6100 и Nokia 650 предположим, что разработка аналогового телефона по продолжительности так же сравнима с Nokia 6100, т.е. длилась около двух лет. Далее будем считать затраты на разработку обоих телефонов приблизительно равными, т.е. от 6,7 до 13,4 млн. \$. Будем считать также что эта сумма равна убытку при ошибочном решении о целесообразности реализации проекта на заключительных этапах инновационного проекта, т.е.  $c_{21}=10$  млн. \$. В обоих случаях. Присвоение начальных вероятностей и вероятностей проверяемых гипотез аналогично примеру инновационного проекта Nokia 6100.

Основываясь на результатах предложенной модели можно сделать вывод, что по результатам проведенных исследований были приняты ошибочные решения, повлекшие за собой низкие продажи Nokia 650. На рисунке 2.10 представлена математическая модель ожидаемой прибыли (функция  $C(r)$ ), связанной с результатами исследовательского части проекта по созданию телефона Nokia 650.  $C_1(r)$  отображает ориентировочную прибыль проекта при общих расходах 13,4 млн. \$., а  $C_2(r)$  при общих расходах 6,7 млн. \$, что отражено на рисунке 2.11. Поведение монотонно убывающей  $C(r)$  и отсутствие оптимального объема финансирования объясняется исчерпанием исследовательских возможностей в области аналоговых мобильных телефонов, появлением и активным внедрением более передовых технологий связи.



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.10 - Зависимость эффективности проекта по созданию Nokia 650 от объема финансирования

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

Источник: разработано автором.

Рисунок 2.11 - Данные о проектах Nokia 6100 и Nokia 650

## ***2.5 Зависимость эффективности прикладных исследований от динамики поступления средств***

### ***2.5.1 Динамическая модель зависимости эффективности исследований от финансирования инновационного проекта***

В п. 2.3 данной главы диссертации не рассматривалась динамика поступления средств на проведение исследовательского этапа инновационного проекта. Принимался во внимание только общий объем финансирования на весь период исследований. Однако график поступления финансовых средств, возможные перерывы в финансировании оказывают заметное влияние на результативность прикладных научных исследований. Прикладные научные исследования, как правило, включают в себя ряд этапов: сбор (получение) исходных данных, освоение нового лабораторного оборудования и методик его использования, длительные опыты, многочисленные проверки и т. п. Из-за этого результаты прикладных исследований появляются не сразу после получения средств на проведение исследований, а с некоторым запаздыванием. Величина этого запаздывания зависит от сложности (трудоемкости) исследований, чем сложнее исследования, тем больше запаздывание.

Далее рассматривается непрерывная модель динамики финансирования этапа прикладных исследований инновационного проекта. Процесс финансирования рассматривается на интервале времени  $[0, T]$ . Функция  $r(t)$  представляет средства, полученные на проведение исследований к моменту  $t$  с начала финансирования (с момента  $t=0$ ). Предполагается, что  $r(0)=0$ . Скорость поступления средств (руб./час, руб./день, руб./месяц) описывается функцией  $v(t)$ . Поэтому функция  $r(t)$  может быть представлена как решение дифференциального уравнения (11):

$$\dot{r} = v(t), \quad r(0)=0 \quad (11)$$

В соответствии с моделью, предложенной ранее в разделе 2, эффективность прикладных научных исследований характеризуется вероятностью  $p_{11}(r)$  правильного принятия решения о продолжении проекта в случае его принципиальной реализуемости и вероятностью  $p_{22}(r)$  принятия решения о прекращении проекта, если его невозможно реализовать. Описанные далее исследования были выполнены для рассмотренного в разделе 2 «симметричного случая», когда справедливо равенство  $p_{11}(r) = p_{22}(r)$ . Это равенство не является ограничением для предлагаемой динамической модели финансирования исследовательского этапа инновационного проекта.

Далее для простоты записи формул будет использоваться обозначение  $p(t) = p(r(t)) = p_{11}(r(t)) = p_{22}(r(t))$ . Моделирование временной зависимости эффективности прикладных исследований, описываемой функцией  $p(t)$ , от графика поступления средств  $r(t)$  является основным назначением динамической модели.

Для описания динамических процессов традиционно используют дифференциальные уравнения. При этом инерционность процессов чаще всего описывают дифференциальными уравнениями первого порядка: линейным «апериодическим» звеном (звеном «запаздывания»), нелинейным логистическим уравнением или другими нелинейными уравнениями. Эти уравнения представляют собой модели следящих систем, на вход которых поступает заданное значение некоторого параметра, а на выходе появляется динамически меняющееся реальное значение этого параметра, которое с течением времени приближается к заданному значению. В нашем случае заданным значением является статическое значение вероятности  $p(r)$ , которое соответствует полностью завершенным исследованиям с объемом финансирования  $r$ . Ранее в п. 2.3.1 предложено описывать вероятность  $p(r)$  логистической функцией. Далее будет использоваться следующее обозначение для логистической функции (12):



$$Lg(r, p_0, \lambda) = \frac{p_0}{e^{-\lambda r}(1-p_0) + p_0}. \quad (12)$$

Параметр  $\lambda$  характеризует максимальную скорость возрастания логистической функции, которая наблюдается при  $r = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{1-p_0}{p_0}$  и равна  $\frac{\lambda}{4}$ . Величина  $p_0$  представляет собой вероятность до начала финансирования исследований, то есть  $p_0 = p(0)$ .

С учетом введенных обозначений и уравнения (11) система дифференциальных уравнений, описывающая динамику изменения вероятности  $p(t)$  с использованием апериодического звена может быть записана в виде (13):

$$\begin{cases} \dot{p} = \frac{Lg(r, p_0, \lambda) - p}{T_1} \\ \dot{r} = v(t) \end{cases} \quad (13)$$

Параметр  $T_1$  представляет собой, так называемую, постоянную времени апериодического звена, характеризующую скорость приближения выходного параметра (в рассматриваемом случае вероятности  $p(t)$ ) к заданному значению. Применительно к процессу финансирования прикладных исследований инновационного проекта величина  $T_1$  определяет, на сколько быстро текущее значение вероятности  $p(t)$  приблизится к заданному (статическому) значению вероятности  $Lg(r, p_0, \lambda)$ , соответствующей объему финансирования  $r$ . Известно, что для апериодического звена за время  $3T_1$  рассогласование между текущим и заданным значениями параметра уменьшается до 5% от начального значения рассогласования, а за время  $4,6 \cdot T_1$  рассогласование уменьшается до 1%.

Ясно, что в рамках предложенной модели (как и в реальных ситуациях) ни при каком объеме финансирования не удастся достичь вероятности  $p(t) = 1$  за конечное время. Поэтому можно считать, что успешное завершение прикладных исследований характеризуется достижением достаточно высокого конечного уровня вероятности  $p = p_k$ , например,  $p_k = 0,95$  или  $p_k = 0,99$ .

Эффективность исследований может быть охарактеризована двумя взаимосвязанными факторами: временем  $t_k$  достижения заданной вероятности  $p_k$  или величиной вероятности  $p(T)$  в планируемый момент  $T$  окончания прикладных исследований в рамках инновационного проекта.

В работе проведено моделирование процесса прикладных исследований путем численного решения системы дифференциальных уравнений при различных значениях параметров модели. Моделирование проводилось на примере прикладных исследований для гипотетического инновационного проекта. Параметры исследовательского этапа этого проекта выбирались из следующих соображений.

В проекте участвуют от 3 до 15 человек со средней заработной платой от 20000 до 80000 руб./месяц. При этом заработная плата составляет примерно половину стоимости всего проекта. Тогда необходимый объем финансирования в месяц составляет от 120000 до 2400000 руб./месяц. При моделировании, для простоты, полагалось, что месячный объем финансирования составляет 1000000 руб./мес., а планируемая длительность  $T$  исследовательского этапа проекта составляет 12 месяцев. Предполагалось, что к моменту завершения этапа израсходован весь объем  $R$  запланированных средств и проект достиг своих целей с вероятностью  $p_k = 0,95$  (или 0,99).

Учитывая, что в рамках рассматриваемой модели зависимость вероятности  $p$  от объема финансирования исследований описывается логистической функцией, важной характеристикой модели является значение параметра  $\lambda$  логистической функции.

Если начальная вероятность достижения целей проекта (до начала финансирования проекта) равна  $p_0$ , то из условий окончания проекта можно найти значение параметра  $\lambda$  логистической функции, описывающего изменение

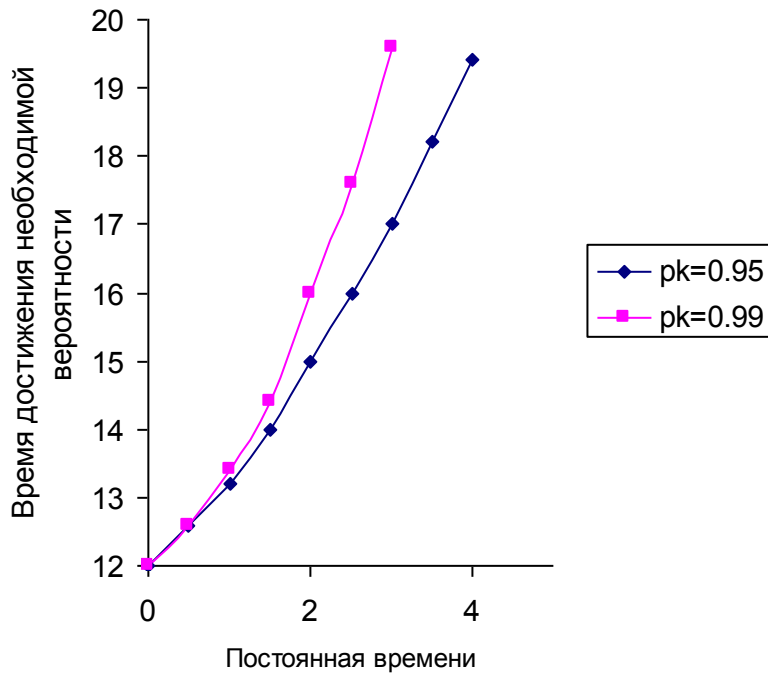
вероятности правильного принятия решения от объема финансирования.

Величина  $\lambda$  определяется следующим выражением:  $\lambda = \frac{1}{R} \ln \left( \frac{p_k(1-p_0)}{p_0(1-p_k)} \right)$ .

Естественно считать, что во многих ситуациях финансирование осуществляется равномерно во времени, то есть в единицу времени на проведение исследований поступает постоянный объем средств равный  $v$ . Тогда выполняется соотношение  $R = T \cdot v$ .

Исследовательский этап рассматриваемого гипотетического проекта характеризуется следующими значениями параметров:  $R = 12000000$  руб.,  $p_0 = 0,1$ ,  $p_k = 0,95$ . Для этих значений параметров величина  $\lambda = 0,428$ .

Динамическая модель процесса финансирования инновационного проекта, описываемая системой дифференциальных уравнений (11), позволяет исследовать влияние различных факторов на данный процесс. В работе было проанализировано влияния сложности прикладного исследования (эффективности исследования), которое характеризуется величиной постоянной времени  $T_1$ , на время достижения требуемой конечной вероятности  $p_k$ . На рисунке 2.12 показаны зависимости продолжительности исследований  $t_{0,95}$  и  $t_{0,99}$  до достижения вероятностей  $p_k=0,95$  и  $p_k=0,99$  от величины  $T_1$ .

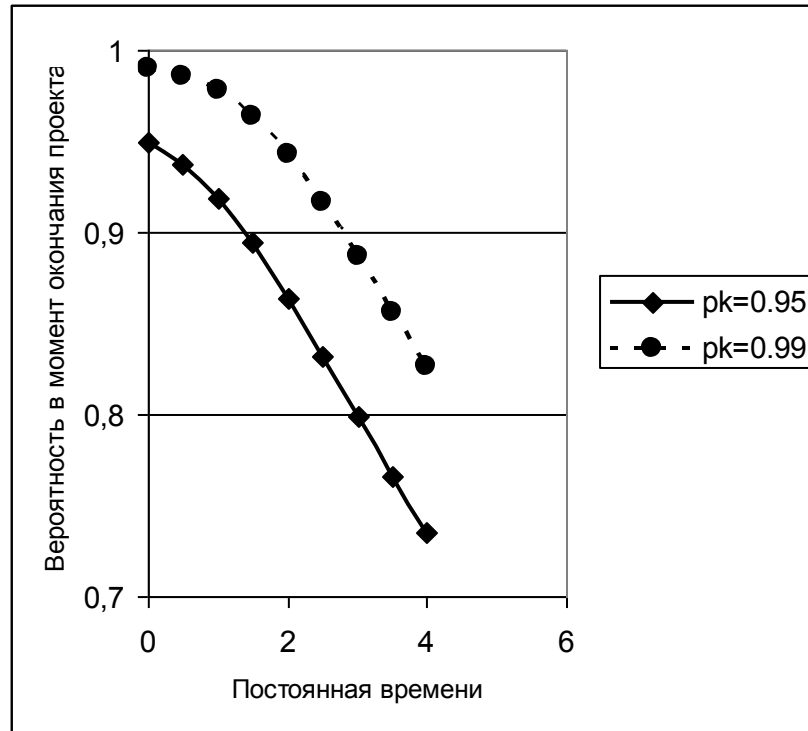


Источник: разработано автором.

Рисунок 2.12 - Влияние постоянной времени  $T_1$  на времена достижения вероятностей  $p_k=0,95$  и  $p_k=0,99$

Еще одной важной характеристикой эффективности исследований является величина вероятности  $p(T)$  в планируемый момент  $T$  окончания прикладных исследований в рамках инновационного проекта.

Рисунок 2.13 иллюстрирует снижение вероятности  $p(T)$  в нормативный момент времени  $T$  окончания исследований при увеличении параметра  $T_1$  в модели (13), характеризующего сложность исследований.



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.13- Влияние постоянной времени на конечную вероятность  $p(T)$  на момент окончания исследований

Показанные на рисунках 2.12 и 2.13 результаты соответствуют равномерному финансированию исследований с интенсивностью 1 млн. руб./месяц на протяжении 12 месяцев.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что с учетом сложности исследований заданная вероятность достигается на 8-40% позже расчетного (без учета инерционности) срока. Такое увеличение сроков исследований и снижение вероятности  $p(T)$  в планируемый момент  $T$  окончания исследований целесообразно учитывать при планировании исследовательского этапа.

Использование дифференциального уравнения 1-го порядка для моделирования динамики изменения показателя эффективности имеет принципиальный недостаток. Скорость приближения текущего значения исследуемого параметра к заданному значению пропорциональна разности (рассогласованию) этих значений. При большом рассогласовании скорость

изменения параметра может быть очень большой (теоретически неограниченной). Однако, скорости развития реальных процессов, в том числе и процессов прикладных исследований, ограничены. Поэтому, для моделирования изменения показателя эффективности исследований (вероятности  $p$ ), больше подходит нелинейное логистическое дифференциальное уравнение

$$\dot{p} = \frac{p \cdot (Lg(r, p_0, \lambda) - p)}{T_1},$$

где  $Lg(r, p_0, \lambda)$  - логистическая функция (12), представляющая статическое значение вероятности  $p(r)$ , которое соответствует полностью завершенным исследованиям с объемом финансирования  $r$ .

При использовании этого уравнения скорость изменения вероятности  $p$  ограничена и не превосходит  $\frac{Lg(r, p_0, \lambda)}{4T_1}$ .

$$\sqrt{ab} \leq \frac{a+b}{2}$$

$$ab \leq \frac{(a+b)^2}{4}$$

$$p(Lg(r, p_0, \lambda) - p) \leq \frac{Lg(r, p_0, \lambda)^2}{4}$$

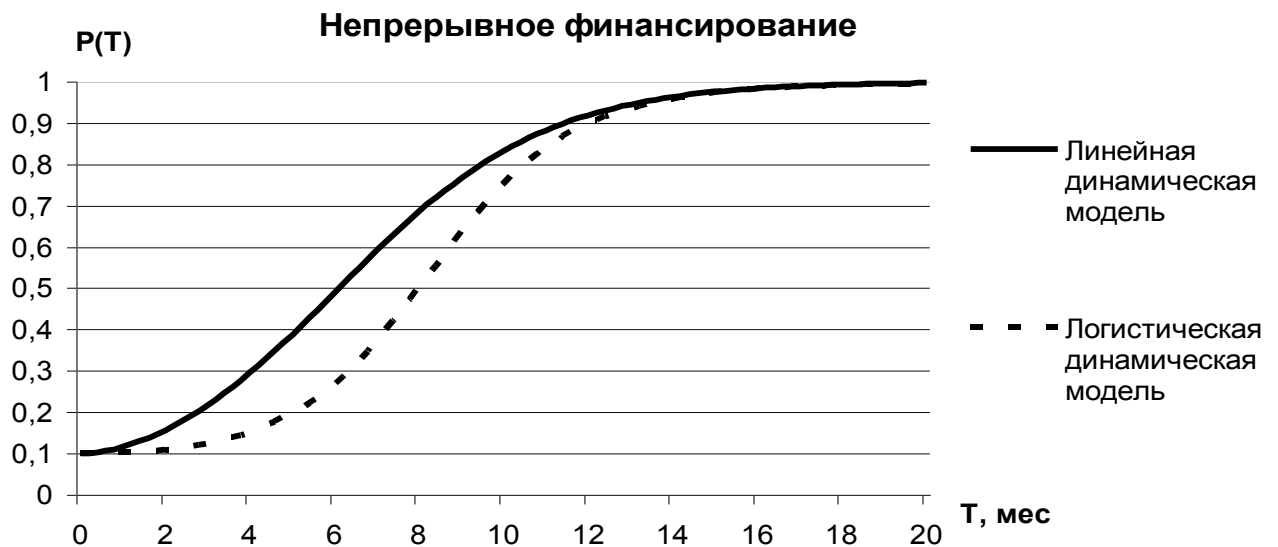
$$\dot{p} = p(Lg(r, p_0, \lambda) - p) \leq \frac{Lg(r, p_0, \lambda)^2}{4T_1}$$

В отличие от линейного уравнения, для которого максимальная скорость изменения параметра наблюдается при начальном рассогласовании и в дальнейшем снижается, для логистического уравнения вначале происходит рост скорости изменения параметра до максимального значения, а затем скорость уменьшается, приближаясь к 0. Следует отметить, что для логистического уравнения так происходит только, если начальное значение параметра меньше половины заданного значения.

При использовании логистического дифференциального уравнения вместо линейного, как в (13), система, описывающая изменение вероятности  $p$  при различных вариантах финансирования  $r(t)$ , принимает вид (14):

$$\begin{cases} \dot{p} = \frac{p \cdot (Lg(r, p_0, \lambda) - p)}{T_1} \\ \dot{r} = v(t) \end{cases} \quad (14)$$

На рисунке 2.14 для сравнения приведены кривые зависимости вероятности  $p(t)$  при равномерном и непрерывном поступлении средств  $v(t) = const$  при моделировании процесса финансирования с использованием линейной (13) логистической (14) моделей. На этом рисунке показана также статическая вероятность  $p(r)$ , соответствующая объему финансирования  $r$ .



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.14 - Изменение  $p(t)$  при непрерывном финансировании в соответствии с линейной и логистической динамическими моделями

Предложенная динамическая модель позволяет проанализировать влияние особенностей финансирования исследований, выполняемых в рамках инновационного проекта, на их эффективность. В работе рассматривалось

влияние нерегулярности финансирования или отклонение от запланированного графика поступления средств на эффективность исследований. Эффективность исследований оценивалась двумя упомянутыми ранее показателями: временем  $t_k$  достижения заданной вероятности  $p_k$  или величиной вероятности  $p(T)$  в планируемый момент  $T$  окончания прикладных исследований в рамках инновационного проекта. Нерегулярность финансирования моделировалась отсутствием финансирования в течение некоторого интервала времени. В диссертационной работе предполагалось, что регулярное финансирование заключается в непрерывном и равномерном поступлении средств.

### ***2.5.2 Учет компенсации недополученных за период без финансирования средств***

Для описанного ранее гипотетического исследовательского этапа инновационного проекта определялась вероятность  $p(T)$  в плановый момент  $T=12$  мес. окончания исследований при регулярном финансировании с интенсивностью  $v(t)=1000000$  руб./мес., и значение параметра  $T_1=1$  (этот параметр характеризует сложность исследований). Затем определялась эта же вероятность  $p(T)$  при отсутствии финансирования в течение одного месяца. Кроме того находился момент  $t_{\text{кон.}}>T$ , когда достигается такая же вероятность как при регулярном финансировании в плановый момент  $T$  окончания исследований. Финансирование исследований при  $t > T$  осуществлялось с интенсивностью  $v(t)=1000000$  руб./мес. Указанные параметры определялись путем численного интегрирования системы дифференциальных уравнений (14). Рассматривалось два варианта нерегулярного финансирования. В первом варианте до наступления планового момента  $T$  окончания исследований не производится компенсация недополученных за период без финансирования средств. Второй вариант предусматривает компенсацию недополученных за период без финансирования



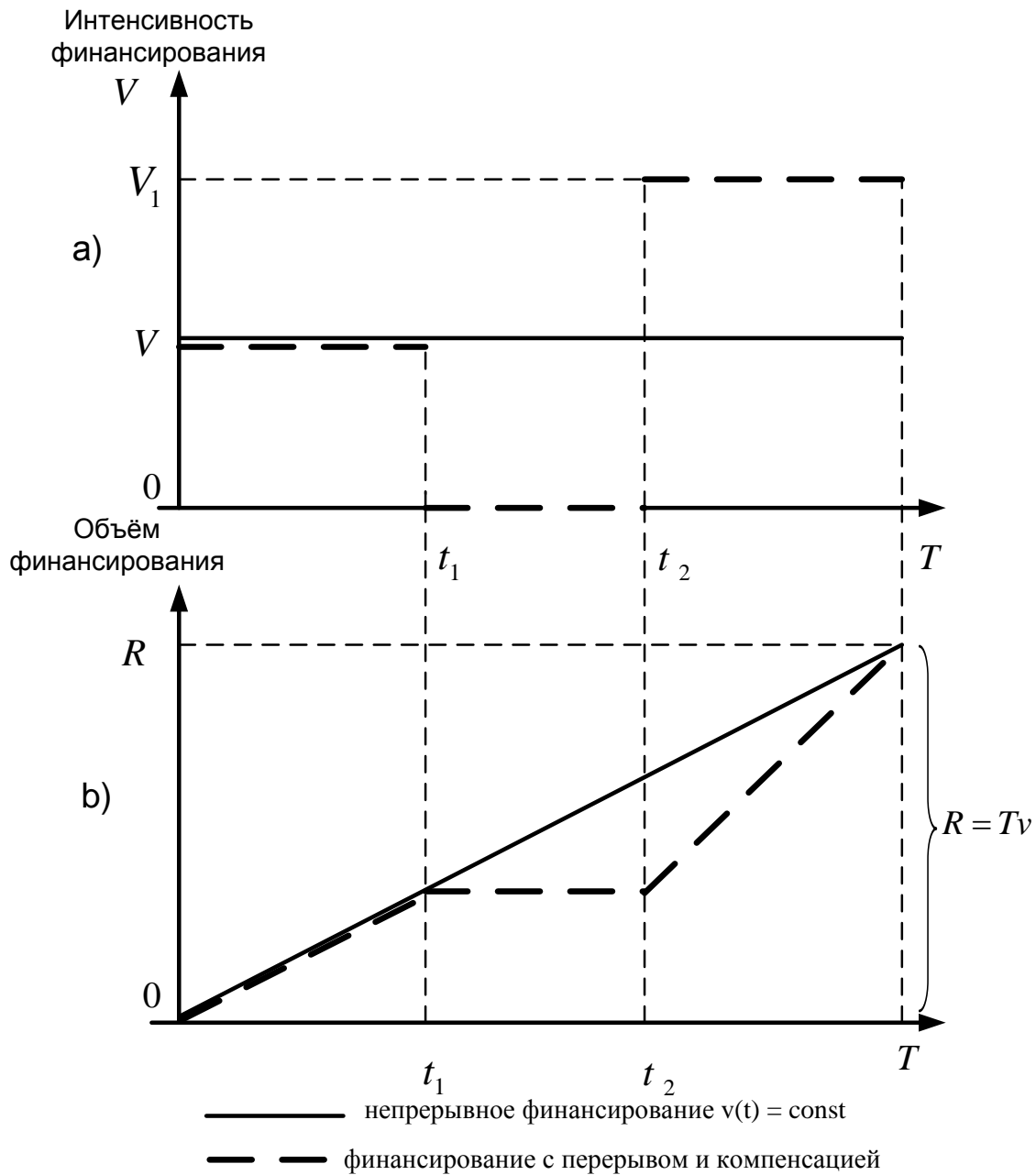
средств путем более интенсивного финансирования после момента  $t_2$  (после окончания периода без финансирования). Интенсивность и поступающие средства нарастающим итогом при нерегулярном финансировании показаны на рисунке 2.15.

Для того, чтобы компенсировать к моменту  $T$  недополученные в интервале времени от момента  $t_1$  до момента  $t_2$  средства, финансирование исследований при  $t_2 < t \leq T$  должно осуществляться с интенсивностью  $v \cdot \frac{T - t_1}{T - t_2}$ .

С использованием моделирования анализировались два параметра, характеризующих эффективность финансирования исследований:

1. задержка окончания исследовательского этапа;
2. снижение вероятности  $p$  в плановый момент  $T=12$  мес. окончания исследований.

Далее под задержкой  $\Delta t$  окончания исследовательского этапа понимается абсолютное или относительное значение разности между моментом достижения вероятностью конечного значения  $p_k = 0,95$  в случае нерегулярного (с месячным перерывом) финансирования и моментом достижения вероятностью того же значения в случае непрерывного финансирования.



Источник: разработано автором.

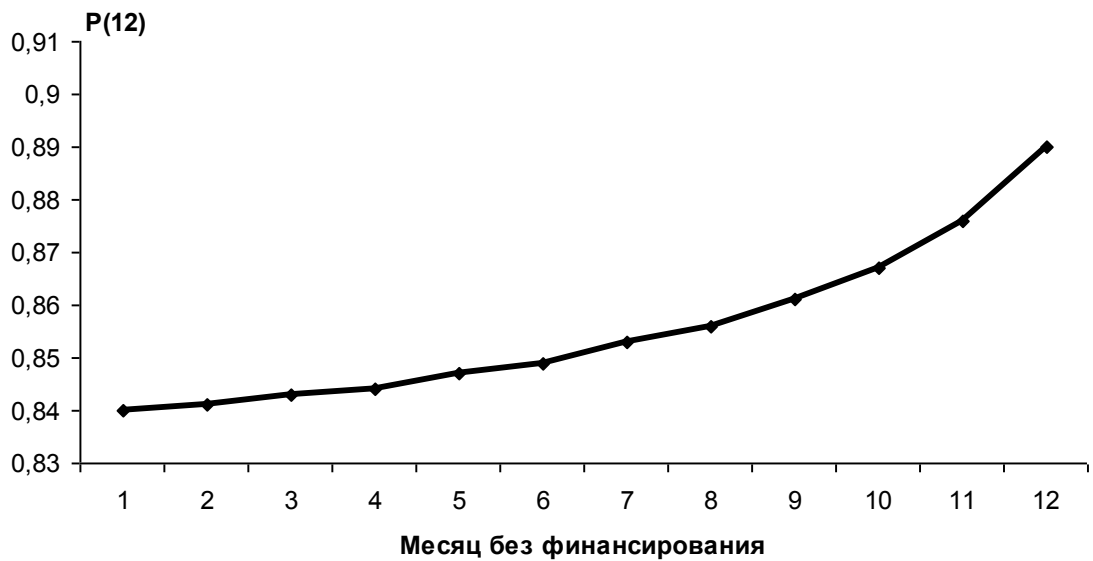
Рисунок 2.15 - Непрерывное финансирование и финансирование с перерывом и последующей компенсацией

Снижение исследуемой вероятности в момент  $T=12$  мес. При нерегулярном финансировании рассматривается по отношению к значению этой вероятности для случая непрерывного финансирования.

Моделирование выполнялось при следующих значениях параметров (если специально не сказано о других значениях):  $p_0 = 0,1$ ,  $T_1 = 1$ .

Для построения графика зависимости значения вероятности принятия правильного решения по итогам прикладных исследований от положения периода (начало исследований, середина, завершение исследовательского этапа) отсутствия финансирования в работе была проинтегрирована формула (14) от 0 до  $T_i$ . При этом перерывом в финансировании считался период от  $T_i$  до  $T_{i+1}$ . В момент  $T_{i+1}$  интегрирование проводилось с начальными условиями  $p(T_{i+1}) = p(T_i)$ , т.е. вероятность принятия правильного решения в период отсутствия финансирования не изменялась. Интегрирование производилось до периода окончания исследований ( $T=12$  мес.) и замерялось, какое значение принимает вероятность  $p$  при различных положения перерыва в финансировании.

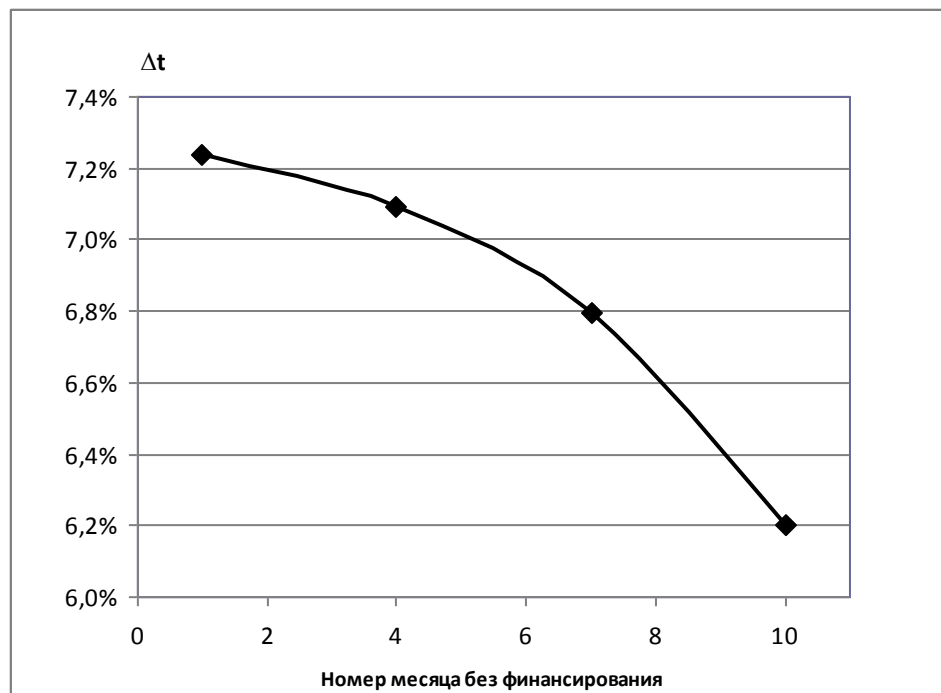
Согласно условиям моделирования недофинансирование исследований в случае отсутствия финансирования в течение одного месяца составляло, примерно,  $8,3\% = 1/12$ . Это приводит как к задержке  $\Delta t$  окончания исследований на  $6,4-7,4\%$ , так и к снижению вероятности в плановый момент завершения исследовательского этапа на  $0,9-6,5\%$ . На рисунке 2.16 показана зависимость вероятности в момент  $T=12$  мес. от номера того месяца, в течение которого не было финансирования.



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.16 - Влияние отсутствия финансирования на вероятность принятия правильного решения по итогам исследований в момент  $T=12$  мес.

Влияние окончания исследований  $\Delta t$  иллюстрирует рисунок 2.17. положения перерыва финансирования на задержку



Источник: разработано автором.

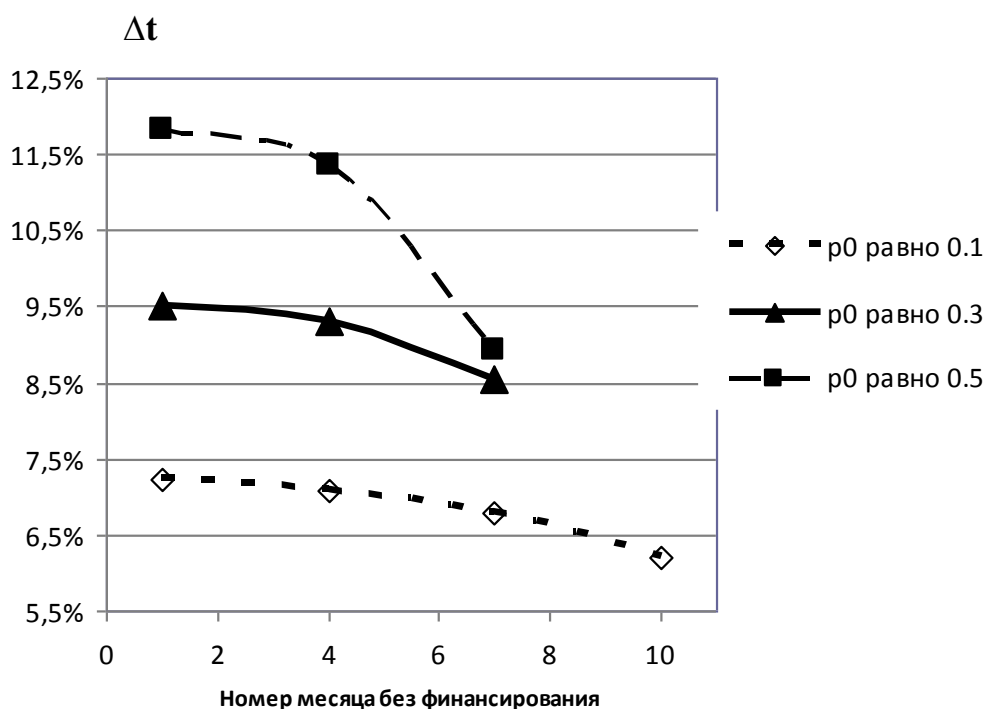
Рисунок 2.17 - Влияние положения перерыва финансирования на задержку  
окончания исследований

Из приведенных результатов моделирования видно, что как задержка окончания этапа, так и вероятность  $p(T)$  в плановый момент завершения исследований зависят от того, где находится перерыв в финансировании – в начале исследований или ближе к концу. Более высокая вероятность в момент  $T=12$  мес. и меньшая задержка  $\Delta t$  наблюдается, если перерыв финансирования происходит ближе к концу исследований, что показано на рисунках 2.16 и 2.17. Это объясняется тем, что до наступления «позднего» перерыва в финансировании вероятность достигает достаточно больших значений. Кроме того, даже после прекращения финансирования рост вероятности продолжается, хотя и не такой интенсивный, как при непрерывном финансировании. Дело в том, что в момент прекращения финансирования  $t_1$  динамическое значение вероятности  $p(t_1)$  меньше статического значения вероятности  $p_{cm}(t_1) = Lg(v \cdot t_1, p_0, \lambda)$ , соответствующего полученному к моменту  $t_1$  объему средств. Без финансирования статическое значение вероятности остается постоянным, а динамическое значение, возрастая, (по «инерции») приближается к нему.

Было проведено моделирование при значении параметра  $T_1$  в первом уравнении системы (14), соответствующего более сложным (инерционным) исследованиям. Моделирование показало, что при увеличении постоянной  $T_1$  в 2 раза до  $T_1=2$  задержка окончания исследовательского этапа снижается до 2,2-5,3%.

Влияние нерегулярности финансирования на эффективность исследований было промоделировано для значений начальной вероятности  $p_0=0,3$  и  $p_0=0,5$ , отличных от рассмотренного ранее случая  $p_0=0,1$ . Из этого моделирования, показанного на рисунке 2.18, следует, что чем больше начальное значение вероятности  $p_0$ , тем более негативное влияние на эффективность исследований

оказывает нерегулярность поступления средств. Это объясняется тем, что значение  $p_0=0,1$  находится на участке незначительного роста логистической функции, а значение  $p_0=0,3$  и особенно  $p_0=0,5$  находятся на участке интенсивного возрастания логистической функции.



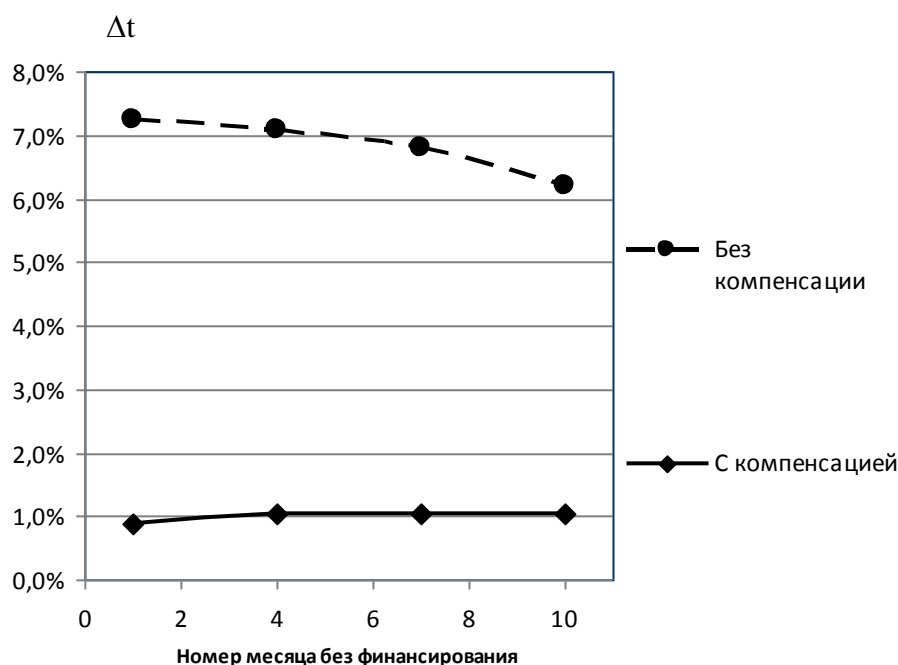
Источник: разработано автором.

Рисунок 2.18 - Влияние начального значения вероятности на задержку исследований при нерегулярном финансировании

Поэтому отсутствие финансирования при таких начальных значениях существенно замедляет достижение конечного значения вероятности, характеризующего завершение исследований.

В работе был рассмотрен также упомянутый ранее второй случай нерегулярного финансирования с компенсацией средств недополученных из-за перерыва в финансировании. На рисунке 2.19 показаны результаты моделирования нерегулярного финансирования с компенсацией недополученных средств и без компенсации. Эти результаты показывают, что 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. Ощутимо снижая негативные последствия нерегулярного финансирования, компенсация не позволяет полностью избежать задержки окончания исследовательского этапа.



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.19 - Влияние компенсации при не регулярном финансировании

Описанные выше результаты моделирования были получены в предположении, что в период отсутствия финансирования достигнутая вероятность, характеризующая эффективность исследований не снижается. Однако это не вполне соответствует реальной ситуации.

### ***2.5.3 Модель учета регресса исследований в период отсутствия финансирования***

При проведении научно-исследовательских работ большое значение имеет, преемственность исследований, правильная последовательность

исследований и их согласованность. Нарушение цепочки исследовательских процессов может привести к задержке в получении результатов и снижению их качества. Одной из наиболее распространенных причин приостановки исследований является нерегулярное финансирование или прекращение финансирования проекта. Нарушение регулярности финансирования заключается в отсутствии средств на проведение исследований в течение некоторого интервала времени. В такие периоды усилия исследователей направляются не столько на получение новых результатов, сколько на поддержание в рабочем состоянии или консервацию лабораторного оборудования, сохранение объектов исследования, результатов экспериментов и т. п. Не все материалы и объекты исследований (физические, химические, биологические субстанции) удается сохранить. Кроме того, возможен уход сотрудников из проекта. Некоторые результаты, например, социологические или маркетинговые, могут устареть. После возобновления финансирования эти исследования приходится повторять. Все это приводит к замедлению или даже к снижению результативности (регрессу) исследований.

С учетом сказанного выше вполне логично провести аналогию между описанными ранее процессами снижения вероятности правильного принятия решения о продолжении или прекращении проекта и процессами забывания накопленной информации и утраты полученных ранее знаний человеком.

Процесс забывания, как и регресс эффективности прикладных научных исследований — сложный и слабо формализованный процесс. Первые успешные попытки описать процесс забывания были осуществлены Германом Эббингаузом в 1885 году [117]. Он доказал, что объем сохраненной в памяти информации уменьшается со временем и этот процесс можно описать с помощью экспоненциальной кривой.



Такая кривая получила название «кривой забывания». «Кривая забывания» – это эмпирически установленная зависимость количества сохраненного в памяти материала от времени [118].

Помимо Эббингауза многие исследователи (С. П. Томпсон, Дж. Скворонский, С. Ф. Ларсен, А. Л. Бетц [119], А. Моль [120]) также приходят к выводу, что забывание «носит экспоненциальный характер». В [121] было предложено ограничивать снизу константой убывающую по экспоненте функцию, описывающую забывание автобиографических событий в виде (15):

$$R(t) = e^{-kt} + const, \text{ где} \quad (15)$$

R- доля сохраненной информации,

t- время с момента запоминания,

k- скорость забывания.

В соответствии с этой моделью имеется некоторый уровень остаточной информации, неснижаемый со временем.

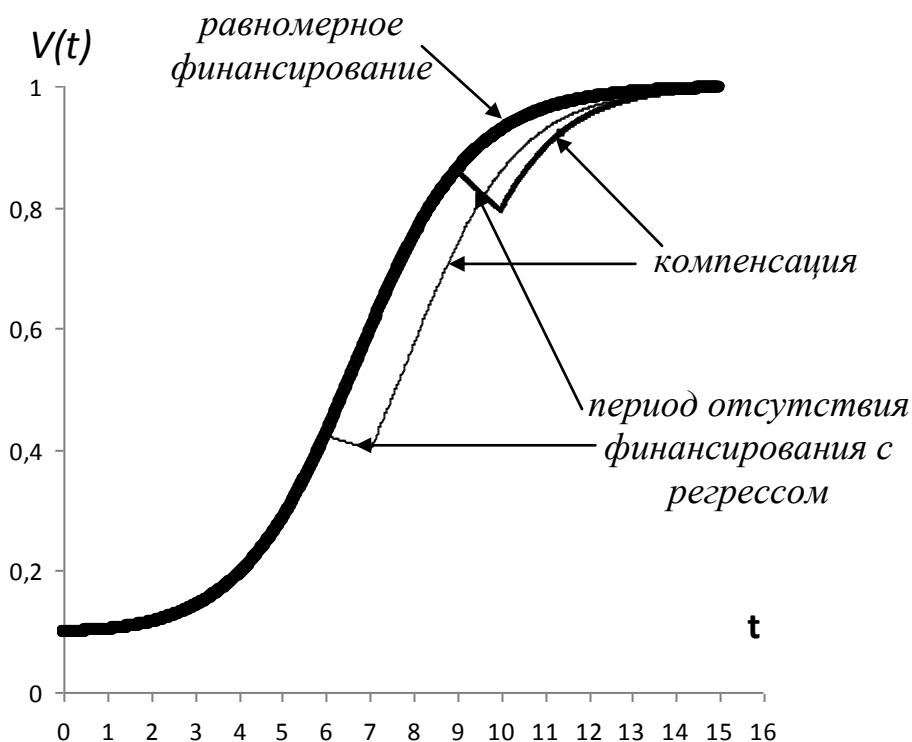
Для учета регресса эффективности исследований при отсутствии финансирования в модель были внесены изменения, основанные на аналогии с процессом забывания информации. Эти изменения касаются поведения функции при отсутствии финансирования. В новой модели с момента прекращения финансирования  $t_1$  вероятность  $p(t)$ , описывающая эффективность исследований, экспоненциально убывает от достигнутого значения  $p(t_1)$  до некоторого остаточного значения, которое меньше чем  $p(t_1)$ . Экспоненциальное убывание происходит с показателем  $\frac{1}{T_3}$  (постоянной времени  $T_3$ ). Считалось, что

остаточная эффективность не может быть меньше начального значения  $p_0$ .

Поэтому в модели остаточное значение определялось по формуле  $p_{ост} = \max\{p_0, \mu \cdot p(t_1)\}$ , где  $0 < \mu < 1$ . При моделировании использовались значения  $\mu = 0,3$  и  $T_3 = 3$  (то есть регресс происходит в 3 раза медленнее, чем

увеличение эффективности). Экспоненциальная функция (13), описывающая регресс или забывание, является решением линейного дифференциального уравнения первого порядка  $\dot{p} = \frac{1}{T_3}(p_{ocm} - p)$  с начальным условием  $p(0) = p(t_1)$ .

Рисунок 2.20 иллюстрирует поведение функции  $p(t)$  в случаях, когда учитывается и не учитывается регресс эффективности исследований при отсутствии финансирования. Для сравнения на этом рисунке показано изменение функции  $p(t)$  в случае непрерывного финансирования.

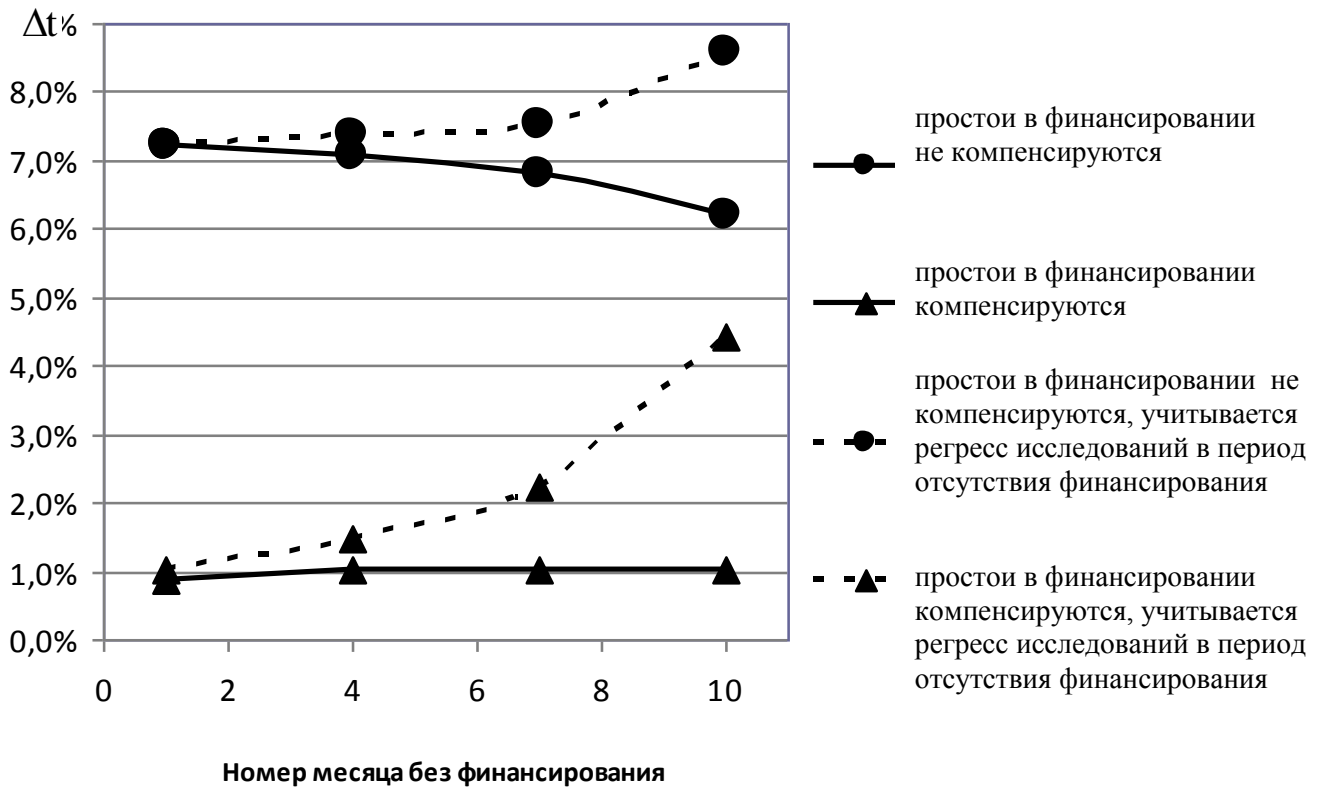


Источник: разработано автором.

Рисунок 2.20 - Изменение функции  $p(t)$  для различных вариантов моделирования нерегулярности финансирования

Результаты моделирования с учетом регресса и различным положением периода без финансирования показаны на рисунке 2.21. Из представленных данных видно, что учет регресса эффективности исследований на интервалах без

финансирования принципиально меняет вид зависимости увеличения продолжительности исследований от положения перерыва в финансировании.



Источник: разработано автором.

Рисунок 2.21- Задержка окончания исследований из-за перерыва в финансировании

С приближением перерыва к плановому сроку окончания исследовательского этапа продолжительность исследований до достижения заданного конечного уровня эффективности возрастает. Это объясняется тем, что при приближении к плановому сроку окончания этапа достигается большая эффективность и, следовательно, абсолютная величина регресса увеличивается и на его компенсацию после возобновления исследований требуется больше времени.

## 2.6 Выводы

Во второй главе диссертации предложена и исследована модель зависимости эффективности инновационного проекта от объема финансирования научных исследований на основе предложенных в первой главе подходов; показано, что модель обладает как объясняющими, так и прогностическими свойствами.

В рамках разработанной модели получены необходимые условия существования оптимального объема финансирования исследований. Для некоторых частных случаев зависимости вероятностей правильного принятия решений на исследовательском этапе получены более удобные для проверки условия существования оптимального объема финансирования. В частности, при равных вероятностях правильного принятия решения (о продолжении или прекращении реализации проекта) и их логической зависимости от объема финансирования, найдены формулы для оптимального объема финансирования и максимальной ожидаемой прибыли от реализации инновационного проекта.

Предложена динамическая модель финансирования инновационного проекта, позволяющая проследить, как периодическое нефинансирование инновационного проекта не только смещает срок окончания проекта на время отсутствия финансирования, но и постепенно увеличивает общую продолжительность проекта в зависимости от расположения периода нефинансирования – в начале исследований или ближе к концу. Динамическая модель позволяет учитывать влияние процессов регресса эффективности исследований в периоды отсутствия финансирования проекта и последующей их компенсации.

На основе предложенных во второй главе подходов проведено моделирование, результаты которого полностью согласуются с полученными условиями. Полученные результаты позволяют оценить предполагаемую эффективность инновационного проекта на этапе его планирования.

## **Глава 3. Модель формирования портфеля взаимозависимых инновационных проектов**

### ***3.1 Математическая формализация задачи формирования портфеля взаимозависимых проектов***

Для поддержания финансовой стабильности и конкурентоспособности компании разрабатывают сразу несколько проектов, образуя из них портфель. В последние десятилетия было разработано большое число методов и моделей, помогающих в выборе обоснованного решения при составлении такого портфеля [70, 89, 96, 97]. Большинство из таких методов применимы только для ситуаций, когда проекты, потенциально входящие в портфель, не зависят друг от друга. Не учитывается, что проекты могут использовать общие ресурсы компании: людские ресурсы, производственные мощности, технические средства, материалы и комплектующие и вынуждены их делить между собой. Поэтому в диссертации предлагается новый подход к формированию портфеля проектов, основанный на аналогии с теорией Г. Марковица [87] и учитывающий ресурсную конкуренцию между проектами. У Г. Марковица доходность ценных бумаг принимается за случайную величину и рассчитывается через математическое ожидание, а риск через стандартное отклонение. Портфель проектов так же имеет ожидаемый доход и связанный с ним риск. Отличия заключаются в том, что при формировании портфеля ценных бумаг можно проследить статистическую связь доходов ценных бумаг по прошлым торгам. При формировании портфеля проектов оценить статистические зависимости невозможно, так как каждый инновационный проект уникален [25]. Поэтому предлагается использовать модель взаимодействия проектов, основанную на учете совместного использования ресурсов [61].

Пусть имеется  $n$  проектов, из которых возможно формирование портфеля. Каждый проект требует для своей реализации  $k$  различных ресурсов

(финансовых, материальных, человеческих и др.). Поделим общий объем работ по портфелю на  $T$  этапов, требования к ресурсам на каждом этапе будем считать постоянными. В дальнейшем по результатам закрытия этапов работ можно будет пересматривать или перераспределять имеющиеся ресурсы. Обозначим через  $r_{ist}$  объем ресурса типа  $s$ , требуемого для реализации  $i$ -го проекта на этапе  $t$ , где  $t=1,2,\dots,T$ , причем  $r_{is} = \sum_{t=1}^T r_{ist}$ .

Общее количество ресурса типа  $s$ , которым располагает формирующая портфель компания, обозначим через (16):

$$R_s = \sum_{t=1}^T R_{st}, \quad (16)$$

где  $R_{st}$  - количество  $s$ -го ресурса, которым компания располагает на этапе  $t$ .

Будем считать, что выполнение  $i$ -го проекта дает доход  $E_i$ . Из-за воздействия различных случайных факторов доход в конце выполнения проекта может быть различным. Поэтому будем считать, что доход является случайной величиной. Риск проекта будем оценивать дисперсией  $D_i$  дохода от выполнения проекта (т.е. дисперсией случайной величины  $E_i$ ). Таким образом,  $i$ -й проект характеризуется параметрами  $E_i, D_i, r_{is}, s=1, 2, \dots, k$ .

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.

Доход  $E$  от выполнения портфеля проектов находится по формуле (17):

$$E = \sum_{i=1}^n E_i x_i \quad (17)$$

Риск портфеля проектов  $D$  предложено рассчитывать по формуле (18) как сумму риска портфеля проектов без учета их ресурсной взаимозависимости  $D_i$ , рассчитанного на основе традиционных методов, не учитывающих временной

аспект стоимости денег, и поправки учета ресурсной взаимозависимости  $d_t$  в течение одного интервала планирования  $t$ :

$$D = \sum_{t=1}^T (D_t + d_t) \quad (18)$$

Ресурсы, требуемые для реализации портфеля проектов, выражаются формулами (19) и (20):

$$r_s = \sum_{t=1}^T r_{st} \quad (19)$$

$$r_{st} = \sum_{i=1}^n r_{ist}, \quad s = 1, 2, \dots, k \quad (20)$$

Таким образом, портфель проектов можно рассматривать как новый проект с параметрами  $E, D, r_s, s = 1, 2, \dots, k$ .

### ***3.2 Способ учета ресурсной взаимозависимости проектов в портфеле***

Предлагаемый метод учета ресурсной взаимозависимости проектов заключается во введении коэффициента взаимосвязи проектов, который может рассматриваться как аналог коэффициента корреляции доходности акции в портфельной теории Г. Марковица.

Таким образом, поправка учета ресурсной взаимозависимости проектов портфеля на этапе  $t$  рассчитывается по формуле (21):

$$d_t = \sum_i^n \sum_j^n x_i x_j \rho_{ijt} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}, \quad \text{где } i \neq j, \quad (21)$$

где  $\rho_{ijst}$  – коэффициент связи между проектами  $i$  и  $j$  по ресурсу  $s$  на этапе  $t$ ;

Коэффициент взаимосвязи между  $i$  и  $j$  проектами по ресурсу  $s$  на этапе  $t$  рассчитывается по формуле (22):

$$\rho_{ijst} = 1 - \frac{R_s - \sum_{m=1}^n r_{mst}}{r_{ist} + r_{jst}}, \quad m \neq i, j, \quad r_{ist} + r_{jst} > 0 \quad (22)$$

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

$r_{mst}$  – объем ресурса типа  $s$ , требуемого для реализации всех проектов портфеля, кроме  $i$ -го и  $j$ -го проектов из общего числа  $n$  на этапе  $t$ ,

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

$r_{jst}$  – объем ресурса типа  $s$ , требуемого для реализации  $j$ -го проекта на этапе  $t$ .

Усредненный по всем видам ресурсов коэффициент взаимосвязи находится по формуле (23):

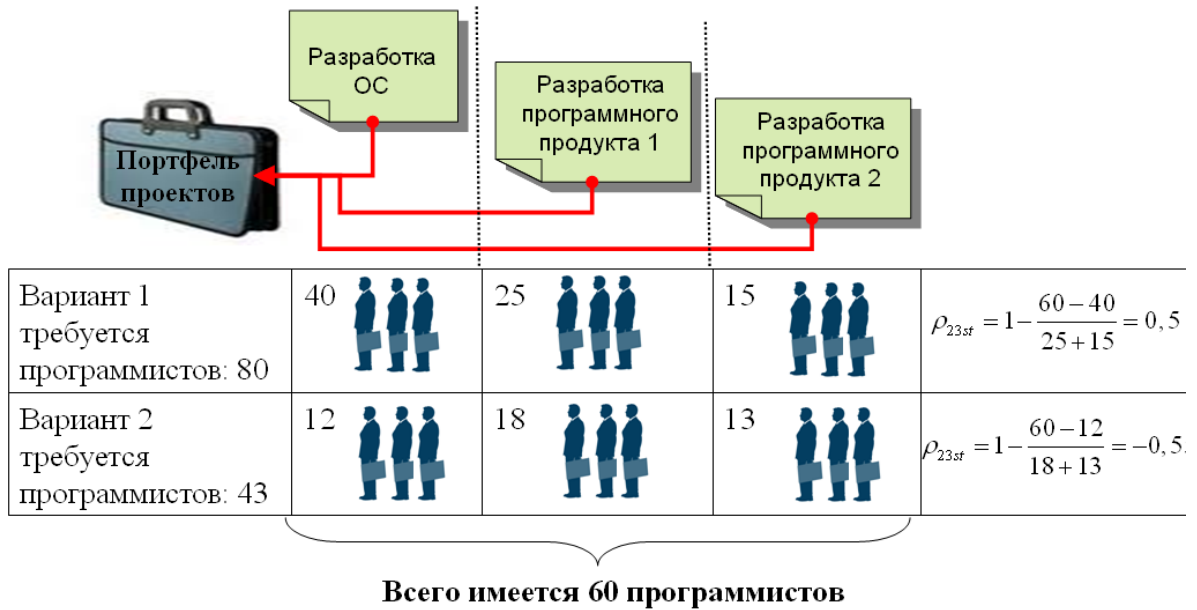
$$\rho_{ijt} = \frac{\sum_{s=1}^k \rho_{ijst}}{k} \quad (23)$$

где  $k$  – количество типов различных ресурсов.

Коэффициент связи количественно определяет влияние одного проекта на другой и отражает экономические связи между проектами через зависимость от общих ресурсов. Иными словами, коэффициент связи позволяет учитывать ситуацию, когда на этапе  $t$  суммарная потребность проектов  $i$  и  $j$  в общем ресурсе  $s$  превышает его наличие, и риск срыва этапа работ возрастает.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий назначение параметра  $d_t$ . Это проект по разработке новой операционной системы (1 проект) и проекты по разработке программ, работающих под этой ОС (2-й и 3-й проекты). У всех проектов есть общий людской ресурс – программисты (60 человек) в соответствии с рисунком 3.1.





Источник: разработано автором

Рисунок 3.1 - Пример, отражающий взаимосвязь проектов по общему ресурсу

Когда на этапе  $t$  в 1 варианте первому проекту необходимо 40 программистов, второму проекту – 25, третьему 15 возникает угроза завершения этапа работы не в полном объеме. Даже, если наиболее эффективным образом распределить программистов между проектами, определенная нехватка этого ресурса останется и  $\rho_{ij}$  позволяет отследить эти риски. Для этого случая, согласно (3.8)  $\rho_{23st} = 1 - \frac{60 - 40}{25 + 15} = 0,5$ , коэффициент связи по людским ресурсам будет положителен и через параметр  $d_t$  увеличит риск портфеля. Второй случай – обратный – программистов – в штате сверх необходимого,  $\rho_{23st} = 1 - \frac{60 - 12}{18 + 13} = -0,55$ , что страхует компанию на случай болезней, ухода персонала, непредвиденного увеличения трудоемкости работ. Этот запас прочности через коэффициент связи пропорционально снижает общий риск портфеля.

Однако, если возникнут сложности в проекте по созданию ОС, задержки в выпуске на рынок, или в отсутствии коммерческого успеха при продажах, то это также негативно скажется и на разработке/продаже программного обеспечения (ПО). Его просто некуда будет устанавливать. И наоборот активные продажи ОС

дадут сильный импульс разработчикам ПО (будут подгоняться растущим спросом) - коммерческий успех такому продукту заранее обеспечен. В то же время выгодные особенности ПО могут привлечь на сторону ОС дополнительных покупателей. Например, Pixelmator – графический редактор для Mac OS за 20 дней продаж в Mac App Store, принес разработчикам 1 миллион долларов прибыли [126]. С другой стороны, возможные сложности в разработке ПО могут привести к тому, что операционная система останется бесполезной без разнообразных утилит.

С точки зрения формирования портфеля проектов естественно рассматривать следующие задачи.

Задача 1. Получить максимальный доход при ограничении риска, иными словами, найти вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ , для которого

$$E = \sum_{i=1}^n E_i x_i \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$d_t = \sum_i^n \sum_j^n x_i x_j \rho_{ijt} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \leq d_{\max}.$$

Задача 2. Получить минимальный риск при сохранении дохода не меньше заданного уровня, иными словами, найти вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ , для которого

$$d_t = \sum_i^n \sum_j^n x_i x_j \rho_{ijt} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \rightarrow \min$$

при ограничениях

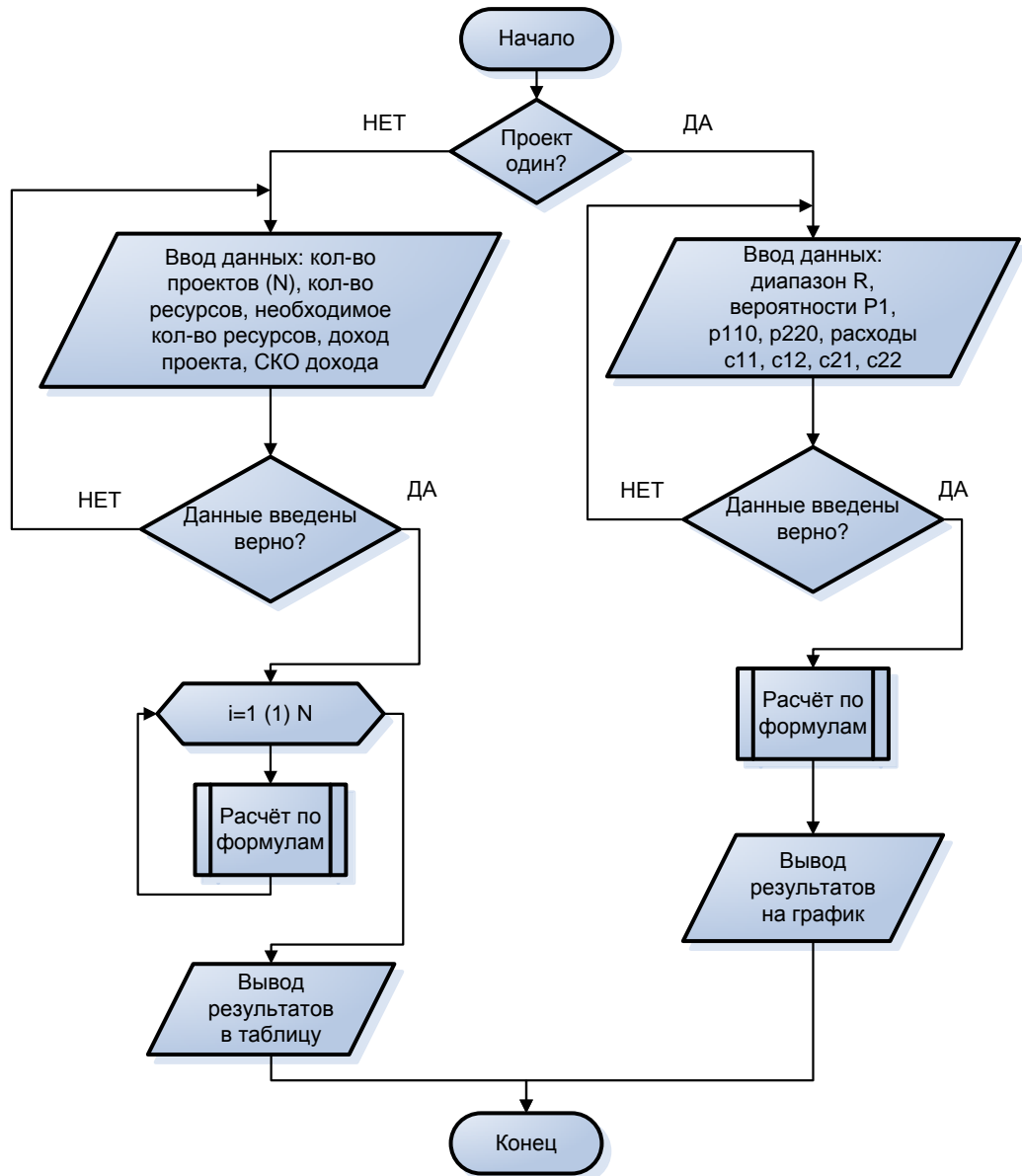
$$E = \sum_{i=1}^n E_i x_i \geq E_{\min}.$$

Отличие этих задач от тех, которые рассматриваются в теории Г. Марковица, заключается в том, что, во-первых, данные задачи являются нелинейными задачами булева программирования ( $x_i = 0$  или  $1$ ) и, во-вторых, в сформулированных задачах присутствуют ограничения на ресурсы.

### ***3.3 Использование СПР для формирования портфеля проектов***

Для решения задач 1 и 2 сформулированных в п.3.1. (поиск максимального дохода при ограничении риска и поиск минимального риска при сохранении дохода на заданном уровне) и помощи лицу принимающему решения (ЛПР) по вопросам включения или исключения потенциальных проектов в портфель предприятия разработан элемент системы принятия решения (СПР).

Особенности работы системы заключаются в следующем. Для ЛПР составляются структуры цены рассматриваемых проектов с ориентировочными стоимостями всех затрат и прибыли на каждый  $t$ -ый этап проекта. Статьи расходов переносятся в систему и группируются: расходы на материалы, расходы на людские ресурсы. И так по каждому рассматриваемому проекту. Далее вносятся значения того, сколько всего предприятие может выделить средств на материалы, людские ресурсы. СПР позволяет оценить перспективы различных вариантов портфеля проектов по их общей зависимости от одних и тех же ресурсов. Результатом этой оценки является параметр  $d_t$ , который в случае  $d_t < 0$  будем называть стабилизационным фондом (стабфондом), а в случае  $d_t \geq 0$  – добавочной поправкой учета ресурсной взаимозависимости портфеля проектов. На рисунке 3.2 изображен алгоритм работы системы.



Источник: разработано автором.

Рисунок 3.2 - Алгоритм работы системы СПР

Рассмотрим следующие варианты развития событий: проекты в портфеле претендуют на одни и те же ресурсы в соответствии с рисунком 3.1, в результате чего возникает дефицит некоторых ресурсов. Даже если правильно распределить имеющийся ресурс, то определенный дефицит все равно останется, что повлечет за собой дополнительный риск. И, напротив, если в портфеле достаточное количество ресурсов на все проекты, то дополнительного риска нет или даже

образуется стабфонд портфеля. СПР показывает результаты по всем комбинациям имеющихся проектов.

СПР имеет ряд особенностей:

- Механизм вычисления параметра  $d_t$  следующий. По каждому виду ресурсов  $s$  вычисляется коэффициент связи  $\rho_{ijst}$  между парами проектов  $i$  и  $j$  на этапе  $t$  по формуле (22), а затем и сам параметр  $d_t$  по формуле (21). При этом рассматриваются все возможности комбинации пар проектов. Физический смысл параметра заключается в претензии каждого из проектов в данной паре на общий ресурс.
- В предлагаемом подходе учитываются связи между проектами, входящими в портфель. Эти связи характеризуются коэффициентами связи  $\rho_{ij}$ . В частном случае, когда  $\rho_{ij} = 0$ ,  $i$ -й и  $j$ -й проекты независимы.
- Количество проектов в портфеле должно быть не менее двух.
- Расходы на материалы в рассмотренном примере составляют 0,04% от расходов на людские ресурсы. Это связано с тем, что модель описывает процессы эскизного проектирования, где основная статья расходов приходится на фонд оплаты труда (ФОТ).
- Прибыль от проектов в данном примере фиксированная и калькулируется как 84,5% от ФОТ (требование государственного заказчика). Рассматривается ситуация с инновационными проектами в России, где большинство инновационных проектов приходится на государственный заказ.
- ЛПР самостоятельно определяет следующие параметры: общее количество каждого ресурса и среднеквадратическое отклонение дохода проекта.

### ***3.4 Примеры использования СПР***

Рассмотрим примеры использования СПР.

Пример 1. Поиск оптимального объема финансирования для инновационного проекта.

Рассмотрим гипотетический инновационный проект. На начальном этапе группой экспертов проводится технико-экономический анализ проекта, по результатам которого проекту присваиваются вероятностные характеристики: априорная вероятность истинности проверяемой на исследовательском этапе гипотезы ( $P_1=0,4$ ), т.е. насколько изначально верное и обоснованное решение предложено разработчиками; вероятность  $p_0(r)=0,5$  показывает насколько высоко была проработана научная база по данной разработке (предшествующие НИР). А также экспертами оцениваются возможные прибыли и убытки, соответствующие различным исходам по итогам работы над проектом ( $c_{11}=40$ ,  $c_{12}=-20$ ,  $c_{21}=-2$ ,  $c_{22}=-2$ ). Так же определяется диапазон возможного финансирования исследовательской части проекта ( $-18 \leq r \leq 18$ ) с шагом равным 2. Полученные данные заносятся в программу как показано на рисунке 3.3.

Работа с одним проектом		Работа с пулом проектов		max доход / min риск портфеля проектов			
<b>Диапазон планируемого объема финансирования (R)</b>		От:	<input type="text" value="-18"/>	С шагом:	<input type="text" value="2"/>	До:	<input type="text" value="18"/>
Вероятность истинности гипотезы (P1)			<input type="text" value="0,4"/>				
Начальное значение вероятности правильного принятия решений в случае истинности проверяемой гипотезы (p110)			<input type="text" value="0,5"/>				
Начальное значение вероятности правильного принятия решений в случае ложности проверяемой гипотезы (p220)			<input type="text" value="0,5"/>				
Прибыль при правильном решении о реализации перспективного проекта (C11)			<input type="text" value="40"/>				
Расходы, связанные с ошибочным прекращением работ по перспективному направлению (C12)			<input type="text" value="-20"/>				
Убыток при ошибочном решении о целесообразности реализации бесперспективного проекта (C21)			<input type="text" value="-2"/>				
Расходы при правильном решении о закрытии бесперспективного проекта (C22)			<input type="text" value="-2"/>				
<input type="button" value="OK"/>							

Источник: разработано автором.

Рисунок 3.3 - Форма ввода данных для задачи поиска оптимального финансирования инновационного проекта

Результаты работы СПР выводятся в виде графика функции  $C(r)$ , при этом максимальное значение функции  $C(r)$  соответствует объему финансирования  $r=6$  млн. руб. в соответствии с рисунком 3.4.



Источник: разработано автором.

Рисунок 3.4 - Результаты работы программы для задачи поиска оптимального финансирования инновационного проекта

Финансирование  $r=6$  млн. руб. является оптимальным объемом финансирования для этого проекта. Превышение оптимального финансирования не придаст дополнительного прироста прибыли проекта и является необоснованным завышением стоимости и объема исследовательских работ. Снижение финансирования приведет к сокращению объема исследовательских и экспериментальных работ, что может привести к ошибочным результатам исследований.

Пример 2. Составление возможных портфелей из предложенных проектов с сопоставлением доходов портфелей и полученной поправки учета ресурсной взаимозависимости проектов.

Рассмотрим пример использования СПР, когда имеются 3, и рассматривается возможность включения их в портфель предприятия. По

каждому проекту составлены необходимые ресурсные затраты как показано на рисунке 3.5.

Работа с одним проектом | Работа с пулом проектов | max доход / min риск портфеля проектов

Количество рассматриваемых проектов: 3 | Количество различных ресурсов: 2

Проект	Необходимое количество ресурса 1	Необходимое количество ресурса 2	Необходимое количество ресурса 3	Необходимое количество ресурса 4	Необходимое количество ресурса 5	Доход проекта	СКО дохода проекта
Проект 1	2000	50000	0	0	0	13320	0,2
Проект 2	6000	150000	0	0	0	39959	0,3
Проект 3	16000	400000	0	0	0	106557	0,4
Проект 4	0	0	0	0	0	0	0
Проект 5	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>24000</b>	<b>600000</b>	0	0	0		
<b>Всего имеется ресурсов</b>	20000	270000	0	0	0		

Получить таблицу возможных портфелей

Источник: разработано автором.

Рисунок 3.5 - Форма ввода данных для задачи формирования портфеля взаимозависимых проектов

Результатом работы системы будет таблица, включающая все возможные комбинации составления портфеля из данных проектов: когда портфель состоит из всех 3 проектов или из различных комбинаций двух проектов. Для каждого портфеля указывается предполагаемый доход и рассчитывается поправка учета ресурсной взаимозависимости проектов в соответствии с рисунком 3.6.

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 3.6 - Результаты формирования портфеля взаимозависимых проектов



Анализ результатов отражён на рисунке 3.6 и 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 учета 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 учета 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 в портфель входят 1-ый и 3-ий проекты наблюдается достаточность материалов (с запасом) и недостаток людских ресурсов. Следовательно, добавочная поправка учета взаимозависимости по материалам принимает отрицательное значение, а по людским ресурсам – положительное. Итоговая добавочная поправка учета взаимозависимости имеет положительное значение 0,0116, а суммарный доход портфеля снизился на 25% (119 877 руб.).

4 при условии, что портфель включает 1-й и 2-й проекты. материалов и людских ресурсов более чем достаточно. Как следствие, добавочная поправка учета 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.

Пример 3. Решение задачи 1 поиска максимума дохода портфеля проектов при сохранении риска портфеля не выше заданного.

Также как и в предыдущем примере рассматриваются 3 проекта, претендующих на включение в портфель. Для каждого проекта необходимые ресурсы разбиваются на людские ресурсы и материалы в денежном эквиваленте. Между обоими ресурсами устанавливается процентная зависимость (для данного проекта это 4 % объема средств на людские ресурсы идет на материалы).

Определяются другие параметры: среднеквадратическое отклонение дохода проекта, возможности компании по выделению людских ресурсов и материалов в денежном эквиваленте, уровень допустимого риска портфеля. Производится выбор задачи по поиску максимума дохода портфеля как показано на рисунке 3.7.

Источник: разработано автором.

Рисунок 3.7 - Форма ввода исходных данных для задачи поиска максимального дохода портфеля проектов

Система заполняет стандартную форму для калькуляции ориентировочной структуры цены с учетом рассчитанной стоимости ресурсов как показано на рисунке 3.8.

СТРУКТУРА ЦЕНЫ		
на научно-техническую продукцию по государственному контракту от 08.06.2006 г. № ххххх		
ОКР "2"		
Этап 1		
Период работы с 28.10.2008 г. по 31.03.2011 г.		
№ п/п	Наименование статей расходов	Стоимость затрат, руб.
1	Материалы и комплектующие	651,50
2	ФОТ, в том числе:	5 134,81
3	личным сотрудникам	5 134,81
4	по договорам подряда	-
5	Отчисления на соц.страхование, в том числе:	1 345,32
6	личным сотрудникам (26,2%)	1 345,32
7	по договорам подряда	-
8	Накладные расходы от ФОТ, в том числе:	9 807,49
9	личным сотрудникам	9 807,49
10	по договорам подряда	-
11	Командировки	-
12	Прочие	-
13	Собственная себестоимость	16 932,13
14	Спецоборудование	-
15	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями	1 000 000,00
16	Полная себестоимость	1 016 932,13
17	Прибыль (84,5% от ФОТ штат.сотр.)	4 338,92
18	<b>Цена</b>	<b>1 021 278,04</b>
Первый заместитель главного конструктора ОКР "2"		А.В. Васильев

СТРУКТУРА ЦЕНЫ		
на научно-техническую продукцию по государственному контракту от 08.06.2006 г. № ххххх		
ОКР "1"		
Этап 1		
Период работы с 28.10.2008 г. по 31.03.2011 г.		
№ п/п	Наименование статей расходов	Стоимость затрат, руб.
1	Материалы и комплектующие	320,00
2	ФОТ, в том числе:	2 522,07
3	личным сотрудникам	2 522,07
4	по договорам подряда	-
5	Отчисления на соц.страхование, в том числе:	660,78
6	личным сотрудникам (26,2%)	660,78
7	по договорам подряда	-
8	Накладные расходы от ФОТ, в том числе:	4 817,15
9	личным сотрудникам	4 817,15
10	по договорам подряда	-
11	Командировки	-
12	Прочие	-
13	Собственная себестоимость	8 320,00
14	Спецоборудование	-
15	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями	310 000,00
16	Полная себестоимость	318 320,00
17	Прибыль (84,5% от ФОТ штат.сотр.)	2 131,15
18	<b>Цена</b>	<b>320 451,15</b>
Первый заместитель главного конструктора ОКР "1"		А.В. Васильев

СТРУКТУРА ЦЕНЫ		
на научно-техническую продукцию по государственному контракту от 08.06.2006 г. № ххххх		
ОКР "3"		
Этап 1		
Период работы с 28.10.2008 г. по 31.03.2011 г.		
№ п/п	Наименование статей расходов	Стоимость затрат, руб.
1	Материалы и комплектующие	1 200,00
2	ФОТ, в том числе:	9 457,76
3	личным сотрудникам	9 457,76
4	по договорам подряда	-
5	Отчисления на соц.страхование, в том числе:	2 477,93
6	личным сотрудникам (26,2%)	2 477,93
7	по договорам подряда	-
8	Накладные расходы от ФОТ, в том числе:	18 064,32
9	личным сотрудникам	18 064,32
10	по договорам подряда	-
11	Командировки	70 000,00
12	Прочие	-
13	Собственная себестоимость	101 200,01
14	Спецоборудование	-
15	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями	110 000,00
16	Полная себестоимость	211 200,01
17	Прибыль (84,5% от ФОТ штат.сотр.)	7 991,81
18	<b>Цена</b>	<b>219 191,81</b>
Первый заместитель главного конструктора ОКР "2"		А.В. Васильев

Источник: разработано автором.

Рисунок 3.8 - Структуры цены каждого проекта

Система формирует таблицу из возможных портфелей проектов. Для удобства дальнейшего использования для каждого портфеля выводится количество необходимых ресурсов, возможности компании по их

предоставлению, суммарный доход и поправка учёта взаимозависимости проектов. Например, в рассчитанном примере с ограничениями: параметра  $d \leq 0,15$ , расходы на людские ресурсы для 1 проекта  $8000 \text{ руб.} \leq r \leq 20000 \text{ руб.}$ , для 2-го  $8000 \text{ руб.} \leq r \leq 20000 \text{ руб.}$ , для 3-го  $15000 \text{ руб.} \leq r \leq 30000 \text{ руб.}$ , СПР показала следующие результаты, отражённые на рисунке 3.9.

Проекты, входящие в портфель	Итого требуется материалов, руб.	Всего имеется материалов, руб.	Итого требуется людских ресурсов, руб.	Всего имеется людских ресурсов, руб.	Суммарный доход портфеля, руб.	Поправка учёта взаимозависимости
1,2,3	2 171	1 600	54 287	25 000	14 462	0,1500
2,3	1 851	1 600	46 287	25 000	12 331	0,0357
1,3	1 520	1 600	38 000	25 000	10 123	0,0116
1,2	971	1 600	24 287	25 000	6 470	-0,0203

Источник: разработано автором.

Рисунок 3.9 - Результаты работы СПР для поиска максимального дохода портфеля проектов

Пример 4. Решение задачи 2 поиска минимума риска портфеля проектов при сохранении дохода портфеля не ниже заданного уровня.

Решение задачи поиска минимума риска портфеля проектов с помощью СПР аналогично задаче 1. Отличия заключаются лишь в выборе графы поиска минимума риска портфеля проектов и установлении минимального уровня дохода портфеля. В примере использовались следующие ограничения: суммарный доход портфеля проектов  $E \geq 20000 \text{ руб.}$ , расходы на людские ресурсы для 1 проекта  $r \geq 3000 \text{ руб.}$ , для 2-го  $r \geq 5000 \text{ руб.}$ , для 3-го  $r \geq 10000 \text{ руб.}$

Результаты работы СПР по поиску портфеля с минимальным риском представлены на рисунке 3.10.

Проекты, входящие в портфель	Итого требуется материалы, руб.	Всего имеется материалы, руб.	Итого требуется людских ресурсов, руб.	Всего имеется людских ресурсов, руб.	Суммарный доход портфеля, руб.	Поправка учёта взаимозависимости
1,2,3	3 003	1 600	75 077	25 000	20 000	0,1795
2,3	2 883	1 600	72 077	25 000	19 201	0,0659
1,3	2 803	1 600	70 077	25 000	18 668	0,0429
1,2	320	1 600	8 000	25 000	2 131	-0,0600

Источник: разработано автором.

Рисунок 3.10 - Результаты работы СПР для задачи 2

Несмотря на значительный вклад экспертных данных уточняющих входные данные по рассматриваемым проектам, моделирование показало, что система поддержки решения наглядно решает поставленные задачи, предоставляя результаты в виде количественной оценки и в удобном пользовательском интерфейсе (MS Excel).

### **3.5 Выводы**

На основе аналогии с теорией Г. Марковица предложен способ учета ресурсной взаимозависимости проектов в портфеле. Данный способ позволяет:

- учитывать ограничения на ресурсы организации;
- количественно оценить отношения между проектами реального портфеля;
- решать оптимизационные задачи: максимизации дохода при ограничении риска и минимизации риска при сохранении дохода

На основе моделей, предложенных во 2 и 3 главах разработан программный инструментарий в виде прототипа системы поддержки решения, обладающий удобным интерфейсом для решения вышеперечисленных задач.

## Заключение

От выбора инновационного проекта зачастую 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).

Развитие математического аппарата предложенных в диссертации моделей, через исследование других факторов, влияющих на эффективность инновационного проекта (таких как неравномерное финансирование) и усовершенствование системы поддержки решения представляет дальнейший интерес для автора.

## Список литературы

- 1 Акоф, Р. Основы исследования операций / Р. Акоф, М. Сасиени - М.: Мир, 1971 – 533с.
- 2 Александрова, Т.В. Управление инновационными проектами. Часть 1. Методология управления инновационными проектами: учеб. пособие / Т.В. Александрова [и др.]; под ред. И. Л. Туккеля – СПб.: СПбГТУ, 1999.-100 с.
- 3 Аньшин, В.М. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / В. М. Аньшин, А. А. Дагаев. – М.: Дело, 2006. — 584 с.
- 4 Аньшин, В.М. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности / В.М. Аньшин [и др.] - М.: МАТИ, 2008. – 194 с.
- 5 Аньшин, В. М. Инновационная стратегия фирмы / В. М. Аньшин. - М.: РЭА им. Г.В. Плеханова, 1995. – 45с.
- 6 Арчибальд, Р.Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами: Пер. с англ. / Р.Д. Арчибальд. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: АйТи, ДМК Пресс, 2004. – 472 с.
- 7 Балабанов, И.Т. Риск-менеджмент / И. Т. Балабанов. – М: Финансы и статистика, 1996. - 192с.
- 8 Баркалов, С.А. Методы агрегирования в управлении проектами / С. А. Баркалов, В.Н. Бурков, Н.М. Гилязов. – М.: ИПУ РАН, 1999. – 55 с.
- 9 Баркалов, С.А. Модели и методы распределения ресурсов в управлении проектами / С.А. Баркалов [и др.] - М.: ИПУ РАН, 2004. – 85 с.
- 10 Бурков, В.Н. Теория графов в управлении организационными системами / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. — М.: Синтег, 2001. - 124 с.



- 11 Бурков, В.Н. Модели и методы управления организационными системами / В.Н. Бурков, В.А. Ириков. – М.: Наука, 1994. - 270 с.
- 12 Бурков, В.Н. Модели и методы мультипроектного управления / В.Н. Бурков, О.Ф. Квон, Л.А. Цитович. - М.: ИПУ РАН, 1997. - 62 с.
- 13 Бурков, В.Н. Как управлять проектами / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ-ГЕО, 1997. – 195 с.
- 14 Шельгов, В. И. Будущее сетей NMT 450 / В. И. Шельгов // Сети и системы Связи. – 2000. - № 06.- С.38-45.
- 15 Валента, Ф. Управления инновациями / Ф. Валента. – М.: Прогресс, 1985. – 178 с.
- 16 Васильев, Д.К. Типовые решения в управлении проектами / Д.К. Васильев [и др.] – М.: ИПУ РАН, 2003. -75 с.
- 17 Воропаев, В.И. Управление проектами в России / В.И. Воропаев. – М.: Аланс, 1995. - 225 с.
- 18 Гольдштейн, Г.Я. Стратегические аспекты управления НИОКР / Г.Я. Гольдштейн. – Т: ТРТУ, 2000. – 244с.
- 19 Демкин, И.В. Методология управления инновационным риском (методы, модели, инструменты) / И.В. Демкин. - М.:МАТИ, 2008.– 429 с.
- 20 Демкин, И.В. Управление инновационным риском на основе имитационного моделирования. Часть 1. Основные подходы к оценке инновационного риска / И.В. Демкин // Проблемы анализа риска. – Т. 2.– 2005. №3. – С. 249-273.
- 21 Демкин, И.В. Метод оценки интегрированного риска портфеля инновационных проектов. Часть 1. Анализ основных подходов к оценке риска портфеля проектов / И.В. Демкин, Д.В. Перцев // Проблемы управления. – 2009. - № 3. – С. 54—60.

22 Демкин, И.В. Метод оценки интегрированного риска портфеля инновационных проектов. Часть 2. Методические особенности оценки интегрированного риска портфеля инновационных проектов / И.В. Демкин, Д.В. Перцев // Проблемы управления.— 2009. - № 4. – С. 39 – 45.

23 Кендалл, Дж. Современные методы Управления портфелями проектов и офис управления проектами: максимизация ROI: Пер с англ. / Дж. Кендалл, С. Роллинз. — М.: ПМСОФТ, 2004 — 576 с.

24 Джурабаева, Г.К. Система показателей комплексной оценки эффективности инновационных проектов с учетом риска финансирования нововведений / Г.К. Джурабаева, М.А Кручинин // Организатор производства . – 2007. - №3. – С.68-73.

25 Дорофеев, В.Д. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / В.Д. Дорофеев, В.А. Дресвянников. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 189 с.

26 Ендовицкий, Д.А. Организация анализа и контроля инновационной деятельности хозяйствующего субъекта / Д.А. Ендовицкий, С.Н. Коменденко. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 272 с.

27 Управление инновационным проектом: учебное пособие / С.Д. Ильенкова [и др.] - М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2003. – 105с.

28 Грей, К. Ф. Управление проектами. Практическое руководство: пер. с англ. / К.Ф. Грей, Э.У. Ларсон. – М.: Дело и сервис, 2003.- 528 с.

29 Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Коберн. — М: Лори, 2002 – 264 с.

30 Колосова, Е.В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами / Е.В. Колосова, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М.: ООО "НИЦ "Апостроф", 2000. - 156 с.

31 Концепция долгосрочного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Минэкономразвития РФ.: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. N 1662-р. – 211 с. [Электронный ресурс]. <http://www.economy.gov.ru> – режим доступа: <http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/strategicPlanning/concept/>(дата обращения: 29.03.11).

32 Коссов, В.В. Основы инновационного менеджмента / В.В. Коссов. – М.: Магистр, 2009. – 423 с.

33 Коссов, В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. - М.: Экономика, 2000. – 421 с.

34 Кузьмицкий, А. А. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники / А. А. Кузьмицкий, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 1993. – 68 с.

35 Лапуста, М.Г. Риски в предпринимательской деятельности / М.Г. Лапуста, Л.Г. Шаршукова. - М.: ИНФРА -М, 1998. - 224 с.

36 Лукасевич, И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений: учебн. пособие для вузов / И.Я. Лукасевич. – М.: Финансы, ЮНИТИ, 1998. – 400 с.

37 Лукасевич, И.Я. Инвестиции: учебник / И.Я. Лукасевич. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 413 с.

38 Матвеев, А.А. Модели и методы распределения ресурса при управлении портфелями проектов / Матвеев А.А. // Управление большими системами. Сборник трудов. Выпуск 10. - М.: ИЛУ РАН, 2005. С. 98-106.

- 39 Матвеев, А.А. Модели и методы формирования портфеля проектов / А.А. Матвеев, Д.А. Новиков // Информационная экономика: сб. тр. - М.: МГУ, 2005. С. 138- 149.
- 40 Матвеев, А.А. Модели и методы управления портфелями проектов / А.А. Матвеев, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. - М.: ПМСОФТ, 2005. - 206 с.
- 41 Баркалов, С.А. Математические основы управления проектами: учебное пособие / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др.; под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высшая школа, 2005 – 423с.
- 42 Мерриден, Т. Бизнес путь: Nokia. Секреты успеха самой быстроразвивающейся компании в мире / Т. Мерриден. - СПб.: Крылов, 2003.- 192 с.
- 43 Новиков, Д.А. Закономерности итеративного научения / Д.А. Новиков. – М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 77 с.
- 44 Новиков, Д.А. Управление проектами: организационные механизмы / Д.А. Новиков. – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.
- 45 Новиков, Д.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы / Д.А. Новиков, А. А. Иващенко. — М.: Ленанд, 2006. – 336 с.
- 46 Полтерович, В.М. Диффузия технологий и экономический рост. Препринт / В.М. Полтерович, Г.М. Хенкин. – М.: ЦЭМИ АН СССР, 1988. – 37 с.
- 47 Полтерович, В.М. Эволюционная модель экономического роста / В.М. Полтерович, Г.М. Хенкин. // Экономика и математические методы. – Т. 25. – 1989. - № 3. – С. 518-531.
- 48 Попова, А. Ю. Оценка риска инвестиционного проекта [Электронный ресурс]/ А. Ю. Попова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал

КубГАУ). – 2006. - № 3 – режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/03/pdf/07.pdf>  
(дата обращения 10.11.2014)

49 Сменцарев, Г.В. Производство и научно-технический прогресс оборудование / Г.В Сменцарев // Телекоммуникации. Московский информационный вестник. – 1998, №116. – С. 64-78.

50 Романов, В.С. Классификация рисков: принципы и критерии / В.С. Романов // Финансы и кредит. – 2006 - №2. - С. 23-24.

51 Романов, В.С. Механизм управления рисками предприятия в современных условиях хозяйствования: диссертация канд. экон. наук: 08.00.05: Ульяновск, 2002.- 158 с.

52 Сменцарев, Г.В. Рынок телекоммуникационных услуг мобильная связь // Г.В Сменцарев // Телекоммуникации. Московский информационный вестник. – 1998- №136. – С. 12-19.

53 Санто, Б. Инновация как средство экономического развития / Б. Санто — М.: Прогресс, 1990. – 296 с.

54 Севрук, В.Т. Методики формирования рейтингов странового/суверенного риска / В.Т. Севрук // Банковское дело. – 2006. - №1.- С.11-15.

55 Тишкина, Э.Д. Подходы к оценке рисков инновационного проекта / Э.Д. Тишкина, И.В. Леонова // Вестник РГГУ. - 2009. - N 3. - С. 172-179.

56 Токаренко, Г.С. Методы оценки рисков / Г.С. Токаренко // Финансовый менеджмент.- 2006.- №6. – с.129-143.

57 Уткин, Э.А. Управление рисками предприятия: учебно-практическое пособие / Э.А. Уткин, Д.А. Фролов. – М.: ТЕИС, 2003. – 247с.

58 Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд./ Р.А. Фатхутдинов. – СПб.: Питер, 2008. – 448с.

59 Экономико-математические методы и модели: учебн. пособие / Н.И. Холод [и др.]; под ред. А.В. Кузнецова. – Мн.: БГЭУ, 1999.– 413 с.

60 Цветков, А.В. Стимулирование в управлении проектами / А.В. Цветков – М.: ООО "НИЦ "АПОСТРОФ", 2001. - 143 с.

61 Шомова, Е. Н. Модель формирования оптимального портфеля взаимозависимых инновационных проектов / Е. Н. Шомова // Управление проектами и программами, 2011.- №4 - С. 262-269.

62 Шомова, Е.Н. Влияние объема финансирования научных исследований на эффективность инновационного проекта / Е.Н. Шомова // Транспортное дело России (Экономика, управление, транспорт) – 2010. -№5. – С.25-27.

63 Шомова, Е.Н. Особенности финансирования инновационного проекта / Е.Н. Шомова, А.П. Ктрсанов // Матер. IV Международной школы-симпозиума «Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем» (АМУР-2010). - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.- С.340-342.

64 Шомова, Е.Н. Особенности инновационных проектов / Е.Н. Шомова // Матер. Ежегодной студенческой научно-практической конференции «Информационные технологии в экономике, бизнесе, управлении». — Изд. дом Государственного университета - Высшей школы экономики, 2009. – С.1128-1129

65 Шумпетер, И. Теория экономического развития / И. Шумпетер – М.: Прогресс, 1982. – 72 с.

66 Яблонский, А.И. Математические модели в исследовании науки / А.И. Яблонский. -М.: Наука, 1986. - 352 с.

67 Яблонский, А.И. Модели и методы исследования науки / А.И. Яблонский. – М.: Эдиториал УРСС ,2001. – 400 с.

- 68 Яковец, Ю.В. Инновации: теория, механизм, государственное регулирование: учебное пособие / Ю.В. Яковец. – М.: РАГС, 2002. – 236 с.
- 69 Янсен, Ф. Эпоха инноваций / Ф. Янсен– М.:ИНФА-М, 2002.– 308 с.
- 70 Henriksen, A.D. A practical R&D project-selection scoring tool/ A.D. Henriksen, A.J. Traynor // IEEE Transactions on Engineering Management. – 1999.- February.- pp. 158-170.
- 71 Atkinson, R. C. Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.) / R. C. Atkinson, R.M. Shiffrin. // The Psychology of Learning and Motivation, New York: Academic Press, Vol 2, 1968. -pp. 89-195.
- 72 Bass, F.M. A New Product Growth Model For Consumer Durables / F.M. Bass // Management Science. 1969. - V. 15. - pp. 215-227.
- 73 Brenner, M. Sales Growth and Rand D in the Chemical Industries / M. Brenner, V. Rushton // Research Technology Management. March—April 1989.- pp. 8-15.
- 74 Bush, R. Stochastic Models for Learning / R. Bush, F. Mosteller // New York: Wiley.,1955 – 365 p.
- 75 Cooper, R.G. How Companies are reinventing their Idea–To–Launch methodologies / R.G. Cooper // Research. Technology Management. March—April 2009.- Vol 52, No2.- pp. 47-57.
- 76 Cooper, R.G. Portfolio Management in New Product Development: Lessons Learned from the Leaders, Phase II / R.G. Cooper, S.J. Edgert, E.J. Kleinschmidt // Project Portfolio Management, Selecting and Prioritizing Projects for Competitive Advantage– West Chester, PA: Center for Business Practices, 1999.- pp. 23-38.

- 77 Cooper, R.G. Maximizing productivity in product innovation/ R.G. Cooper, S.J. Edgett // Research-Technology Management. Vol. 51, No. 2, March-April 2008.- pp. 2-15.
- 78 Cooper, R.G. Ideation for product innovation: What are the best methods? / Cooper, R.G., Edgett, S. J. //Visions Magazine "Insights into Innovation". March, 2008.- pp.12-17.
- 79 Cooper, R.G. Selecting Winning New Product Projects: Using The New-Prod System / R.G. Cooper// Journal of Product Innovation Management, No.2, 1985, pp. 34-44.
- 80 Cuellar, E.A. Ultralife's polymer electrolyte rechargeable lithium-ion batteries for use in the mobile electronics industry. / E.A. Cuellar, M.E. Manna, R.D. Wise et al. // Journal of power., vol. 96, June 2001, pp. 184-198.
- 81 Steinbock, D. Winning Across Global Markets: How Nokia Creates Strategic Advantage in a Fast-Changing World / D. Steinbock. - Jossey-Bass, 2010, 304 p.
- 82 Verma, D. Toward a theory of project interdependencies in high tech R&D environments / D. Verma, K.K. Sinha // Journal of Operations Management – 2002, September, pp. 451–468.
- 83 Frame, J. Davidson. Selecting Projects That Will Lead to Success / F.J. Davidson. Project Portfolio Management, Selecting and Prioritizing Projects for Competitive Advantage – West Chester, PA: Center for Business Practices, 1999, pp. 169-182.
- 84 Fox, G. Edward. Models for R and D Project Selection in the Presence of Project Interactions. / G.E. Fox, N.R. Baker, J.L. Bryant // Management Science, Vol. 30, No. 7 (Jul., 1984), pp. 890-902.



- 85 Global R&D Report 2008 /C.F. Kohrt // Advantage. Business Media. - 2007 p.16.
- 86 Griliches, Z. Productivity, R&D and Basic Research at the firm level in the 1970's. / Z. Griliches // National Bureau of Economic Research. Jun 1986, pp. 82-99.
- 87 Markowitz, H. Efficient portfolios, sparse matrices, and entities / H. Markowitz // A retrospective, Operations Research –2002, January-February, pp. 154–160.
- 88 Hosley, W. N. Managing Higt-Technology Research Projects for Maximum Effectiveness / W. N. Hosley. The AMA Handbook of Project Management, edited by Paul C. Dinsmore. – New York: AMACOM American Management Association, 1993, pp. 377-387.
- 89 Martino, J.P. Research and Development Project Selection. / J.P. Martino Wiley-Interscience Publication, New York, 1995.
- 90 Tahvanainen, M. Expatriate performance management: The case of Nokia Telecommunications. / M. Tahvanainen. Human Resource Management., vol. 39, 2000, pp: 267-275.
- 91 Dickinson, M.W. Technology portfolio management: Optimizing interdependent projects over multiple time periods / M.W. Dickinson, A.C. Thornton, S. Graves // IEEE Transactions on Engineering Management –2001, November, pp. 518–527.
- 92 National Science Board. Sciences Engineering Indicators -2004. pp. 4—22.
- 93 Nokia annual report 1996, [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ddd.uab.cat/pub/infanu/30085/iaNOKIAa1996ieng.pdf> (дата обращения 15.12.2013). -77 p.

- 94 Nokia annual report 1997, [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ddd.uab.cat/pub/infanu/30085/iaNOKIAa1997ieng.pdf> (дата обращения 17.12.2013).- 83 p.
- 95 Nokia annual report 1998, [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ddd.uab.cat/pub/infanu/30085/iaNOKIAa1998ieng.pdf>. (дата обращения 15.12.2013).- 101 p.
- 96 Pons, D. Project management for new product development. / D. Pons //Project management Journal, Vol. 39, No. 2, Yune, 2008 pp. 82-92
- 97 Project management Institute. A guide to the project management body of knowledge. – Pennsylvania: Project Management Institute, 2004. – 105 p.
- 98 Radulescu, C.Z. Project Portfolio Selection Models and Decision Support / C.Z. Radulescu, M. Radulescu // Studies in Informatics and Control. Vol. 10, No 4, 2001.— pp. 29–35.
- 99 Твисс, Б. Управление научно-техническими инновациями / Б. Твисс М.: Экономика, 1989. – 388 с.
- 100 Агарков, С.А. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика: учебное пособие / С.А. Агарков, Е.С. Кузнецова, М.О. Грязнова. – М.: Академия Естествознания, 2011 - 143 с.
- 101 Beryl, V. L. The Costs of Innovation / V. L. Beryl // Science 30 April 2010. Vol. 328, p. 571.
- 102 Отчет о ходе финансирования проектов Комиссии при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России в 2011 году [Электронный ресурс], 2011 - 48 с.– режим доступа: <http://www.gosbook.ru/node/49687> (дата обращения: 08.03.12).
- 103 Мартино, Дж. Технологическое прогнозирование / Дж. Мартино. – М.: Прогресс, 1977 – 592 с.

- 104 Enos, J. L. Invention and Innovation in the Petroleum Refining Industry. / J.L. Enos, // National Bureau of Economic Research 1962.— pp. 299 – 322.
- 105 Clark, K. B. Managing New Product and Process Development: Text and Cases / K. B. Clark, S. C. Wheelwright. N.Y. Free Press, 1993, P. -264.
- 106 Cooper, R.G. Winning at new products. Accelerating the process from idea to launch. / R.G. Cooper. Cambridge Perseus Publishing, 2001.— pp. 112 – 115.
- 107 Armstrong, J.S. Long-Range Forecasting for International Markets. / J.S. Armstrong. Marketing and The New Science of Planning. Homewood, American Marketing Association, 1968, P. -218.
- 108 Schoeffler, S. The Failures of Economics: A Diagnostic Study / S. Schoeffler. Cambridge, Mass Harvard Univ. Press, 1955, P. -198.
- 109 Янч, Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч – М.: Прогресс. 1970 – 568с.
- 110 Modis, T. Forecasting the growth of complexity and change Original Research Article / T. Modis. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 69, Issue 4, May 2002.— pp. 377 – 404.
- 111 Isenson, R. S., Technological Forecasting in Perspective. / R.S. Isenson. Management Science. Febr. 1966, P. 24.
- 112 Better, M. Selecting project portfolios by optimizing simulations. / M. Better, F. Glover, The Engineering Economist. 2007, № 51.— pp. 81–97.
- 113 Walls, M.R. Combining decision analysis and portfolio management to improve project selection in the exploration and production firm / M.R. Walls // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2004, № 44.— pp. 55–65.
- 114 Tidd, J., Bessant, J., Pavitt K. Managing Innovation. / J. Tidd, J. Bessant, K. Pavitt. Second ed., John Wiley & Sons Ltd, England. 2003, P.– 388.

- 115 Griliches, Z. Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. / Z. Griliches // *Econometrica*. 1957, 25 (4), — pp. 501–522.
- 116 Griliches, Z. Research cost and social returns: Hybrid corn and related innovations. / Z. Griliches // *Journal of Political Economy*, 1958, 66 (5), — pp. 419–431.
- 117 Эббингауз, Г. Ассоциативная психология / Г. Эббингауз, А. Бэн. – М.: АСТ, 1998. - 526с.
- 118 Черемошкина, Л.В. О забывании учебного материала / Л.В. Черемошкина, Т.Н. Осинина // *Экспериментальная психология*. 2011. №3. С. 97-125.
- 119 Thompson, C. P. *Autobiographical Memory: Remembering What and Remembering When*. / C.P. Thompson, J.J. Skowronski, S.F. Larsen, A.L. Betz. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1996. – 205 p.
- 120 Моль, А. Социодинамика культуры / А. Моль – М.: Прогресс 1973. — 403 с.
- 121 Карпенко, М.П. Модель возрастного изменения восприятия времени / М.П. Карпенко, Е.В. Чмыхова, А.Т.Терехин // *Вопросы психологии* 2009. -№2. – С. 81-87.
- 122 Новиков, Д.А. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах / Д.А. Новиков, А.Л. Суханов. – М.: Институт управления образованием РАО, 2005. – 80 с.
- 123 Мыльников, Л. А. Микроэкономические проблемы управления инновационными проектами / Л. А. Мыльников. // *Проблемы управления*. – 2011. - № 3. – С.2–11.
- 124 Better, M., Glover, F. Selecting project portfolios by optimizing simulations / M. Better, F. Glover // *The Engineering Economist*.- 2007, № 51. pp. 81–97.

- 125 Аакер, Д. Стратегическое рыночное управление / Д. Аакер. — СПб.: Питер, 2007. — 496 с.
- 126 Pixelmator. Достойный аналог Adobe Photoshop. Часть 1: Интерфейс и меню настроек [Электронный ресурс]. — режим доступа: <http://appstudio.org/reviews/pixelmator-dostojny-j-analog-adobe-photoshop-chast-1-interfe.html> (дата обращения 28.01.2013).
- 127 Шарп, У. Ф. Инвестиции / У. Ф. Шарп, Г. Дж. Александер, Дж. В. Бейли. - М.: Инфра-М, 2003 –1028 с.
- 128 Stevens, Greg A., 3000 Raw Ideas = 1 Commercial Success / Greg A. Stevens, J. Burley // Research Technology Management, 1997, May-June, pp. 16-27.
- 129 Макаров, В. Л. Обзор математических моделей экономики с инновациями / В. Л. Макаров // Экономика и математические методы, 2009, том 45, -№ 1, С. 3-14.
- 130 Foster, R. Innovation: The Attacker's Advantage./ R. Foster. Macmillan. New York. – 1986. – P. 316.
- 131 Modis, T. Forecasting the growth of complexity and change / T. Modis // Technological Forecasting and Social Change – 2002. Vol. 69, N 4. – pp. 377– 404.
- 132 Van der Erve, M. The Power of Tomorrow's Management./ M. Van der Erve, Heinemann. London – 1989. Ch. 7. .— pp. 357 – 364.

## Приложение А

(обязательное)

### Варианты использования СПР

Рассмотрим варианты использования СПР. Для описания вариантов использования СПР использованы методики описанные в [29].

Вариант 1. Нахождение оптимального объема финансирования проекта.

Условия начала работы: пользователь нажал кнопку «Начать расчет».

Основной сценарий работы:

1. Программа выводит форму ввода данных в соответствии с рисунком А.1;

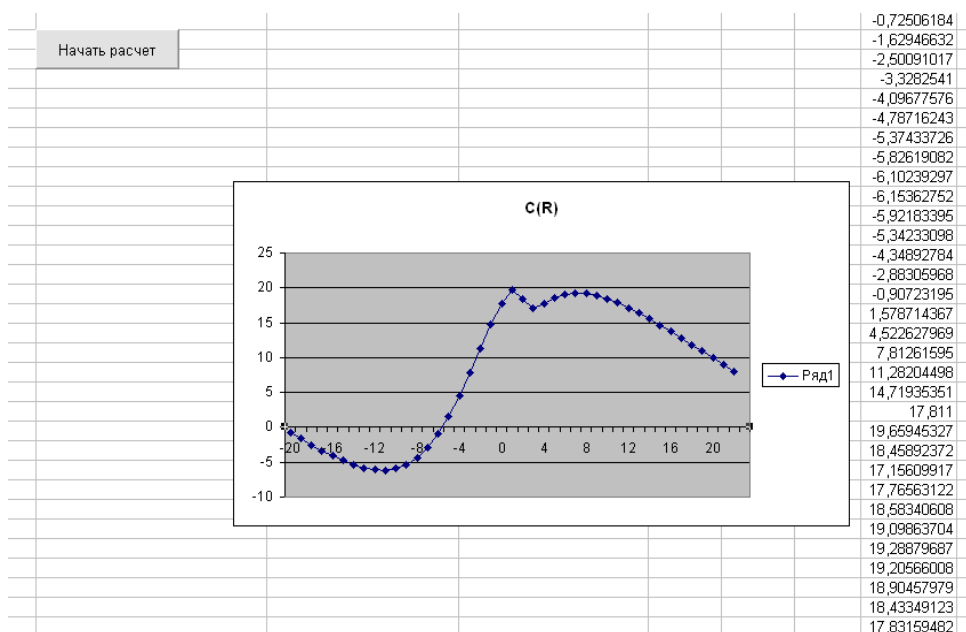
Источник: разработано автором.

Рисунок А.1 - Форма ввода данных для задачи поиска оптимально  
финансирования проекта

2. Пользователь вводит значения параметров: диапазон планируемого объема финансирования  $r$  исследовательского этапа, шаг, априорная вероятность истинности проверяемой на исследовательском этапе гипотезы ( $P_1$ ), начальное значение вероятности правильного принятия решений в случае истинности проверяемой гипотезы ( $p_{110}$ ), начальное

значение вероятности правильного принятия решений в случае ложности проверяемой гипотезы ( $p_{220}$ ), прибыль при правильном решении о продолжении его реализации ( $c_{11}$ ), расходы, связанные с ошибочным прекращением работ после исследовательского этапа ( $c_{12}$ ), убыток на заключительных этапах инновационного проекта при ошибочном решении о целесообразности реализации проекта ( $c_{21}$ ), расходы, связанные с закрытием проекта после исследовательского этапа при правильном принятии решения о невозможности эффективной реализации всего проекта в целом ( $c_{22}$ ); указывает необходимость построения кусочно-линейной аппроксимации графика функции математического ожидания прибыли/убытка проекта и нажимает кнопку «Ok»;

3. Программа проверяет корректность введенных пользователем данных;
4. Программа находит оптимальный объем финансирования и выводит результаты в виде графика функции математического ожидания прибыли/убытка проекта и значения оптимального объема финансирования рисунок А.2.



Источник: разработано автором.

Рисунок А.2 - Результат работы СПР по поиску оптимального финансирования

5. Пользователь завершает работу системы.

Альтернативный сценарий работы. В программе разработаны средства защиты от некорректного ввода в виде сообщений об ошибках, например:

3.1 Введенные пользователем данные некорректны

3.1.1 Программа выводит сообщение об ошибке: «Введены некорректные данные». После нажатия пользователем кнопки «ОК» в диалоговом окне программа снова отображает форму ввода данных.

4.1. Оптимальный объем финансирования не существует

4.1.1. Программа выводит информационное сообщение: «Оптимальный объем финансирования не найден. Введите новые данные».

Пользователь нажимает кнопку «Начать расчет »

5.1.1. Результаты предыдущего расчета обнуляются, и программа переходит на 1 пункт основного сценария работы.

Вариант 2. Составление оптимального портфеля проектов.

Условия начала работы: пользователь нажал кнопку «Начать расчет».

Основной сценарий работы:

1. Программа выводит форму ввода данных в соответствии с рисунком А.3;



Работа с одним проектом | Работа с пулом проектов | max доход / min риск портфеля проектов

Количество рассматриваемых проектов: 3 | Количество различных ресурсов: 2

Проект	Необходимое количество ресурса 1	Необходимое количество ресурса 2	Необходимое количество ресурса 3	Необходимое количество ресурса 4	Необходимое количество ресурса 5	Доход проекта	СКО дохода проекта
Проект 1	2000	50000	0	0	0	13320	0,2
Проект 2	6000	150000	0	0	0	39959	0,3
Проект 3	16000	400000	0	0	0	106557	0,4
Проект 4	0	0	0	0	0	0	0
Проект 5	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>24000</b>	<b>600000</b>	0	0	0		
<b>Всего имеется ресурсов</b>	20000	270000	0	0	0		

Получить таблицу возможных портфелей

Источник: разработано автором.

Рисунок А.3 - Форма ввода данных для задачи поиска оптимального портфеля проектов

2. Пользователь вводит значения параметров: количество рассматриваемых проектов, количество различных ресурсов.
3. Программа проверяет корректность введенных пользователем данных и делает активными для ввода ячейки «Необходимое количество ресурса», «Доход проекта», «СКО дохода проекта» и «Всего имеется ресурсов».
4. Пользователь вводит значения параметров «Необходимое количество ресурса», «Доход проекта», «СКО дохода проекта» и «Всего имеется ресурсов» и нажимает кнопку «ОК».
5. Программа проверяет корректность введенных пользователем данных и формирует оптимальный портфель проектов, выводит результаты в виде таблицы, где указывается: какие проекты входят в портфель, суммарный доход портфеля, поправка учёта взаимозависимости проектов в соответствии с рисунком А.4.

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 А.4- Результаты работы программы по поиску оптимального портфеля

б. Пользователь завершает работу программы.

Альтернативный сценарий работы:

3.1 Введенные пользователем данные некорректны

3.1.1 Программа выводит сообщение об ошибке: «Введены некорректные данные». После нажатия пользователем кнопки «ОК» в диалоговом окне программа снова отображает форму ввода данных.

Пользователь нажимает кнопку «Начать расчет»

6.1.1. Результаты предыдущего расчета обнуляются, и программа переходит на 1 пункт основного сценария работы.

Вариант 3. Решение задачи нахождения максимального дохода портфеля проектов при ограничении риска и задачи поиска минимального риска для портфеля проектов при сохранении дохода не меньше заданного уровня.

Условия начала работы: пользователь нажал кнопку «Начать расчет».

Основной сценарий работы:

1. Программа выводит форму ввода данных рисунок А.5;

Работа с одним проектом | Работа с пулом проектов | max доход / min риск портфеля проектов

Проект1  
 Диапазон планируемого объема людского ресурса для 1 проекта, руб. СКО дохода проекта 1  
 От: 8000 До: 20000 0,2

Проект2  
 Диапазон планируемого объема людского ресурса для 2 проекта, руб. СКО дохода проекта 2  
 От: 12000 До: 20000 0,3

Проект3  
 Диапазон планируемого объема людского ресурса для 3 проекта, руб. СКО дохода проекта 3  
 От: 15000 До: 30000 0,4

Всего имеется материалов, руб. 1600

Всего имеется людских ресурсов, руб. 25000

поиск максимального дохода портфеля проектов при ограничении риска до 0,15

поиск минимального риска для портфеля проектов при сохранении дохода не менее \_\_\_\_\_ руб.

OK

Источник: разработано автором.

Рисунок А.5 - Форма ввода данных для задачи поиска минимума риска/максимума дохода с ограничениями

- Пользователь вводит значения параметров: количество проектов входящих в портфель, необходимое количество ресурса для каждого проекта, доход каждого проекта, СКО дохода каждого проекта, допустимый диапазон объема каждого из ресурсов и выбирает какую задачу будет решать: нахождение максимального дохода портфеля проектов и/или поиск минимального риска для портфеля и нажимает кнопку «ОК»;
- Программа проверяет корректность введенных пользователем данных;
- Программа находит решение для задач, выбранных пользователем в п. 2 и выводит результаты в виде таблицы, как показано на рисунке А.6.

Проекты, входящие в портфель	Итого требуется материалов, руб.	Всего имеется материалов, руб	Итого требуется людских ресурсов, руб.	Всего имеется людских ресурсов, руб.	Суммарный доход портфеля, руб.	Поправка учёта взаимозависимости
1,2,3	2 171	1 600	54 287	25 000	14 462	0,1500
2,3	1 851	1 600	46 287	25 000	12 331	0,0357
1,3	1 520	1 600	38 000	25 000	10 123	0,0116
1,2	971	1 600	24 287	25 000	6 470	-0,0203

Источник: разработано автором.

Рисунок А.6 - Результаты работы СПР по поиску максимального дохода проекта, привнесенных ограничениях

5. Пользователь завершает работу системы.

Альтернативный сценарий работы:

3.1 Введенные пользователем данные некорректны

3.1.1 Программа выводит сообщение об ошибке: «Введены некорректные данные». После нажатия пользователем кнопки «ОК» в диалоговом окне программа снова отображает форму ввода данных.

4.1 Решение задачи нахождения максимального дохода портфеля проектов при ограничении риска не существует.

4.1.1 Программа выводит информационное сообщение: «Решение задачи нахождения максимального дохода портфеля проектов не найдено. Введите новые данные» после нажатия кнопки «ОК» программа снова отображает форму ввода данных.

4.2 Решение задачи поиска минимального риска для портфеля проектов при сохранении дохода не меньше заданного уровня не существует.

4.2.1 Программа выводит информационное сообщение: «задачи поиска минимального риска для портфеля проектов при сохранении дохода не меньше заданного уровня не найдено. Введите новые данные» после нажатия кнопки «ОК» программа снова отображает форму ввода данных.

Пользователь нажимает кнопку «Начать расчет »

5.1.1. Результаты предыдущего расчета обнуляются, и программа переходит на 1 пункт основного сценария работы.

## Приложение Б

(обязательное)

### Код программного средства прототипа системы поддержки принятия решения

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
  
    ' Инициализация формы  
  
    Data_input.Q_prComboBox.AddItem "2"  
    Data_input.Q_prComboBox.AddItem "3"  
    Data_input.Q_prComboBox.AddItem "4"  
    Data_input.Q_prComboBox.AddItem "5"  
  
    Data_input.Q_rComboBox.AddItem "2"  
    Data_input.Q_rComboBox.AddItem "3"  
    Data_input.Q_rComboBox.AddItem "4"  
    Data_input.Q_rComboBox.AddItem "5"  
  
    ' Открытие формы ввода данных  
  
    Data_input.Show  
  
End Sub  
|
```

```

p231_123 = 1 - ((Total_r1 - r11) / (Cdbl(r21) + Cdbl(r31)))
If (p231_123 > 1) Then p231_123 = 1
If (p231_123 < -1) Then p231_123 = -1

```

```

p122_123 = 1 - ((Total_r2 - r32) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r22)))
If (p122_123 > 1) Then p122_123 = 1
If (p122_123 < -1) Then p122_123 = -1

```

```

p132_123 = 1 - ((Total_r2 - r22) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r32)))
If (p132_123 > 1) Then p132_123 = 1
If (p132_123 < -1) Then p132_123 = -1

```

```

p232_123 = 1 - ((Total_r2 - r12) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r32)))
If (p232_123 > 1) Then p232_123 = 1
If (p232_123 < -1) Then p232_123 = -1

```

' В портфель входят проекты 1, 2

```

p121_12 = 1 - ((Total_r1) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r21)))
If (p121_12 > 1) Then p121_12 = 1
If (p121_12 < -1) Then p121_12 = -1

```

p131\_12 = 0

p231\_12 = 0

```

p122_12 = 1 - ((Total_r2) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r22)))
If (p122_12 > 1) Then p122_12 = 1
If (p122_12 < -1) Then p122_12 = -1

```

p132\_12 = 0

p232\_12 = 0

' В портфель входят проекты 1, 3

p121\_13 = 0

p131\_13 = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r31)))

If (p131\_13 > 1) Then p131\_13 = 1

If (p131\_13 < -1) Then p131\_13 = -1

p231\_13 = 0

p122\_13 = 0

p132\_13 = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r32)))

If (p132\_13 > 1) Then p132\_13 = 1

If (p132\_13 < -1) Then p132\_13 = -1

p232\_13 = 0

' В портфель входят проекты 2, 3

p121\_23 = 0

p131\_23 = 0

p231\_23 = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r21) + Cdbl(r31)))

If (p231\_23 > 1) Then p231\_23 = 1

If (p231\_23 < -1) Then p231\_23 = -1

p122\_23 = 0

p132\_23 = 0

$p_{232\_23} = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r32)))$

If (p232\_23 > 1) Then p232\_23 = 1

If (p232\_23 < -1) Then p232\_23 = -1

' В портфель входят проекты 1, 2, 4

$p_{121\_124} = 1 - ((Total\_r1 - r41) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r21)))$

If (p121\_124 > 1) Then p121\_124 = 1

If (p121\_124 < -1) Then p121\_124 = -1

p131\_124 = 0

p231\_124 = 0

$p_{141\_124} = 1 - ((Total\_r1 - r21) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r41)))$

If (p141\_124 > 1) Then p141\_124 = 1

If (p141\_124 < -1) Then p141\_124 = -1

$p_{241\_124} = 1 - ((Total\_r1 - r11) / (Cdbl(r21) + Cdbl(r41)))$

If (p241\_124 > 1) Then p241\_124 = 1

If (p241\_124 < -1) Then p241\_124 = -1

p341\_124 = 0

$p_{122\_124} = 1 - ((Total\_r2 - r42) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r22)))$

If (p122\_124 > 1) Then p122\_124 = 1

If (p122\_124 < -1) Then p122\_124 = -1

p132\_124 = 0

$p_{142\_124} = 1 - ((Total\_r2 - r22) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r42)))$

If (p142\_124 > 1) Then p142\_124 = 1

If (p142\_124 < -1) Then p142\_124 = -1

p232\_124 = 0



$p_{242\_124} = 1 - ((Total\_r2 - r_{12}) / (CDBl(r_{22}) + CDBl(r_{42})))$   
 If  $(p_{242\_124} > 1)$  Then  $p_{242\_124} = 1$   
 If  $(p_{242\_124} < -1)$  Then  $p_{242\_124} = -1$

$p_{342\_124} = 0$

' В портфель входят проекты 2, 3, 4

$p_{121\_234} = 0$

$p_{131\_234} = 0$

$p_{231\_234} = 1 - ((Total\_r1 - r_{41}) / (CDBl(r_{21}) + CDBl(r_{31})))$   
 If  $(p_{231\_234} > 1)$  Then  $p_{231\_234} = 1$   
 If  $(p_{231\_234} < -1)$  Then  $p_{231\_234} = -1$

$p_{141\_234} = 0$

$p_{241\_234} = 1 - ((Total\_r1 - r_{31}) / (CDBl(r_{21}) + CDBl(r_{41})))$   
 If  $(p_{241\_234} > 1)$  Then  $p_{241\_234} = 1$   
 If  $(p_{241\_234} < -1)$  Then  $p_{241\_234} = -1$

$p_{341\_234} = 1 - ((Total\_r1 - r_{21}) / (CDBl(r_{31}) + CDBl(r_{41})))$   
 If  $(p_{341\_234} > 1)$  Then  $p_{341\_234} = 1$   
 If  $(p_{341\_234} < -1)$  Then  $p_{341\_234} = -1$

$p_{122\_234} = 0$

$p_{132\_234} = 0$

$p_{142\_234} = 0$

$p_{232\_234} = 1 - ((Total\_r2 - r_{42}) / (CDBl(r_{22}) + CDBl(r_{32})))$   
 If  $(p_{232\_234} > 1)$  Then  $p_{232\_234} = 1$   
 If  $(p_{232\_234} < -1)$  Then  $p_{232\_234} = -1$

```
p242_234 = 1 - ((Total_r2 - r32) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r42)))  
If (p242_234 > 1) Then p242_234 = 1  
If (p242_234 < -1) Then p242_234 = -1
```

```
p342_234 = 1 - ((Total_r2 - r22) / (Cdbl(r32) + Cdbl(r42)))  
If (p342_234 > 1) Then p342_234 = 1  
If (p342_234 < -1) Then p342_234 = -1
```

' В портфель входят проекты 1, 3, 4

```
p121_134 = 0
```

```
p131_134 = 1 - ((Total_r1 - r41) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r31)))  
If (p131_134 > 1) Then p131_134 = 1  
If (p131_134 < -1) Then p131_134 = -1
```

```
p231_134 = 0
```

```
p141_134 = 1 - ((Total_r1 - r31) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r41)))  
If (p141_134 > 1) Then p141_134 = 1  
If (p141_134 < -1) Then p141_134 = -1
```

```
p241_134 = 0
```

```
p341_134 = 1 - ((Total_r1 - r11) / (Cdbl(r31) + Cdbl(r41)))  
If (p341_134 > 1) Then p341_134 = 1  
If (p341_134 < -1) Then p341_134 = -1
```

```
p122_134 = 0
```

```
p132_134 = 1 - ((Total_r2 - r42) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r32)))  
If (p132_134 > 1) Then p132_134 = 1  
If (p132_134 < -1) Then p132_134 = -1
```

$p142_{134} = 1 - ((Total\_r2 - r32) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r42)))$   
 If (p142\_134 > 1) Then p142\_134 = 1  
 If (p142\_134 < -1) Then p142\_134 = -1

p232\_134 = 0

p242\_134 = 0

$p342_{134} = 1 - ((Total\_r2 - r12) / (Cdbl(r32) + Cdbl(r42)))$   
 If (p342\_134 > 1) Then p342\_134 = 1  
 If (p342\_134 < -1) Then p342\_134 = -1

' В портфель входят проекты 1, 4

p121\_14 = 0

p131\_14 = 0

p231\_14 = 0

$p141_{14} = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r41)))$   
 If (p141\_14 > 1) Then p141\_14 = 1  
 If (p141\_14 < -1) Then p141\_14 = -1

p241\_14 = 0

p341\_14 = 0

p122\_14 = 0

p132\_14 = 0

$p142_{14} = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r42)))$   
 If (p142\_14 > 1) Then p142\_14 = 1  
 If (p142\_14 < -1) Then p142\_14 = -1

---

p232\_14 = 0

p242\_14 = 0

p342\_14 = 0

' В портфель входят проекты 3, 4

p121\_34 = 0

p131\_34 = 0

p231\_34 = 0

p141\_34 = 0

p241\_34 = 0

p341\_34 = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r31) + Cdbl(r41)))

If (p341\_34 > 1) Then p341\_34 = 1

If (p341\_34 < -1) Then p341\_34 = -1

p122\_34 = 0

p132\_34 = 0

p142\_34 = 0

p232\_34 = 0

p242\_34 = 0

p342\_34 = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r32) + Cdbl(r42)))

If (p342\_34 > 1) Then p342\_34 = 1

If (p342\_34 < -1) Then p342\_34 = -1

' В портфель входят проекты 2, 4

p121\_24 = 0

p131\_24 = 0

p231\_24 = 0

p141\_24 = 0

p241\_24 = 1 - ((Total\_r1) / (CDBl(r21) + CDBl(r41)))

If (p241\_24 > 1) Then p241\_24 = 1

If (p241\_24 < -1) Then p241\_24 = -1

p341\_24 = 0

p122\_24 = 0

p132\_24 = 0

p142\_24 = 0

p232\_24 = 0

p242\_24 = 1 - ((Total\_r2) / (CDBl(r22) + CDBl(r42)))

If (p242\_24 > 1) Then p242\_24 = 1

If (p242\_24 < -1) Then p242\_24 = -1

p342\_24 = 0

' Средний коэффициент корреляции

p12\_123 = (p121\_123 + p122\_123) / 2

p13\_123 = (p131\_123 + p132\_123) / 2

p23\_123 = (p231\_123 + p232\_123) / 2

---

$$\begin{aligned}p12_{12} &= (p121_{12} + p122_{12}) / 2 \\p13_{13} &= (p131_{13} + p132_{13}) / 2 \\p14_{14} &= (p141_{14} + p142_{14}) / 2 \\p23_{23} &= (p231_{23} + p232_{23}) / 2 \\p24_{24} &= (p241_{24} + p242_{24}) / 2 \\p34_{34} &= (p341_{34} + p342_{34}) / 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p12_{1234} &= (p121_{1234} + p122_{1234}) / 2 \\p14_{1234} &= (p141_{1234} + p142_{1234}) / 2 \\p24_{1234} &= (p241_{1234} + p242_{1234}) / 2 \\p34_{1234} &= (p341_{1234} + p342_{1234}) / 2 \\p13_{1234} &= (p131_{1234} + p132_{1234}) / 2 \\p23_{1234} &= (p231_{1234} + p232_{1234}) / 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p12_{124} &= (p121_{124} + p122_{124}) / 2 \\p14_{124} &= (p141_{124} + p142_{124}) / 2 \\p24_{124} &= (p241_{124} + p242_{124}) / 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p13_{134} &= (p131_{134} + p132_{134}) / 2 \\p34_{134} &= (p341_{134} + p342_{134}) / 2 \\p14_{134} &= (p141_{134} + p142_{134}) / 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p23_{234} &= (p231_{234} + p232_{234}) / 2 \\p24_{234} &= (p241_{234} + p242_{234}) / 2 \\p34_{234} &= (p341_{234} + p342_{234}) / 2\end{aligned}$$

' Параметр риска (для различных портфелей)

$$\begin{aligned}PR12_{123} &= p12_{123} * SKO_{pr1}.Value * SKO_{pr2}.Value \\PR13_{123} &= p13_{123} * SKO_{pr1}.Value * SKO_{pr3}.Value \\PR23_{123} &= p23_{123} * SKO_{pr2}.Value * SKO_{pr3}.Value \\PR_{123} &= PR12_{123} + PR13_{123} + PR23_{123}\end{aligned}$$

---

```
PR12_124 = p12_124 * SKO_pr1.Value * SKO_pr2.Value
PR14_124 = p14_124 * SKO_pr1.Value * SKO_pr4.Value
PR24_124 = p24_124 * SKO_pr2.Value * SKO_pr4.Value
PR_124 = PR12_124 + PR14_124 + PR24_124
```

```
PR13_134 = p13_134 * SKO_pr1.Value * SKO_pr3.Value
PR14_134 = p14_134 * SKO_pr1.Value * SKO_pr4.Value
PR34_134 = p34_134 * SKO_pr3.Value * SKO_pr4.Value
PR_134 = PR13_134 + PR14_134 + PR34_134
```

```
PR23_234 = p23_234 * SKO_pr2.Value * SKO_pr3.Value
PR24_234 = p24_234 * SKO_pr2.Value * SKO_pr4.Value
PR34_234 = p34_234 * SKO_pr3.Value * SKO_pr4.Value
PR_234 = PR23_234 + PR24_234 + PR34_234
```

```
PR12_1234 = p12_1234 * SKO_pr1.Value * SKO_pr2.Value
PR13_1234 = p13_1234 * SKO_pr1.Value * SKO_pr3.Value
PR14_1234 = p14_1234 * SKO_pr1.Value * SKO_pr4.Value
PR23_1234 = p23_1234 * SKO_pr2.Value * SKO_pr3.Value
PR24_1234 = p24_1234 * SKO_pr2.Value * SKO_pr4.Value
PR34_1234 = p34_1234 * SKO_pr3.Value * SKO_pr4.Value
PR_1234 = PR12_1234 + PR13_1234 + PR14_1234 + PR23_1234 + PR24_1234 + PR34_1234
```

```
PR_12 = p12_12 * SKO_pr1.Value * SKO_pr2.Value
PR_13 = p13_13 * SKO_pr1.Value * SKO_pr3.Value
PR_23 = p23_23 * SKO_pr2.Value * SKO_pr3.Value
PR_14 = p14_14 * SKO_pr1.Value * SKO_pr4.Value
PR_24 = p24_24 * SKO_pr2.Value * SKO_pr4.Value
PR_34 = p34_34 * SKO_pr3.Value * SKO_pr4.Value
```

' Вывод результатов в таблицу

```
Cells(7, 2) = "Проекты, входящие в портфель"
```

```
Cells(7, 3) = "Доход портфеля"
```

```
Cells(7, 4) = "Параметр риска портфеля"
```

Cells(8, 2) = "1, 2"

Cells(8, 3) = CDbI(l\_pr1) + CDbI(l\_pr2)

Cells(8, 4) = PR\_12

Cells(9, 2) = "1, 3"

Cells(9, 3) = CDbI(l\_pr1) + CDbI(l\_pr3)

Cells(9, 4) = PR\_13

Cells(10, 2) = "2, 3"

Cells(10, 3) = CDbI(l\_pr2) + CDbI(l\_pr3)

Cells(10, 4) = PR\_23

Cells(11, 2) = "1, 2, 3"

Cells(11, 3) = CDbI(l\_pr1) + CDbI(l\_pr2) + CDbI(l\_pr3)

Cells(11, 4) = PR\_123

Cells(12, 2) = "1, 4"

Cells(12, 3) = CDbI(l\_pr1) + CDbI(l\_pr4)

Cells(12, 4) = PR\_14

Cells(13, 2) = "2, 4"

Cells(13, 3) = CDbI(l\_pr2) + CDbI(l\_pr4)

Cells(13, 4) = PR\_24

Cells(14, 2) = "3, 4"

Cells(14, 3) = CDbI(l\_pr3) + CDbI(l\_pr4)

Cells(14, 4) = PR\_34

Cells(15, 2) = "1, 2, 4"

Cells(15, 3) = CDbI(l\_pr1) + CDbI(l\_pr2) + CDbI(l\_pr4)

Cells(15, 4) = PR\_124

Cells(16, 2) = "1, 3, 4"

Cells(16, 3) = CDbI(l\_pr1) + CDbI(l\_pr3) + CDbI(l\_pr4)

Cells(16, 4) = PR\_134



```
Cells(17, 2) = "1, 2, 3, 4"  
Cells(17, 3) = CDbl(l_pr1) + CDbl(l_pr2) + CDbl(l_pr3) + CDbl(l_pr4)  
Cells(17, 4) = PR_1234
```

```
' Закрытие формы ввода пользовательских данных
```

```
Unload Data_input
```

```
End Select
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Tablminmax_Click()
```

```
' Переходим на Лист2...
```

```
Sheets(2).Activate
```

```
' ... и заполняем ячейки
```

```
Range("U2") = SKOProj1.Value ' СКО дохода проекта 1
```

```
Range("V2") = SKOProj2.Value ' СКО дохода проекта 2
```

```
Range("W2") = SKOProj3.Value ' СКО дохода проекта 3
```

```
Range("N2") = TotalMaterial.Value ' Всего имеется материальных ресурсов
```

```
Range("P2") = TotalHumans.Value ' Всего имеется человеческих ресурсов
```

```
' Поиск максимального дохода
```

```
If isMaxGain.Value = True Then
```

```
    ' Сброс Solver-а
```

```
    SolverReset
```

```
    ' Синтаксис установок Solver-а
```

```
    ' SetCell - целевая ячейка
```

```
    ' MaxMinVal - 1 (поиск максимума), 2 (поиск минимума), 3 (поиск соот. конкретному значению)
```

```
    ' ValueOf - опционально
```

```
    ' ByChange - изменяя ячейки
```

```
SolverOk SetCell:="$T$2", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$H$2,$J$2,$L$2"
```

```
    ' Синтаксис ограничений
```

```
    ' CellRef - ячейка, на которую накладываются ограничения
```

```
    ' Relation - 1 (<=), 2 (=), 3 (>=), 4 (целое), 5 (1 или 0)
```

```
    ' FormulaText - правая часть (не)равенства
```

```
SolverAdd CellRef:="$AD$2", Relation:=1, FormulaText:=RiskThreshold.Value
```

```
SolverAdd CellRef:="$G$2:$L$2", Relation:=3, FormulaText:=0
```

```
SolverAdd CellRef:="$H$2", Relation:=1, FormulaText:=Resource1To.Value
```

```
SolverAdd CellRef:="$H$2", Relation:=3, FormulaText:=Resource1From.Value
```

```
SolverAdd CellRef:="$J$2", Relation:=1, FormulaText:=Resource2To.Value
```

```
SolverAdd CellRef:="$J$2", Relation:=3, FormulaText:=Resource2From.Value
```

```
SolverAdd CellRef:="$L$2", Relation:=1, FormulaText:=Resource3To.Value
```

```
SolverAdd CellRef:="$L$2", Relation:=3, FormulaText:=Resource3From.Value
```

```

' Запускаем Solver
SolverSolve

End If

' Поиск минимального риска

If isMinRisk.Value = True Then

' Сброс Solver-а

SolverReset

' Синтаксис установок Solver-а
' SetCell - целевая ячейка
' MaxMinVal - 1 (поиск максимума), 2 (поиск минимума), 3 (поиск соот. конкретному значению)
' ValueOf - опционально
' ByChange - изменяя ячейки

SolverOk SetCell:="$AD$2", MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$H$2,$J$2,$L$2"

' Синтаксис ограничений
' CellRef - ячейка, на которую накладываются ограничения
' Relation - 1 (<=), 2 (=), 3 (>=), 4 (целое), 5 (1 или 0)
' FormulaText - правая часть (не)равенства

SolverAdd CellRef:="$T$2", Relation:=3, FormulaText:=OutcomeThreshold.Value
SolverAdd CellRef:="$G$2:$L$2", Relation:=3, FormulaText:=0
SolverAdd CellRef:="$H$2", Relation:=3, FormulaText:=Resource1From.Value
SolverAdd CellRef:="$J$2", Relation:=3, FormulaText:=Resource2From.Value
SolverAdd CellRef:="$L$2", Relation:=3, FormulaText:=Resource3From.Value

```

```
' Запускаем Solver
SolverSolve

End If

End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()

' Инициализация формы

Data_input.Q_prComboBox.AddItem "2"
Data_input.Q_prComboBox.AddItem "3"
Data_input.Q_prComboBox.AddItem "4"
Data_input.Q_prComboBox.AddItem "5"

Data_input.Q_rComboBox.AddItem "2"
Data_input.Q_rComboBox.AddItem "3"
Data_input.Q_rComboBox.AddItem "4"
Data_input.Q_rComboBox.AddItem "5"

' Открытие формы ввода данных

Data_input.Show

End Sub
```

```
Private Sub OKBtn_Click()  
  
    ' Проверка на корректность введенных данных  
  
    If RFrom.Value = "" Then  
        MsgBox ("Введены некорректные данные!")  
        Exit Sub  
    End If  
  
    If RStep.Value = "" Then  
        MsgBox ("Введены некорректные данные!")  
        Exit Sub  
    End If  
  
    If RTo.Value = "" Then  
        MsgBox ("Введены некорректные данные!")  
        Exit Sub  
    End If  
  
    If P1.Value = "" Then  
        MsgBox ("Введены некорректные данные!")  
        Exit Sub  
    End If  
  
    If P110.Value = "" Then  
        MsgBox ("Введены некорректные данные!")  
        Exit Sub  
    End If  
  
    If P220.Value = "" Then  
        MsgBox ("Введены некорректные данные!")  
        Exit Sub  
    End If
```

```
' Инициализация
```

```
n = 1 'счетчик строк
```

```
Cmax = 0
```

```
Rmax = 0
```

```
' Вычисления
```

```
P12C12 = P1.Value * C12.Value + (1 - P1.Value) * C21.Value
```

```
P1C1 = P1 * (C11 - C12)
```

```
P2C2 = (1 - P1) * (C22 - C21)
```

```
L1 = 4 / C11
```

```
L2 = 4 / C22
```

```
For r = RFrom To RTo Step RStep
```

```
    P11 = P110 / (P110 + (1 - P110) * Exp(-L1 * r))
```

```
    P22 = P220 / (P220 + (1 - P220) * Exp(-L2 * r))
```

```
    C = P12C12 - r + P11 * P1C1 + P22 * P2C2
```

```
' Ищем максимум
```

```
If C > Cmax Then
```

```
    Cmax = C
```

```
    Rmax = r
```

```
End If
```

```
' Выводим расчетные значения C
```

```
Sheets("Лист1").Cells(n, 10) = C
```

```
Sheets("Лист1").Cells(n, 11) = r
```

```
n = n + 1
```

```
Next
```

---

' Назначаем ячейки для вывода результатов

```
Sheets("Лист1").Cells(n + 1, 9) = "Максимум"  
Sheets("Лист1").Cells(n + 1, 11) = Cmax
```

```
RangeY = "J1:J" + CStr(n)  
RangeX = "K1:K" + CStr(n)
```

' Выводим на график (диаграмму)

```
Charts.Add  
ActiveChart.ChartType = xlLineMarkers  
ActiveChart.SetSourceData Source:=Sheets("Лист1").Range(RangeY), PlotBy _  
    :=xlColumns  
ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = Sheets("Лист1").Range(RangeX)  
ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name="Лист1"  
With ActiveChart  
    .HasTitle = True  
    .ChartTitle.Text = "C(R)"  
    .Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = False  
    .Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = False  
End With
```

' Закрываем форму ввода пользовательских данных

```
Unload Data_input
```

```
End Sub
```

---

```
Private Sub Q_rComboBox_Change()
```

```
' Перерисовка формы в зависимости от числа ресурсов
```

```
If Q_rComboBox.Value = 2 Then
```

```
    r13.Enabled = False  
    r13Lbl.Enabled = False  
    r23.Enabled = False  
    r23Lbl.Enabled = False  
    r33.Enabled = False  
    r33Lbl.Enabled = False  
    r43.Enabled = False  
    r43Lbl.Enabled = False  
    r45.Enabled = False  
    r45Lbl.Enabled = False  
    r53.Enabled = False  
    r53Lbl.Enabled = False  
    Itog_r3.Enabled = False  
    Total_r3.Enabled = False  
    r14.Enabled = False  
    r14Lbl.Enabled = False  
    r24.Enabled = False  
    r24Lbl.Enabled = False  
    r34.Enabled = False  
    r34Lbl.Enabled = False  
    r44.Enabled = False  
    r44Lbl.Enabled = False  
    r44.Enabled = False  
    r44Lbl.Enabled = False  
    r54.Enabled = False  
    r54Lbl.Enabled = False  
    Itog_r4.Enabled = False  
    Total_r4.Enabled = False  
    r15.Enabled = False  
    r15Lbl.Enabled = False
```



```
r15Lbl.Enabled = False
r25.Enabled = False
r25Lbl.Enabled = False
r35.Enabled = False
r35Lbl.Enabled = False
r45.Enabled = False
r45Lbl.Enabled = False
r45.Enabled = False
r45Lbl.Enabled = False
r55.Enabled = False
r55Lbl.Enabled = False
Itog_r5.Enabled = False
Total_r5.Enabled = False
End If

If Q_rComboBox.Value = 3 Then
  r14.Enabled = False
  r14Lbl.Enabled = False
  r24.Enabled = False
  r24Lbl.Enabled = False
  r34.Enabled = False
  r34Lbl.Enabled = False
  r44.Enabled = False
  r44Lbl.Enabled = False
  r44.Enabled = False
  r44Lbl.Enabled = False
  r54.Enabled = False
  r54Lbl.Enabled = False
  Itog_r4.Enabled = False
  Total_r4.Enabled = False
  r15.Enabled = False
  r15Lbl.Enabled = False
  r25.Enabled = False
  r25Lbl.Enabled = False
  r35.Enabled = False
```

```
r45.Enabled = False
r45Lbl.Enabled = False
r45.Enabled = False
r45Lbl.Enabled = False
r55.Enabled = False
r55Lbl.Enabled = False
Itog_r5.Enabled = False
Total_r5.Enabled = False
End If

If Q_rComboBox.Value = 4 Then
    r15.Enabled = False
    r15Lbl.Enabled = False
    r25.Enabled = False
    r25Lbl.Enabled = False
    r35.Enabled = False
    r35Lbl.Enabled = False
    r45.Enabled = False
    r45Lbl.Enabled = False
    r45.Enabled = False
    r45Lbl.Enabled = False
    r55.Enabled = False
    r55Lbl.Enabled = False
    Itog_r5.Enabled = False
    Total_r5.Enabled = False
End If

End Sub
```

---

```
Private Sub Tab1_Click()
```

```
    ' Выбор по РЕСУРСАМ
```

```
    Select Case Q_rComboBox.Value
```

```
        Case 2
```

```
            ' Выбор по ПРОЕКТАМ
```

```
            Select Case Q_prComboBox.Value
```

```
                'Обозначение (слева направо) 121_123 - коэф. корреляции между 1-ым и 2-ым проектом по 1-му ресурсу  
                ' для случая, когда в портфель входят 1-й, 2-й и 3-й проекты
```

```
                Case 2
```

```
                    ' В портфель входят проекты 1, 2
```

```
                    p121_12 = 1 - ((Total_r1) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r21)))
```

```
                    If (p121_12 > 1) Then p121_12 = 1
```

```
                    If (p121_12 < -1) Then p121_12 = -1
```

```
                    p122_12 = 1 - ((Total_r2) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r22)))
```

```
                    If (p122_12 > 1) Then p122_12 = 1
```

```
                    If (p122_12 < -1) Then p122_12 = -1
```

```
                    ' Средний коэффициент корреляции
```

```
                    p12_12 = (p121_12 + p122_12) / 2
```

```
                    ' Параметр риска (для различных портфелей)
```

```
                    P_12 = p12_12 * SKO_pr1.Value * SKO_pr2.Value
```

' Вывод результатов в таблицу

Cells(7, 2) = "Проекты, входящие в портфель"

Cells(7, 3) = "Доход портфеля"

Cells(7, 4) = "Параметр риска портфеля"

Cells(8, 2) = "1, 2"

Cells(8, 3) =  $CDBl(l\_pr1) + CDBl(l\_pr2)$

Cells(8, 4) = P\_12

' Закрытие формы ввода пользовательских данных

Unload Data\_input

Case 3

' В портфель входят проекты 1, 2, 3

$p121\_123 = 1 - ((Total\_r1 - r31) / (CDBl(r11) + CDBl(r21)))$

If (p121\_123 > 1) Then p121\_123 = 1

If (p121\_123 < -1) Then p121\_123 = -1

$p131\_123 = 1 - ((Total\_r1 - r21) / (CDBl(r11) + CDBl(r31)))$

If (p131\_123 > 1) Then p131\_123 = 1

If (p131\_123 < -1) Then p131\_123 = -1

$p231\_123 = 1 - ((Total\_r1 - r11) / (CDBl(r21) + CDBl(r31)))$

If (p231\_123 > 1) Then p231\_123 = 1

If (p231\_123 < -1) Then p231\_123 = -1

$p122\_123 = 1 - ((Total\_r2 - r32) / (CDBl(r12) + CDBl(r22)))$

If (p122\_123 > 1) Then p122\_123 = 1

If (p122\_123 < -1) Then p122\_123 = -1

$p132_{123} = 1 - ((Total\_r2 - r22) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r32)))$   
 If (p132\_123 > 1) Then p132\_123 = 1  
 If (p132\_123 < -1) Then p132\_123 = -1

$p232_{123} = 1 - ((Total\_r2 - r12) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r32)))$   
 If (p232\_123 > 1) Then p232\_123 = 1  
 If (p232\_123 < -1) Then p232\_123 = -1

' В портфель входят проекты 1, 2

$p121_{12} = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r21)))$   
 If (p121\_12 > 1) Then p121\_12 = 1  
 If (p121\_12 < -1) Then p121\_12 = -1

p131\_12 = 0

p231\_12 = 0

$p122_{12} = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r22)))$   
 If (p122\_12 > 1) Then p122\_12 = 1  
 If (p122\_12 < -1) Then p122\_12 = -1

p132\_12 = 0

p232\_12 = 0

' В портфель входят проекты 1, 3

p121\_13 = 0

$p131_{13} = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r31)))$   
 If (p131\_13 > 1) Then p131\_13 = 1  
 If (p131\_13 < -1) Then p131\_13 = -1

p231\_13 = 0

p122\_13 = 0

p132\_13 = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r32)))

If (p132\_13 > 1) Then p132\_13 = 1

If (p132\_13 < -1) Then p132\_13 = -1

p232\_13 = 0

' В портфель входят проекты 2, 3

p121\_23 = 0

p131\_23 = 0

p231\_23 = 1 - ((Total\_r1) / (Cdbl(r21) + Cdbl(r31)))

If (p231\_23 > 1) Then p231\_23 = 1

If (p231\_23 < -1) Then p231\_23 = -1

p122\_23 = 0

p132\_23 = 0

p232\_23 = 1 - ((Total\_r2) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r32)))

If (p232\_23 > 1) Then p232\_23 = 1

If (p232\_23 < -1) Then p232\_23 = -1

' Средний коэффициент корреляции

p12\_123 = (p121\_123 + p122\_123) / 2

p13\_123 = (p131\_123 + p132\_123) / 2

p23\_123 = (p231\_123 + p232\_123) / 2

$p_{12\_12} = (p_{121\_12} + p_{122\_12}) / 2$

$p_{13\_13} = (p_{131\_13} + p_{132\_13}) / 2$

$p_{23\_23} = (p_{231\_23} + p_{232\_23}) / 2$

' Параметр риска (для различных портфелей)

$PR_{12\_123} = p_{12\_123} * SKO\_pr1.Value * SKO\_pr2.Value$

$PR_{13\_123} = p_{13\_123} * SKO\_pr1.Value * SKO\_pr3.Value$

$PR_{23\_123} = p_{23\_123} * SKO\_pr2.Value * SKO\_pr3.Value$

$PR\_123 = PR_{12\_123} + PR_{13\_123} + PR_{23\_123}$

$PR\_12 = p_{12\_12} * SKO\_pr1.Value * SKO\_pr2.Value$

$PR\_13 = p_{13\_13} * SKO\_pr1.Value * SKO\_pr3.Value$

$PR\_23 = p_{23\_23} * SKO\_pr2.Value * SKO\_pr3.Value$

' Вывод результатов в таблицу

Cells(7, 2) = "Проекты, входящие в портфель"

Cells(7, 3) = "Доход портфеля"

Cells(7, 4) = "Параметр риска портфеля"

Cells(8, 2) = "1, 2"

Cells(8, 3) =  $CDBl(l\_pr1) + CDBl(l\_pr2)$

Cells(8, 4) =  $PR\_12$

Cells(9, 2) = "1, 3"

Cells(9, 3) =  $CDBl(l\_pr1) + CDBl(l\_pr3)$

Cells(9, 4) =  $PR\_13$

Cells(10, 2) = "2, 3"

Cells(10, 3) =  $CDBl(l\_pr2) + CDBl(l\_pr3)$

Cells(10, 4) =  $PR\_23$

```
Cells(11, 2) = "1, 2, 3"
Cells(11, 3) = CDbI(l_pr1) + CDbI(l_pr2) + CDbI(l_pr3)
Cells(11, 4) = PR_123
```

' Заккрытие формы ввода пользовательских данных

```
Unload Data_input
```

#### Case 4

' В портфель входят проекты 1, 2, 3, 4

```
p121_1234 = 1 - ((Total_r1 - r31 - r41) / (CDbI(r11) + CDbI(r21)))
If (p121_1234 > 1) Then p121_1234 = 1
If (p121_1234 < -1) Then p121_1234 = -1
```

```
p131_1234 = 1 - ((Total_r1 - r21 - r41) / (CDbI(r11) + CDbI(r31)))
If (p131_1234 > 1) Then p131_1234 = 1
If (p131_1234 < -1) Then p131_1234 = -1
```

```
p231_1234 = 1 - ((Total_r1 - r11 - r41) / (CDbI(r21) + CDbI(r31)))
If (p231_1234 > 1) Then p231_1234 = 1
If (p231_1234 < -1) Then p231_1234 = -1
```

```
p141_1234 = 1 - ((Total_r1 - r21 - r31) / (CDbI(r11) + CDbI(r41)))
If (p141_1234 > 1) Then p141_1234 = 1
If (p141_1234 < -1) Then p141_1234 = -1
```

```
p241_1234 = 1 - ((Total_r1 - r11 - r31) / (CDbI(r21) + CDbI(r41)))
If (p241_1234 > 1) Then p241_1234 = 1
If (p241_1234 < -1) Then p241_1234 = -1
```

```
p341_1234 = 1 - ((Total_r1 - r11 - r21) / (CDbI(r31) + CDbI(r41)))
If (p341_1234 > 1) Then p341_1234 = 1
If (p341_1234 < -1) Then p341_1234 = -1
```



---

$p122_{1234} = 1 - ((Total\_r2 - r32 - r42) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r22)))$   
If (p122\_1234 > 1) Then p122\_1234 = 1  
If (p122\_1234 < -1) Then p122\_1234 = -1

$p132_{1234} = 1 - ((Total\_r2 - r22 - r42) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r32)))$   
If (p132\_1234 > 1) Then p132\_1234 = 1  
If (p132\_1234 < -1) Then p132\_1234 = -1

$p142_{1234} = 1 - ((Total\_r2 - r22 - r32) / (Cdbl(r12) + Cdbl(r42)))$   
If (p142\_1234 > 1) Then p142\_1234 = 1  
If (p142\_1234 < -1) Then p142\_1234 = -1

$p232_{1234} = 1 - ((Total\_r2 - r12 - r42) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r32)))$   
If (p232\_1234 > 1) Then p232\_1234 = 1  
If (p232\_1234 < -1) Then p232\_1234 = -1

$p242_{1234} = 1 - ((Total\_r2 - r12 - r32) / (Cdbl(r22) + Cdbl(r42)))$   
If (p242\_1234 > 1) Then p242\_1234 = 1  
If (p242\_1234 < -1) Then p242\_1234 = -1

$p342_{1234} = 1 - ((Total\_r2 - r12 - r22) / (Cdbl(r32) + Cdbl(r42)))$   
If (p342\_1234 > 1) Then p342\_1234 = 1  
If (p342\_1234 < -1) Then p342\_1234 = -1

' В портфель входят проекты 1, 2, 3

$p121_{123} = 1 - ((Total\_r1 - r31) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r21)))$   
If (p121\_123 > 1) Then p121\_123 = 1  
If (p121\_123 < -1) Then p121\_123 = -1

$p131_{123} = 1 - ((Total\_r1 - r21) / (Cdbl(r11) + Cdbl(r31)))$   
If (p131\_123 > 1) Then p131\_123 = 1  
If (p131\_123 < -1) Then p131\_123 = -1

```
Private Sub isMaxGain_Click()
```

```
    ' Переключение режима расчетов
```

```
    OutcomeThreshold.Enabled = False
```

```
    MinRiskRubLbl.Enabled = False
```

```
    RiskThreshold.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub isMinRisk_Click()
```

```
    ' Переключение режима расчетов
```

```
    OutcomeThreshold.Enabled = True
```

```
    MinRiskRubLbl.Enabled = True
```

```
    RiskThreshold.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Itog_Click()
```

```
    ' Расчет подитогов
```

```
    Itog_r1.Caption = CSng(r11) + CSng(r21) + CSng(r31) + CSng(r41) + CSng(r51)
```

```
    Itog_r2.Caption = CSng(r12) + CSng(r22) + CSng(r32) + CSng(r42) + CSng(r52)
```

```
    Itog_r3.Caption = CSng(r13) + CSng(r23) + CSng(r33) + CSng(r43) + CSng(r53)
```

```
    Itog_r4.Caption = CSng(r14) + CSng(r24) + CSng(r34) + CSng(r44) + CSng(r54)
```

```
    Itog_r5.Caption = CSng(r15) + CSng(r25) + CSng(r35) + CSng(r45) + CSng(r55)
```

```
End Sub
```