

*На правах рукописи*

**Алферьев Дмитрий Александрович**

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ (НА МАТЕРИАЛАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Специальность: 08.00.13

«Математические и инструментальные методы экономики»

**НАУЧНЫЙ ДОКЛАД**

на выпускную научно-квалификационную работу

Вологда – 2017

## І ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В настоящий момент развитие инновационной деятельности на российских промышленных предприятиях является одной из приоритетных задач органов государственной власти. Данному вопросу посвящено большое количество научно-исследовательских работ. Многие из них описывают различные элементы инновационной деятельности, их взаимодействие между собой, а также способы оптимального и наиболее эффективного управления ими. Подобные работы имеют широкое распространение как в отечественной научной среде, так и в зарубежной литературе. Большое количество трудов посвящено вопросам и проблемам математического и компьютерного моделирования инновационных процессов. Данные работы имеют как описательный характер, так и конкретную прикладную направленность.

Тем не менее несмотря на высокий интерес к тематике инноваций в научной и хозяйственной сфере промышленности существует множество неразрешенных задач, касающихся оптимизации инновационной деятельности, снижении рисков при ее реализации и извлечении из инновационных проектов наибольшей экономической выгоды. Статистические показатели характеризующие инновационную деятельность по стране, за последнее десятилетие показывают очень низкие значения по сравнению с развитыми государствами. Так уровень инновационной активности организаций России за 2015 г. составил 9,3 % в то время как среднее значение аналогичного показателя по странам Евросоюза в этот период находится на уровне 50 %.

Во многом это обусловлено тем, что промышленные предприятия РФ не имеют достаточного опыта ведения и реализации инновационной деятельности. Разные этапы инновационного процесса сопровождаются различными задачами, которые руководителю организации необходимо решить и в то же время все они очень разные и требуют к себе индивидуального подхода. В случае их количественной оценки и перевода на формализованный математический язык управляющим инновационной деятельностью приходится самостоятельно выбирать и апробировать различные математические инструменты, а после этого, построенные на их основе алгоритмы, переносить в хозяйственную практику.

Необходимость разработки научно-обоснованных и универсальных инструментов решения, способных оптимизировать и тем самым увеличить эффективность реализуемых инновационных проектов, на регулярной основе подчеркивается в современной научной литературе. Актуальность их создания прежде всего обусловлена не только ростом уровня конкурентоспособности отдельно взятых промышленных организаций, но и экономическим развитием страны в целом.

Данная научная работа посвящена разработке математических инструментов, способных оптимальным образом управлять различными стадиями инновационного процесса, которые в своей совокупности будут направлены на повышение эффективности инновационной деятельности исследуемой промышленной компании.

**Объектом исследования** являются промышленные предприятия Вологодской области.

**Предметом исследования** служит процесс организации и осуществления инновационной деятельности на промышленных предприятиях.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования – разработка экономико-математической модели, а также методов решения оптимизационных задач, направленных на повышение эффективности инновационной деятельности на промышленных предприятиях.

Поставленная цель предопределила необходимость решения *следующих задач*:

- анализ теоретико-методологических подходов к изучению инновационной деятельности на промышленных предприятиях;
- изучение существующего опыта математического моделирования инновационной деятельности промышленных предприятий;
- проведение анализа факторов внешней и внутренней среды, оказывающих влияние на инновационную деятельность промышленных предприятий;
- разработка экономико-математической модели инновационной деятельности промышленных предприятий;
- проведение апробации построенной экономико-математической модели на материалах промышленных предприятий Вологодской области;
- разработка методических рекомендаций и предложений для планирования и оптимизации инновационной деятельности промышленных предприятий области.

**Область исследования** соответствует требованиям следующих разделов паспорта специальности ВАК 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики»: раздел 1 Математические методы, 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.

**Теоретической и методологической основой** данной диссертационной работы являются фундаментальные и прикладные исследования зарубежных и отечественных

ученых и исследователей по вопросам экономики инновационной деятельности и экономико-математического моделирования инновационных процессов.

Методологическую основу диссертационной работы составили научные труды зарубежных и российских ученых направлениями деятельности которых являлись инновации и математическое моделирование в данной сфере:

1). Работы зарубежных ученых представлены трудами Б. Твисса (B. Twiss), Г.О. Менша (G.O. Mensh), Д.Л. Медоуза (D.L. Meadows), И. Ансоффа (I. Ansoff), Й.А. Шумпетера (J.A. Schumpeter), К. Фримена (K. Freeman), П. Дойля (P. Doyle), П.Ф. Друкера (P.F. Drucker), Р.Р. Нельсона (R.R. Nelson), Ф. Валента (F. Valente) и др;

2). Исследования в области понятийного аппарата инновационных систем, классификации инноваций и управления инновационным развитием: А. Анчишкин, А.В. Васильев, В.Е. Дементьев, В.Л. Макаров, В.М. Полтерович, Г. Ковалев, Г.Б. Клейнер, Е.А. Кретьева, Е.Б. Ленчук, И.А. Кондаков, К.А. Гулин, К.А. Задумкин, Л.М. Гохберг, М.А. Бендиков, О.Г. Голиченко, С.В. Теребова, С.Ю. Глазьев, и др;

3). Исследования инновационной деятельности в разрезе отраслей народного хозяйства, видов экономической деятельности и предприятий: И.Т. Балабанов, А.Г. Гранберг, В.В. Ивантер, Н.Д. Кондратьев, С.Б. Авдашева, И.В. Гилязутдинов, Л.Ю. Григорьев, В.Е. Дементьев, М.В. Егорова, С.В. Киселев, Б.Н. Порфирьев и др;

4). Исследования в области моделирования инновационных процессов, оценки эффективности инновационных проектов и оптимизации инновационной деятельности: А. Трачук, А.А. Френкель, А.К. Казанцев, А.М. Губернаторов, Г.Я. Гольдштейн, И. Тарасов, К. Гоффин, Л.Э. Миндели Р.А. Фатхудинов, С.Н. Яшин, Х.Н. Гизатуллин, и др.

**Методы исследования.** В научно-выпускной квалификационной работе для решения задач, которые были поставлены нами использовались методы комплексного, системного и процессного подходов, а также типологизация, экономический и структурный анализ. Применялись методы принятия решений, оптимизации, теории вероятности и теории игр, а также другие методы математического моделирования.

**Информационной базой исследования** послужили:

- законодательная база Российской Федерации, регулирующая инновационную и научно-техническую деятельность;
- данные Федеральной службы государственной статистики;
- бухгалтерские балансы, отчеты о прибыли и убытках промышленных компаний;
- электронная база данных Интерфакс «Центр раскрытия корпоративной информации»;

- статистические данные о состоянии и уровне развития сферы науки и инноваций в России, публикуемые в ежегодных статистических сборниках Высшей школы экономики;
- доклады и отчеты министерств и ведомств, региональных служб.

**Научная новизна диссертации** заключается в разработке экономико-математической модели управления инновационной деятельностью промышленных предприятий посредством которой можно повысить ее эффективность. В рамках данной работы и процессного подхода предложены методы решения основных задач, соответствующих ключевым этапам инновационного процесса. Алгоритмы разработанной модели реализованы посредством компьютерного моделирования и использования инструментальных средств обработки данных.

Результаты, полученные лично автором в ходе проведения исследования и отвечающие требованиям *научной новизны*, а также выносимые на защиту, состоят в следующем:

1. В рамках оптимизационного подхода сформулировано и формализовано определение инновации, как булевой функции от 4 параметров (уровень новизны, полезность, научная и техническая обоснованность, коммерческая реализуемость) и одной переменной (принадлежность к какой-либо хозяйственной сфере деятельности человека). В рамках исследования за переменную взята сфера промышленности. Также в рамках оптимизационного подхода инновационный процесс представлен нами в виде линейного графа последовательных стадий по созданию и реализации инновационных проектов.

2. Определены основные методы экономико-математического моделирования необходимые для решения задач на каждой из стадий инновационного процесса, где отбору инновационных идей соответствуют экспертные методы построения «древ» решений; для производства – линейное программирование и для коммерциализации – прогнозирование показателей эффективности на основе построения систем алгебраических уравнений и неравенств. Стадия НИОКР в зависимости от научного направления и вида экономической деятельности в рамках которого оно проводится – разнообразна. В этой связи ее математическое моделирование является нецелесообразным.

3. Разработана «математическая модель отбора инновационных идей», позволяющая в условиях ограниченности экономических ресурсов принимать решение по реализации более выгодных и перспективных будущих инновационных проектов.

4. Разработана математическая модель оценки финансовых возможностей предприятия для реализации инновационных проектов, учитывающая риски банкротства.

5. Разработана математическая модель оптимизации выпуска инновационной продукции промышленного предприятия методами линейного программирования.

6. Разработана математическая модель динамики прибыли от реализации инновационного проекта на этапе коммерциализации.

7. Разработаны компьютерные приложения, позволяющие принимать управленческие решения по созданию и реализации инновационных проектов, согласно созданной автором экономико-математической модели и загруженным в виртуальную среду необходимым входным данным.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в предложении представления определения инновации в виде булевой функции основными параметрами которой являются: степень новизны, полученный положительный эффект, научная обоснованность и реализуемость на рынке. При наличии выделенных параметров из совокупности различных проектов можно выделить проекты инновационные и сопоставить их между собой. Кроме этого автором предложен подход рассмотрения инновационного процесса в виде последовательности основных этапов, каждому из которых характерны соответствующие методы математического моделирования.

**Практическая значимость исследования** состоит в разработке для каждого из основных этапов инновационного процесса конкретного алгоритма принятия управленческого решения по возникающей на рассматриваемой стадии проблеме. В рамках проведенного исследования были построены четыре экономико-математических модуля, которые позволяют выбрать наиболее перспективные и успешные инновационные проекты, сформированные в виде новаторских идей; определить финансовые возможности промышленного предприятия для их реализации; сформировать оптимальную программу их выпуска и спрогнозировать динамику прибыли, необходимую для их успешной реализации. Данные алгоритмы представлены в виде программного продукта в компьютерной виртуальной среде, что позволяет автоматизировать процесс принятия управленческих решений до ввода первичных данных и получения типовых рекомендаций в соответствии с полученными результатами расчетов.

Полученные результаты могут быть использованы руководителями промышленных предприятий, а также лицами, занимающимися вопросами в области инновационной деятельности и математического моделирования.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и выводы диссертационной работы докладывались и были озвучены в рамках Международной научной конференции «Молодые исследователи – регионам» (Вологда, ВоГУ, 2015); XII Международной научно-практической конференции «Россия и Европа: связь культуры и экономики» (Прага, 2015); Международной интернет-конференции «Межрегиональное сотрудничество в формирующемся Евразийском экономическом пространстве» (Вологда,

ИСЭРТ РАН, 2015, 2016); Межрегиональной научной конференции IX ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых (Вологда, ВоГУ, 2015); Научно-практической конференции «Молодая экономика: экономическая наука глазами молодых ученых» (Москва, ЦЭМИ РАН, 2015, 2016); XV региональной научно-практической конференции «Молодые ученые – экономике региона» (Вологда, ИСЭРТ РАН, 2015); 4-ой международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные проблемы экономики» (Ереван, ОМУ ЕГУ, 2016); Научно-практической конференции «Проблемы экономического роста и устойчивого развития территорий» (Вологда, ИСЭРТ РАН, 2016); IV международной научно-практической очно-заочной конференции «Экономика и управление в XII веке: наука и практика» (Череповец, Филиал СПбГЭУ, 2016); IV Международной научно-практической конференции «Дети и молодежь – будущее России» (Вологда, ИСЭРТ РАН, 2016); Российской научной-интернет конференции «Проблемы и перспективы развития научно-технологического пространства» (Вологда, ИСЭРТ РАН, 2017).

Также на основе полученных результатов диссертационного исследования было принято участие в 2 конкурсах:

1) конкурс научно-исследовательских работ «Молодые ученые – экономике региона» (Вологда, ИСЭРТ РАН, 2016) – победитель конкурса научно-исследовательских работ среди молодых ученых в области экономики в номинации «Молодые ученые», вторая премия;

2) Шестой Всероссийский Конкурс молодых аналитиков, организуемый Общероссийской общественной организацией Молодежный союз экономистов и финансистов Российской Федерации (МСЭФ) – 1 место в номинации «Аналитическое обеспечение национальной инновационной системы России».

Изданы методические указания по дисциплине «Математическое моделирование в экономике».

### **Публикации.**

По теме диссертации опубликовано 23 работы, общим объемом 10,24 п.л., из них лично автора – 9,2 п.л.

Основные теоретические и прикладные результаты диссертации опубликованы в статьях в научных периодических изданиях (в том числе в 3 изданиях, рекомендованных ВАК), в сборниках и материалах конференций.

### **Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, 2 приложений.

## **II ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

### **1. В рамках оптимизационного подхода необходима формализация определения инновации в виде булевой функции, а также представление инновационного процесса в виде последовательного линейного сетевого графа.**

Большинство ученых под инновацией понимают конечный результат, полученный в ходе проведения нововведений. Соответственно он может быть выражен в виде продукта, успешно внедренного на рынок, процесса до этого не использовавшегося в организации или нового подхода к экономическим, социальным, экологическим и другим значимым проблемам. Ключевой особенностью такого подхода является воплощение в жизнь качественно новых идей.

На наш взгляд подобная концепция является слишком широкой в своем толковании и требует дополнительных уточнений. В своих работах и исследованиях Й.А. Шумпетер помимо такого свойства инновации как новизна выделил в ее сущности обязательный положительный эффект, активизирующий экономический рост и развитие. Данное свойство, прежде всего, проявляет себя во времена экономического спада. Подобные идеи были присущи отечественному экономисту Н.Д. Кондратьеву. Согласно его теории циклов, на смену кризисов, возникающих на протяжении всего человеческого существования в различных сферах общественной жизни, приходит время экономического подъема. Данная позитивная тенденция, прежде всего, обусловлена научно-техническим прогрессом или появлением инноваций.

Исходя из предыдущей формулировки, понятие «инновация» приобретает еще одно характерное для нее свойство – научная обоснованность или научно-технический характер. Выделенная составляющая указывает на заложенные в новаторской идее знания, которые сформировались под воздействием научной просветленности и грамотности исследователя.

Еще одним свойством присущим инновациям является их коммерческая реализуемость. Она обусловлена не только тем, что инновация должна быть выражена в форме источника дохода, ее появление закономерно потребностям людей, возникающих у них на разных этапах своего развития.

Следует отметить, что большинство ученых разделяют мнение о том, что появление инноваций влечет за собой экономический рост. Подобных взглядов придерживаются и представители неоклассической школы (Б. Твисс, М. Калецкий, Г. Менш). Но они также отмечают, что большая часть новаторских идей берет начало в промышленных отраслях.

Из этого следует, что «инновацию» можно представить в виде булевой функции, образованной 4 основными параметрами и одной ключевой переменной:

$$I(n, u, s, c|x) \quad (1)$$

где  $I$  – функция характеризующая наличие или отсутствие инновации;

$n$  – параметр, характеризующий уровень новизны рассматриваемого объекта или явления;

$u$  – параметр, характеризующий уровень полезности;

$s$  – параметр, характеризующий уровень научной и технической обоснованности;

$c$  – параметр, указывающий на коммерческую реализуемость рассматриваемого проекта.

Наличие выделенных параметров обязательно для идентификации рассматриваемого объекта или явления как инновации. В случае отсутствия хотя бы одного из выделенных критериев объект не может рассматриваться как инновация.

$x$  – переменная, указывающая на наличие инновации в сфере промышленности.

С момента зарождения инновационного проекта до его реализации должен пройти длительный путь, включающий в себя различные стадии. Данное явление называется инновационным процессом.

Основные стадии представлены далее:

1. Процедура реализации инноваций в конечный результат начинается с научно-исследовательских работ (НИР). При их проведении происходит выдвижение и обоснование новаторских идей, а также предлагаются пути по их материализации на основании научных открытий и достижений. Большую роль на начальном этапе инновационного процесса играют фундаментальные исследования (ФИ). Они являются предпосылкой для дальнейших научно-исследовательских работ, выступают «генератором» идей. Их сущность выражается в открытии качественно новых, неизвестных до этого закономерностей.

2. На следующем этапе выполняются опытно-конструкторские (ОКР) и проектно-конструкторские работы. В их перечень включают разработки аванпроектов, эскизно-техническое проектирование, выпуск сопутствующей документации и изготовление опытных образцов.

3. Третьим этапом является процесс коммерциализации. В его состав включают: запуск в производство, выход на рынок и далее согласно фазам жизненного цикла товара: расширение рынка сбыта (диффузия), замедление темпов роста (зрелость продукта) и спад получаемых доходов. Все стадии в виде выстроенной в граф структуры представлены на рисунке 1.

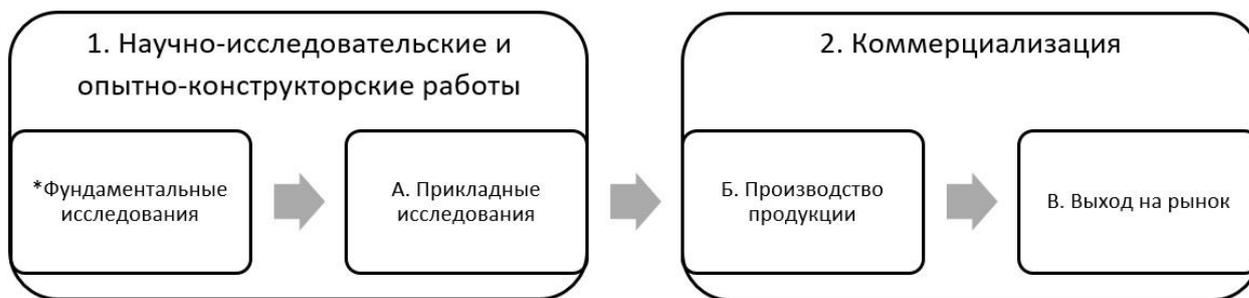


Рисунок 1. Основные этапы инновационного процесса

Источник: составлено автором

\* - Выделенный этап зачастую отсутствует в общей цепочке инновационного процесса, но тем не менее является основой для проведения прикладных научно-исследовательских работ.

*Таким образом, в рамках оптимизационного подхода сформулировано и формализовано определение инновации, как булевой функции от четырех основных параметров (уровень новизны, полезность, научная и техническая обоснованность, коммерческая реализуемость) и одной ключевой переменной (принадлежность к какой-либо хозяйственной сфере деятельности человека). Также согласно основным этапам инновационного процесса, данную процедуру можно охарактеризовать как сетевой граф, выраженный последовательностью различного рода работ. Во-первых, научных исследований; во-вторых, процесс коммерциализации.*

**2. В соответствии с основными стадиями инновационного процесса необходимо определить основные методы экономико-математического моделирования, использование которых позволит решить вопросы и проблемы, сопутствующие инновационной деятельности.**

Инновационный процесс представляет собой последовательность этапов (рис. 1), каждому из которых присущи свои собственные проблемы и задачи. В соответствии с каждым из выделенных этапов инновационного процесса могут быть выбраны различные математические средства и инструменты. Их выбор будет зависеть от тех задач и проблем, которые характерны для каждой из стадий. В этой связи были выделены основные проблемы, которые возникают на каждом из этапов инновационного процесса:

1) генерация знаний – включает в себя проблему отбора инновационных идей, а именно оценку наиболее перспективных и востребованных с точки зрения экономической выгоды проектов;

2) проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ – наиболее разнообразный из цепочки стадий инновационного процесса период, так как он зависит от той области знаний в которой они проводятся. В этой связи методы и средства,

которые могут применяться на данном этапе крайне разнообразны и в большей мере не могут быть описаны какими-либо универсальными моделями;

3) производство инновационной продукции – данный этап связан с оптимизацией производственной программы, достижением целевых показателей и эффективным использованием имеющихся у предприятия ресурсов;

4) коммерциализация – этап инновационного процесса, направленный на распространение разработанного инновационного продукта на рынке и поддержание уровня его продаж на уровне, который обеспечивал бы безубыточность сформированного производства.

На основе процессного подхода, характеризующего становление инновации в разрезе этапов инновационного процесса и выделенных в ходе исследования экономико-математических методов для каждой из стадий выбраны соответствующие математические инструменты. Графическая интерпретация данного положения представлена на рисунке 2.



Рисунок 2. Основные методы математического моделирования в соответствии с этапами инновационного процесса

Источник: составлено автором

\* на каждом из выделенных этапов могут присутствовать элементы теории игр

*Таким образом, на основании процессного подхода был построенной сетевой граф реализации инновационного проекта в соответствии с этапами инновационного процесса,*

где в виде события выделены различные операции и технологические процессы, а в роли работы экономико-математические методы, необходимые для качественного и эффективного моделирования инновационной деятельности промышленного предприятия, где стадии отбора инновационных идей соответствуют методы построения «древ» решений; для производства – линейное программирование и для коммерциализации – прогнозирование показателей эффективности на основе построения систем алгебраических уравнений и инструментов эконометрики.

**3. Принятие решения о реализации инновационного проекта может быть осуществлено на основании математической модели отбора инновационных идей, разработанной на основе алгоритма метода парных сравнений.**

Для отбора наилучшей идеи необходимо разработать систему критериев, по которой будет осуществляться оценка инноваций. Для различных людей, данные критерии будут иметь различные веса. Их приоритет друг перед другом можно выявить при помощи представленного ниже алгоритма.

*Алгоритм МПС:*

1. Строится квадратная матрица парных сравнений следующего вида (табл. 1):

Таблица 1. Матрица парных сравнений для одного оценщика и  $n$  критериев

$i$ Критерии $j$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_n$
$x_1$	$a_{11}$	$a_{21}$	$a_{31}$	...	$a_{n1}$
$x_2$	$a_{12}$	$a_{22}$	$a_{32}$	...	$a_{n2}$
$x_3$	$a_{13}$	$a_{32}$	$a_{33}$	...	$a_{n3}$
...	...	...	...	...	...
$x_n$	$a_{1n}$	$a_{2n}$	$a_{3n}$	...	$a_{nn}$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 + y, & \text{если фактор } x_i \text{ предпочтительнее } x_j \\ 1, & \text{если факторы равнозначны или } i = j \\ 1 - y, & \text{если фактор } x_i \text{ хуже } x_j \end{cases}, \quad (2)$$

$$i = \overline{1, n}; n \in N,$$

$$j = \overline{1, n}; n \in N,$$

где  $a_{ij}$  – предварительная оценка одного критерия  $i$  по отношению к другому  $j$ ;

$i$  и  $j$  – порядковый номер факторов;

$n$  – количество рассматриваемых критериев.

$$y = \frac{R-1}{R+1}, \quad (3)$$

где  $y$  – корректирующая оценка;

$R$  – поправка относительно единицы. Устанавливается самостоятельно и в дальнейших расчетах взята при величине 3.

Обязательным условием для (2) является следующее:

$$\text{если } a_{ij} = 1 + y, \text{ то } a_{ji} = 1 - y \text{ и наоборот,} \quad (4)$$

при неизменных  $i$  и  $j$ .

2. Далее находится суммарная оценка по каждому критерию, как сумма сумм оценок одного критерия по отношению к другим по каждому оценщику за вычетом единиц полученных при сопоставлении одинаковых факторов друг с другом:

$$p_i = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij,k} - m, \quad (5)$$

$$k = \overline{1, m}; m \in N$$

где  $p_i$  – предварительная оценка  $i$  критерия;

$k$  – порядковый номер оценщика;

$m$  – количество оценщиков.

3. Для определения веса (значимости) каждого критерия проводится операция нормализации:

$$f_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n f_i = 1,$$

где  $f_i$  – нормализованная оценка  $i$  критерия.

Аналогичным образом рассчитываются оценки для критериальных групп.

4. Оценив по данному алгоритму в группе критериев приоритет каждого из факторов по отношению друг к другу, следует переходить к задаче оценки коммерческого успеха идейного инновационного проекта.

Успех в таком случае будет зависеть от инновационного потенциала продукции, под которым будем понимать уровень ее востребованности на рынке, конкурентной позиции фирмы и ее маркетинговых усилий. С математической точки зрения инновационный потенциал продукции – это взвешенная величина различных рыночных характеристик конкурирующих изделий. Система оценки инновационного потенциала продукции для разработанного алгоритма представлена в таблице 2.

Таблица 2. Система оценки инновационного потенциала продукции

1. Оценка имиджа фирм-производителей аналогичной продукции		$K_i$ (единственный вариант ответа)
Территориальный уровень фирмы	Фирмы мирового уровня	0
	Межстрановые фирмы	0,22
	Страновые фирмы	0,44
	Межрегиональные фирмы	0,67
	Региональные фирмы	0,83
2. Суммарный коэффициент затрат на рекламу		$K_p$ (несколько вариантов ответов)
Виды рекламы	Реклама на центральном ТВ канале	4,5
	Реклама на местном ТВ канале	3,75
	Реклама в центральной печати	3,25
	Реклама в местной печати	2,75
	Рассылка буклетов	2,25
	Разовые акции в СМИ	1
3. Суммарный коэффициент каналов сбыта продукции		$K_c$ (несколько вариантов ответов)
Каналы сбыта продукции	Наличие госзаказа, зарубежных заказов	3,6
	Наличие агентской или дилерской сети	2,8
	Наличие оптовых покупателей или своего торгового дома	2
	Наличие отдела сбыта, джобберских, посред. фирм	1
4. Суммарный коэффициент ассортимента		$K_a$ (несколько вар. ответов с выбором)
Виды ассортимента	Возможность изменять параметры изделия под заказ	4,5
	Наличие экспортного варианта	3,5
	Многофункциональность продукции	2,5
	Количество модификаций: 3 шт. и более	1,5
	2 шт.	1
5. Коэффициент жизненного цикла организации		$K_{ж}$ (единственный вариант ответа)
Этап жизненного цикла	Виолент	1
	Патидент	0,78
	Эксплерент	0,56
	Коммутант	0,28
6. Коэффициент конкуренции на рынке на котором будет представлен инновационный продукт		$K_k$ (единственный вариант ответа)
Характеристика рынка	Монополия	1
	Олигополия	0,7
	Монополистическая конкуренция	0,47
	Совершенная конкуренция	0,24
7. Суммарный маркетинговый коэффициент		$K_m$ (несколько вариантов ответов)
Маркетинговые параметры	Наличие собственной рыночной ниши	1,5
	Наличие стабильных поставщиков	1,5
	Отсутствие товаров-субститутов	1,25
	Низкие рыночные барьеры	1
8. Суммарный коэффициент торговой политики		$K_n$ (несколько вариантов ответов)
Элементы торговой политики	Наличие льгот на покупки	1,5
	Наличие скидок (бонусы)	1,5
	Продажа в кредит	2,5
	Наличие сервисной службы	1,5
	Доставка товара	1

В данной таблице красным цветом обозначены показатели дестимуляторы (максимизация значений которых несет за собой отрицательные последствия); зеленым – стимуляторы (обратное воздействие относительно дестимуляторов); синим – выбор единственно правильного ответа; белым – показатели, носящие кумулятивный (накопительный) эффект.

*Таким образом, на основе алгоритма метода парных сравнений разработана «математическая модель отбора инновационных идей», позволяющая в условиях ограниченности экономических ресурсов принимать решение по реализации более выгодных инновационных проектов.*

#### **4. Финансовые возможности предприятия для реализации инновационных проектов могут быть оценены при помощи экономико-математической модели, разработанной при помощи инструментов и средств финансовой математики.**

Для общей модели оценки финансового потенциала инновационной деятельности промышленных предприятий необходимо использовать методы, которые основаны на показателях, фиксируемых и снимаемых во всех организациях промышленности. Таким образом, в большей мере для данного случая подходит концепция методики «оценки инновационного потенциала» Трифиловой А.А.

Подобный анализ возможно провести на основании бухгалтерской отчетности. Для его проведения в теории финансового анализа предусматривается расчет таких показателей, как:

1. Собственные оборотные средства (СОС):

$$\text{СОС} = \text{КИР} - \text{ВА}, \quad (7)$$

где КИР – собственные средства (итого по разделу III. «Капитал и резервы» или 1300 код);

ВА – основные средства (итого по разделу I. «Внеоборотные активы» или 1100 код).

2. Собственные оборотные средства и долгосрочные заемные источники (СОСДО):

$$\text{СОСДО} = \text{СОС} + \text{ДО}, \quad (8)$$

где ДО – долгосрочные кредиты и заемные средства (итого по разделу IV. «Долгосрочные обязательства» или 1400 код).

3. Основные источники формирования запасов и затрат (ОИФЗЗ):

$$\text{ОИФЗЗ} = \text{СОСДО} + \text{КО}, \quad (9)$$

где КО – краткосрочные кредиты и займы (итого по разделу V. «Краткосрочные обязательства» или 1500 код).

На основании данных показателей рассчитываются значения для оценки источников покрытия запасов и затрат:

1. Излишек или недостаток собственных оборотных средств ( $\pm\text{СОС}$ ):

$$\pm\text{СОС} = \text{СОС} - \text{З} - \text{Н}, \quad (10)$$

где З – запасы (код 1210);

Н – налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям (код 1220).

2. Излишек или недостаток собственных оборотных средств и долгосрочных заемных источников ( $\pm\text{СОСДО}$ ):

$$\pm\text{СОСДО} = \text{СОСДО} - \text{З} - \text{Н}. \quad (11)$$

3. Излишек или недостаток общей величины основных источников формирования запасов и затрат ( $\pm\text{ОИФЗЗ}$ ):

$$\pm\text{ОИФЗЗ} = \text{СОСДО} - \text{З} - \text{Н}. \quad (12)$$

Для определения финансовой устойчивости промышленного предприятия представим данную величину в виде координаты расположенной в трехмерном пространстве:

$$S(S_1(\pm\text{СОС}); S_2(\pm\text{СОСДО}); S_3(\pm\text{ОИФЗЗ})),$$

$$\text{где } S_i = \begin{cases} 1, & \text{при } x \geq 0 \\ 0, & \text{при } x < 0 \end{cases}; i = \overline{1, 3}; x = \begin{cases} \pm\text{СОС} \\ \pm\text{СОСДО} \\ \pm\text{ОИФЗЗ} \end{cases}. \quad (13)$$

Развитием данной методики может быть включение в состав затрат издержек, связанных с будущей инновационной деятельностью предприятия. Это позволит промышленной организации оценить не только свою текущую производственную хозяйственную деятельность, но также убедиться в устойчивости своего экономического положения после реализации инноваций. Таким образом, формулы (10)-(12) будут выглядеть следующим образом:

$$x = \begin{cases} \pm\text{СОС} \\ \pm\text{СОСДО} - \sum C_j \\ \pm\text{ОИФЗЗ} \end{cases}, \quad (14)$$

где  $\sum C_j$  – суммарные расходы промышленной организации на проведение будущей инновационной деятельности. Их подробный примерный перечень представлен в таблице приложения 2.

Для более точной оценки денежные потоки необходимо продисконтировать. Для этого разновременные денежные величины на каждом  $t$ -ом шаге времени следует привести к единому моменту отсчета. Формулы (14) примут следующий вид:

$$\sum_{t=0}^T \frac{x_t}{(1+E)^t}, \quad (15)$$

где  $T$  – горизонт планирования;

$t$  – номер шага на запланированном временном отрезке;

$E$  – норма дисконта.

С учетом новых значений функции (1.14)  $S(S_1(\pm\text{COC}); S_2(\pm\text{COCDO}); S_3(\pm\text{ОИФЗЗ}))$  полученных при добавлении новых условий, также как при определении финансовой устойчивости промышленного предприятия можно выделить 4 типа финансового потенциала предприятия. Более подробно уровни финансового потенциала промышленных предприятий представлены в таблице 3.

Таблица 3. Оценка финансового инновационного потенциала промышленных предприятий

Источники покрытия затрат при числовых значениях функции $S$	Характеристика финансового потенциала промышленного предприятия	Краткие рекомендации
Высокий		
$S(1; 1; 1)$ – собственные оборотные средства	Высокая обеспеченность собственными оборотными средствами. Инновационная деятельность промышленного предприятия может осуществляться без стороннего вмешательства.	Занятие лидерских позиций по освоению новых технологий.
Средний		
$S(0; 1; 1)$ – собственные оборотные средства и долгосрочные заемные источники	Нормальная финансовая обеспеченность производства необходимыми средствами. Для вовлечения новых технологий в хозяйственный оборот промышленного предприятия необходим некоторый объем заемных средств.	Занятие лидерских позиций по недорогостоящим новым технологиям, либо принятие стратегии «последователя» и улучшение существующих разработок.
Низкий		
$S(0; 0; 1)$ – все основные источники формирования запасов и затрат	Удовлетворительная поддержка текущих производственных запасов и затрат. Для реализации инновационной деятельности на промышленном предприятии необходимы значительные заемные средства.	Принятие стратегии «последователя» - освоение улучшающих, модификационных технологий.

Нулевой		
$S(0; 0; 0)$ – отсутствие источников формирования запасов и затрат	Недостаток или отсутствие финансовых источников, способных покрыть затраты на инновационную деятельность.	Оптимизация текущего состояния промышленного предприятия. Формирование более прочной и устойчивой финансовой базы.

Таким образом, разработана математическая модель оценки финансовых возможностей предприятия для реализации инновационных проектов, позволяющая оценить риски банкротства промышленного предприятия после реализации инновационного проекта.

**5. Программа выпуска инновационной продукции промышленного предприятия может быть оптимизирована за счет разработки экономико-математической модели, основанной на принципах и средствах линейного программирования.**

Как правило, при внедрении инновации на рынок производитель стремится получить от ее реализации максимальный положительный финансовый эффект. В связи с этим критерием оптимальности могут служить функции выручки, прибыли, снижения затрат, максимизация рентабельности и др. При переменной  $x_i$ , под которой необходимо понимать количество инновационной продукции  $i$ -ого вида, они принимают следующий вид:

$$\begin{aligned}
 F_1(x) &= \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \max; \\
 F_2(x) &= \sum_{i=1}^n c_i x_i + C \rightarrow \min; \\
 F_3(x) &= \sum_{i=1}^n (p_i - c_i)x_i - C \rightarrow \max; \\
 F_4(x) &= \frac{\sum (p_i - c_i)x_i - C}{\sum c_i x_i + C} \rightarrow \max;
 \end{aligned}
 \quad i = \overline{1, n}, \quad (16)$$

где  $p_i$  – стоимость  $i$ -ого вида инновационной продукции;

$c_i$  – переменные затраты на реализацию  $i$ -ого вида инновационной продукции;

$C$  – постоянные затраты;

$n$  – количество видов инновационной продукции;

$i$  – порядковый номер вида инновационного продукта.

Система ограничений для такой задачи выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i \leq b_j \\ \alpha_i \leq x_i \leq \beta_i \\ x \geq 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} i = \overline{1, n}, \\ j = \overline{1, m}, \end{matrix} \quad (17)$$

где  $a_{ji}$  – расход  $j$ -ого ресурса на реализацию 1 единицы  $i$ -ого вида инновационной продукции;

$\alpha_i, \beta_i$  – обязательный и максимально возможный объемы реализации  $i$ -ого вида инновационной продукции;

$j$  – порядковый номер вида ресурса.

В зависимости от необходимых ограничений и информации, которым обладает промышленное предприятие, могут быть выставлены условия по сырью, трудовым кадрам, станкам и оборудованию, спросу на рынке, производственным площадям и др.

Также следует отметить, что эффективность программы реализации инноваций можно оценить по каждому из выбранных критериев оптимальности. Но следует учесть то, что каждый из них преследует определенную локальную цель. Достижение всех поставленных целей одновременно невозможно, в связи с чем необходимо прибегнуть к некому компромиссу. Для получения компромиссного решения можно использовать такие схемы, как минимум максимального отклонения, принцип выделения главного критерия и принцип последовательной уступки.

*Таким образом, разработана математическая модель оптимизации программы выпуска инновационной продукции промышленного предприятия методами при помощи средств и методов линейного программирования. Также она позволяет решить задачи, связанные с организацией реализации инноваций на рынке, а также позволяет оценить то, насколько эффективно их внедрение отражается на хозяйственной деятельности фирмы.*

**6. Прогнозирование динамики прибыли от реализации инновационного проекта на этапе коммерциализации может быть достигнуто при построении экономико-математической модели, базирующейся на построении системы уравнений и неравенств в соответствии со стадиями жизненного цикла продукции.**

Когда начинаются первые продажи продукта, он проходит 4 основных этапа: непосредственно выход на рынок, рост, зрелость и спад. Ключевой отличительной особенностью каждого из этих этапов является величина показателя-индикатора. Для дальнейшего расчета точки безубыточности проекта нами была выбрана величина прибыли, так как она является ключевым показателем в оценке различного рода рентабельностей (эффективность проекта). Каждый из этапов коммерциализации инновационного проекта по отдельности описывается различными математическими функциональными зависимостями (отобранными на основании минимизации суммы квадратов отклонений прогнозных оценок от фактических), характеризующими рост и ускорение упомянутого ранее показателя ( $F_i(t), i = \overline{1,4}$ ). В данных функциях за переменную  $t$  взята продолжительность времени стадий процесса коммерциализации инновационного проекта. Параметры функций ( $a, b, c, d, f, k, s$ ) описывают положение их графиков относительно декартовой системы координат.

1. Этап выхода на рынок. Характеризуется интенсивным ростом прибыли и объемов продаж, появившегося на рынке инновационного продукта. Математическая запись наиболее наглядно описывается экспоненциальной функцией и выглядит следующим образом:

$$F_1(t) = e^{st} - 1, 0 < t < t_1. \quad (18)$$

2. Этап роста. Характеризуется равномерным ускорением увеличения прибыли и наиболее доступно выражается линейной зависимостью:

$$F_2(t) = kt + d, t_1 < t < t_2. \quad (19)$$

3. Этап зрелости. На данной стадии прибыль достигает планируемой отметки, а также достигает своего максимального значения. В период подхода к максимально возможной величине происходит снижение ускорения, а при переходе через данную точку прибыль начинает, ускоряясь, снижаться [ (Заренков, и др.)]. Это связано с тем, что у выпускаемого товара появляются аналоги-конкуренты, которые делают продукт менее уникальным, а также с насыщением рынка данной продукцией:

$$F_3(t) = a + bt + ct^2, t_2 < t < t_4. \quad (20)$$

4. Этап спада. На данном этапе прибыль от инновационного проекта стремится к нулю, из-за чего продукт в определенный момент становится нерентабельным и снимается с производства. Данный этап может быть описан другой, более достоверной, функциональной зависимостью, но для решения системы уравнений подойдет линейная функция, график которой симметричен графику функции (2.19) относительно вершины параболы построенной по функции (2.20).

$$F_4(t) = f - kt, t_4 < t < t_5. \quad (21)$$

Графики функций, соответствующих стадиям коммерциализации инновационного проекта представлены на рисунке 2.8.

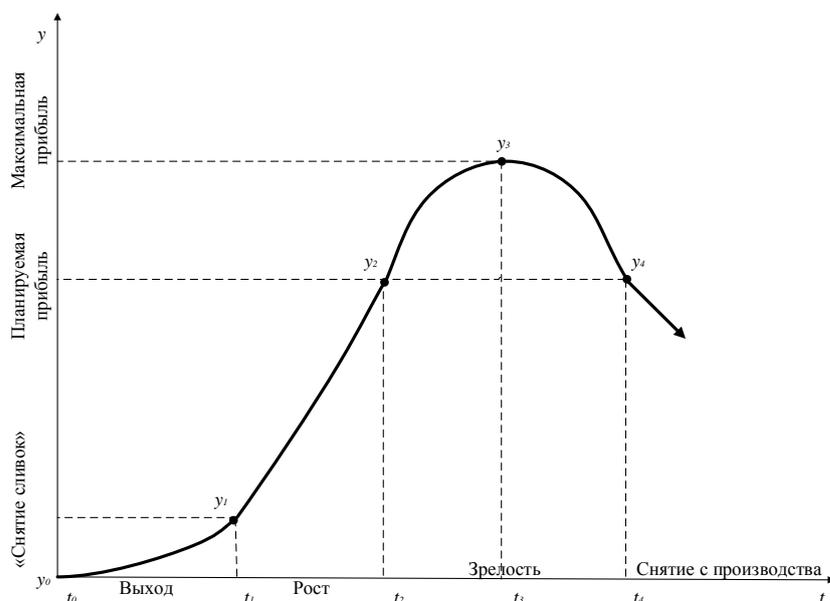


Рисунок 2.8. Кривая развития инновационного проекта на этапе коммерциализации

Математическая модель коммерциализации инноваций построена по принципу, если функция прогнозируемой прибыли представлена кусочно-заданной кривой, тогда на границах отрезков значения функций и их производных должны совпадать. Модель представлена 6-ю уравнениями, 3 из которых производные (необходимы для решения системы) от исследуемых функций:

$$\begin{cases} e^{st_1} - 1 = kt_1 + d, \\ se^{st_1} = k, \\ kt_2 + d = a + bt_2 + ct_2^2, \\ k = b + 2ct_2, \\ b + 2ct_4 = -k. \end{cases} \quad (22)$$

Значение  $s$  может быть найдено из практических данных, в любой точке функции (1) –  $F_1(t) = e^{st} - 1$ , кроме начала координат, например в точке  $(t_0, F_1(t_0))$ . Тогда  $s$  можно выразить следующим образом:

$$s = \frac{\ln(F_1(t_0) + 1)}{t_0}. \quad (24)$$

Таким образом, разработана математическая модель динамики прибыли от реализации инновационного проекта на этапе коммерциализации, позволяющая распределить планируемую промышленным предприятием прибыль от реализации инновационного продукта в соответствии с его основными стадиями жизненного цикла.

**7. Управленческие решения по созданию и реализации инновационных проектов, согласно созданной автором экономико-математической модели инновационной деятельности промышленных предприятий могут быть реализованы и автоматизированы в программной компьютерной среде и за счет средств инструменталистики.**

В программной среде «Алгоритм 2» разработана компьютерная программа, позволяющая реализовать алгоритмы, представленные в пунктах 4-6, положений, выносимых на защиту.

Данная разработка позволяет управляющим лицам промышленной компании при загрузке, требуемых от них информационных данных:

– количественной информации, фиксируемой в бухгалтерском балансе, отчете о прибыли и убытках, производственной смете затрат на продукцию; штатном расписании;

– качественных данных таких как индивидуальные предпочтения руководителей промышленных подразделений компании по вопросам о реализации инновационной продукции, товаров и услуг;

принимать соответствующие, разработанным математическим модулям управленческие решения.

Внедрение подобной программной среды в производственные и технологические цепочки промышленных предприятий позволяют автоматизировать процесс инновационной деятельности и добиться от нее наиболее эффективных решений. Помимо этого, при создании соответствующих надстроек данное программное обеспечение позволяет проводить надзорные и контрольные меры.

*Таким образом, разработаны компьютерные приложения, позволяющая принимать управленческие решения по созданию и реализации инновационных проектов, согласно созданной авторами экономико-математической модели и загруженным в виртуальную среду необходимым входным данным.*

### **III ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

#### **В изданиях рекомендованных ВАК РФ:**

1. Алферьев, Д.А. Прогноз развития инновационной активности в России [Текст] / Д.А. Алферьев // Проблемы развития территории. – 2015. – № 6. – С. 201-213.

2. Алферьев, Д.А. Планирование производства инновационной продукции на основе линейного программирования [Текст] / Д.А. Алферьев // Проблемы развития территории. – 2017. – № 2. – С. 165-176.

3. Алферьев, Д.А. Распределение значений динамики прибыли от реализации инновационного проекта на этапе коммерциализации [Текст] / Д.А. Алферьев // Вестник самарского государственного экономического университета. – 2017. – № 3. – С. 63-70.

#### **В других изданиях:**

4. Алферьев, Д.А. Сущность и особенности инновационной деятельности [Электронный ресурс] / Д.А. Алферьев // Молодые исследователи – регионам : материалы Международной научной конференции: в 3 т. – Т. 2. – Вологда : ВоГУ, 2015. – С. 120-121. – Режим доступа: <http://www.regconf.vstu.edu.ru/index.php/component/phocadownload/category/6-sborniki-otdelno?download=23:tom-2-ekonomicheskije-yuridicheskie-i-sotsialnye-nauki>

5. Алферьев, Д.А. Линейное программирование в инновационной деятельности промышленных предприятий [Текст] / Д.А. Алферьев // Материалы научно-практической конференции. Москва, 9 декабря 2015 г. Под ред. Р.Н. Павлова – М. : ЦЭМИ РАН, 2015. – С. 7-9.

6. Алферьев, Д.А. О применении теории игр в моделировании инновационной деятельности предприятий. – Современные проблемы экономики. 4-ая международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Труды конференции. – Ереван : ОМУ ЕГУ, 2016. – С. 133-139.

7. Алферьев, Д.А. Модель прогнозирования темпов индекса потребительских цен (инфляции) на примере РФ [Электронный ресурс] / Д.А. Алферьев // Социальное пространство. – 2016. – № 1. – Режим доступа: <http://sa.vscs.ac.ru/article/1806>

8. Алферьев, Д.А. Инновационная активность организаций – основа научно-технологического развития экономики [Текст] / Д.А. Алферьев // Экономика и управление в XXI веке : наука и практика. Материалы IV международной научно-практической очно-заочной конференции (27-28 мая 2016 года). – Череповец : Филиал СПбГЭУ в г. Череповце, 2016. – С. 62-66.