

*На правах рукописи*  
УДК 519.863:338.45  
ББК У9(2)301  
Д 996

**ДЯКИН Вадим Николаевич**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
В ДОЛГОСРОЧНОМ ПЕРИОДЕ**

Специальность 08.00.13  
"Математические и инструментальные методы экономики"

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Тамбов 2004

Диссертационная работа выполнена на кафедре "Информационные процессы и управление" Тамбовского государственного технического университета

**Научный руководи-  
тель** Доктор технических наук,  
профессор  
*Матвейкин Валерий Григорьевич*

**Официальные  
оппоненты:** Доктор экономических наук,  
профессор

**Куперман Владимир Генрихович**

Кандидат экономических наук,  
доцент

**Квочкин Александр Николаевич**

**Ведущая организация** Тверской государственный технический университет

Защита диссертации состоится 2 апреля 2004 г. в 13 часов на заседании регионального диссертационного совета КМ 212.260.01 в Тамбовском государственном техническом университете по адресу: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, Большой актовый зал.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Тамбовского государственного технического университета по адресу: 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112, корп. "Б".

Автореферат разослан 1 марта 2004 г.

Ученый секретарь регионального диссертационного совета,  
кандидат экономических наук, доцент

**О.В. Воронкова**

---

Подписано к печати 25.02.2004

Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Объем: 1,39 усл. печ. л.; 1,4 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 159

Издательско-полиграфический центр ТГТУ

392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Вследствие того, что российская экономика в настоящее время находится в стадии роста, вновь возникает потребность в долгосрочном планировании развития промышленных предприятий, являющихся главной структурной составляющей экономики страны, определяющей ее будущее. Важным моментом является то, что в результате расширения рынков сбыта продукции, глобализации экономики страны возникает потребность в увеличении ресурсной базы предприятий в целях удовлетворения возрастающих рыночных запросов.

Проблема оптимального управления промышленным предприятием вообще является одной из ключевых как в рамках классической экономической теории, так и в работах современных отечественных и зарубежных ученых. В работе решаются задачи определения состава и объемов продукции, а также состава и объемов производственных ресурсов с учетом инвестиций на их увеличение относительно первоначальных параметров некоторого предприятия так, чтобы его совокупная прибыль была максимальной.

Важно использовать математические модели и алгоритмы, приспособленные для решения данной специфической задачи, и информационные технологии, позволяющие автоматизировать процесс получения оптимального решения при значительной размерности исходных данных в приемлемые, с точки зрения менеджмента, сроки. В результате, возникает возможность интегрировать программный комплекс, решающий данную задачу, в общую корпоративную информационную систему предприятия, загружая из нее исходные данные и возвращая управляющие воздействия, являющиеся следствием нахождения оптимального решения.

Существующие подходы к проблеме оптимального распределения ресурсов предприятия не учитывают в полной мере влияние рыночной среды. В большинстве своем они рассматривают указанную проблему под слишком узким углом зрения. При этом игнорируются либо требования внешней среды (рынка сбыта продукции), либо внутренние технологические возможности, присущие конкретному предприятию. В тех же подходах, где эти две стороны проблемы все-таки сведены в одну математическую модель, игнорируется долгосрочность процесса распределения ресурсов предприятия или не учитывается их платность, влияющая на целевую функцию прибыли. Поэтому необходимо связать воедино сильные стороны предприятия с точки зрения его ресурсов и уникальных технологических возможностей и потребности рынка в конечной продукции с учетом сопутствующих затрат на долгосрочном периоде планирования.

В связи с этим, возникает необходимость в развитии теории и практики управления распределением производственных ресурсов в целях обеспечения эффективного функционирования промышленных предприятий в современных условиях российской экономики.

**Степень разработанности проблемы.** К зарубежным экономистам, заложившим основы теории фирмы, ценообразования при максимизации прибыли в рыночных условиях можно отнести П. Дугласа, Ч. Кобба,

А. Маршалла, К. Менгера, А. Смита, Й. Шумпетера. Суть маржиналистского подхода заключается в нахождении точки равенства (минимизации разницы) предельного дохода и предельных издержек, что являлся ключевым при определении оптимального для фирмы объема и соответствующей цены продукции. Такие отечественные ученые-экономисты, как С.В. Гусаков, С.В. Жак, А.Б. Залесский, В.А. Колемаев, Ю.В. Овсиенко, С.И. Серов, В.М. Тарасевич, Д.С. Чернавский и другие внесли большой вклад в развитие теории поведения предприятия в рыночных условиях.

Однако в реальных экономических расчетах возникают методические сложности с точным определением наилучшего варианта решения задачи. Подходы, применяемые в этих работах, применяются, как правило, для каждого продукта в отдельности. При этом возникает отрыв от технологических возможностей предприятия в целом. Данный момент является очень важным для средних и крупных предприятий, имеющих в своем распоряжении разнообразные технологические цепочки и определяющих возможности их применения с учетом актуальных требований рынка сбыта. Ряд продуктов может иметь сходные технологии производства, реализованные или планируемые к реализации на конкретном предприятии. Поэтому возникает задача управления, связанная с выбором из альтернативных вариантов производства оптимальных не только самих по себе, но и в совокупности с остальным портфелем продукции всего предприятия с учетом имеющихся ресурсов. Это становится особенно важным в контексте современных условий российской экономики с наличием крупных промышленных предприятий, построенных в свое время без учета реальных рыночных потребностей как внутри страны, так и на зару-

бежных рынках. Данные предприятия обладают значительным технологическим потенциалом, который, как правило, недоиспользуется, либо используется недостаточно эффективно. Более того, в последнее время происходит еще большая интеграция промышленных предприятий в корпорации и финансово-промышленные группы в целях минимизации технологических издержек, расширения производственных возможностей и увеличения конкурентной способности на мировых рынках.

Поэтому, другим направлением исследований, рассмотренным в рамках диссертационной работы, стали подходы, основы которых заложили Р. Беллман, Д. Данциг, Л.В. Канторович. Они связаны с проблемой оптимального с точки зрения некоторого критерия распределения ограниченных ресурсов, что также является ключевой задачей экономики. Данная задача была поставлена и решена в рамках теории математического программирования. Подходы к ее решению, сформулированные данными основоположниками, до сих пор находят свое отражение, в том числе и в рамках рыночной системы хозяйствования, в работах современных экономистов, таких как К.А. Багриновский, О.В. Каштанова, Д.С. Львов, В.Г. Медницкий, А.А. Мицель, С.В. Седова и др.

Третьим направлением, связанным с тематикой диссертационного исследования, является проблема оценки эффективности инвестиционных вложений в расширение ресурсных возможностей как предприятия в целом, так и отдельных его проектов. Здесь следует выделить работы С.В. Арженовского, В.З. Беленького, В.А. Кардаша, В.Н. Лившица, А.С. Плещинского, С.А. Смоляка, Г.М. Татевосяна и др.

Работы по второму и третьему направлениям исследования имеют точки соприкосновения, связанные с проблемой выбора из альтернативных вариантов инвестиционных проектов, распределения ресурсов по продуктам, оптимальных по тому или иному критерию. В целом, следует сказать, что работы по данным направлениям, каждая в отдельности, отражают ту или иную сторону проблемы диссертационного исследования в разной степени адекватности. Ключевым недостатком большинства работ является их оторванность от первого направления исследования, т.е. проблемы выбора такого распределения ресурсов предприятия, которое позволило бы произвести оптимальный объем производства продукции по всему предприятию с учетом функции спроса и платности ресурсов. В ряде работ проблема ставится только в краткосрочном периоде, не учитывая специфики циклов жизни товаров и сроков службы мощностных производственных ресурсов.

Из сказанного выше вытекает необходимость создания целостной научно-обоснованной теории оптимизации распределения ресурсов промышленного предприятия, а также выбор темы, цели, задач и основных направлений исследования.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы заключается в повышении эффективности деятельности промышленного предприятия в результате разработки и практической апробации статико-динамической экономико-математической модели и алгоритма ее решения для оптимального распределения производственных ресурсов в долгосрочном периоде.

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие задачи:

- определение влияния состава продукции и производственных ресурсов на эффективность долгосрочного развития промышленного предприятия в рыночных условиях;
- анализ современных моделей оптимального распределения производственных ресурсов промышленного предприятия, максимизации прибыли при заданном спросе на продукцию предприятия, оптимизации портфеля инвестиционных проектов, определение их достоинств и направлений совершенствования;
- построение экономико-математической модели долгосрочного планирования распределения производственных ресурсов промышленного предприятия на заданном горизонте планирования, учитывающей одновременно рыночные требования по продукции, ресурсы, а также возможные инвестиции на увеличение ресурсов;
- разработка алгоритма, позволяющего найти решение задачи поиска оптимального, с точки зрения максимума прибыли, варианта состава производственных ресурсов промышленного предприятия в долгосрочном периоде;
- разработка системы поддержки принятия решений, реализующей предложенную математическую модель и алгоритм распределения производственных ресурсов предприятия.
- практическая апробация разработанной системы поддержки принятия решений путем постановки и решения задачи оптимизации для реального промышленного предприятия и оценка эффективности ее применения.

**Объект и предмет исследования.** Объект исследования – производственные ресурсы предприятия, распределенные в соответствии с условием максимизации общей чистой дисконтированной прибыли промышленного предприятия с учетом функций спроса на продукцию и платности ресурсов в долгосрочном периоде. Предметом исследования являются математические и инструментальные методы и средства моделирования и оптимизации процесса распределения производственных ресурсов в составе долгосрочного планирования деятельности промышленного предприятия.

**Теоретическая и методологическая основа исследования.** Диссертационное исследование основывается на ключевых положениях системного анализа. Теоретической и методологической базой явились работы в области математического программирования. В качестве отправной точки диссертационной работы использовалась задача об оптимальном распределении ресурсов, решаемая методами линейного программирования. Для нахождения оптимального решения поставленной задачи использовались методы прямого поиска экстремума функции нескольких переменных (в частности, методы Нелдера-Мида и Бокса), примененные в определенной иерархии. Для создания системы поддержки принятия решений использовались теоретические подходы и инструментальные средства проектирования и программирования информационных систем, методики работы с базами данных.

Информационную основу исследований составили данные по спросу на продукцию, составу производственных ресурсов на начало горизонта планирования и технологические процессы производства продукции, предоставленные Федеральным государственным унитарным предприятием "Тамбовский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский химический институт" (ФГУП "Тамбов НИХИ").

Диссертационная работа выполнена в рамках областей исследований пп. 1.4 и 2.3 Паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики:

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".

2.3 "Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях".

**Научная новизна исследования** заключается в разработке трехуровневой статико-динамической модели оптимизации распределения производственных ресурсов промышленного предприятия, системно объединяющей динамику спроса на продукцию, производственных ресурсов, и инвестиционных вложений, а также технологии ее программно-алгоритмической реализации.

В результате диссертационного исследования были сформулированы и обоснованы следующие научные положения:

– разработана трехуровневая статико-динамическая модель оптимизации распределения производственных ресурсов промышленного предприятия, системно объединяющая дополнительные модели динамики спроса на выпускаемую продукцию и распределения производственных ресурсов. Последние выполняют роль ограничений на принимаемое в общей модели решение. Критерием эффективности принятого решения служит максимум общей чистой дисконтированной прибыли предприятия от продажи выбранного состава продукции за все интервалы времени, на которые разбит горизонт планирования. Введен дополнительный параметр, учитывающий платность увеличения объема производственных ресурсов предприятия. Модель является научной основой для управления промышленным предприятием с позиций двух направлений менеджмента, рыночного и ресурсного, что позволяет обосновать долгосрочный план развития предприятия с учетом большего количества факторов.

– разработана математическая модель требований внешней, по отношению к предприятию, рыночной среды, устанавливающая диапазон изменения цен на продукцию и максимальные объемы продаж по каждой цене. Данная модель является первым уровнем ограничений в общей трехуровневой модели и отражает рыночный подход к менеджменту предприятия;

– предложена математическая модель внутренних возможностей предприятия, учитывающая технологии производства продукции и устанавливающая общий объем и распределение производственных ресурсов между конкурирующими направлениями их потребления. Данная модель выступает в качестве

второго уровня ограничений в общей трехуровневой модели и отражает ресурсный подход к менеджменту предприятия;

– разработана технология формирования оптимального портфеля инвестиционных проектов предприятия, связанных по используемым производственным ресурсам. Она дополняет информационные системы бизнес-планирования, предназначенные для оценки эффективности отдельных инвестиционных проектов, интегрируясь в общую корпоративную информационную систему.

**Практическая значимость исследования** заключается в разработке алгоритма и системы поддержки принятия решений, позволяющих автоматизировать процесс формирования оптимального долгосрочного плана развития промышленного предприятия при одновременном учете наиболее значимых факторов, влияющих на эффективность его функционирования.

Самостоятельное практическое значение имеют:

– разработанный алгоритм решения указанной выше экономико-математической модели в долгосрочном периоде, позволяющий при выборе различных начальных точек поиска и охвате области допустимых значений найти оптимальное решение для реальных задач, встречающихся в практике управления промышленными предприятиями;

– разработанная система поддержки принятия решений, реализующая модель и алгоритм задачи исследования, и позволяющая получать экономически обоснованные долгосрочные планы развития промышленного предприятия, интегрироваться в корпоративную информационную систему, осуществлять многовариантные расчеты портфеля инвестиционных проектов предприятия с различными исходными установками, принимать математически и экономически обоснованные управленческие решения в приемлемые временные сроки. Ее применение позволяет оптимизировать управление промышленным предприятием, как экономическим объектом.

Выработанные математические и алгоритмические подходы расширяют существовавшие, учитывают рыночность современной российской экономики и то, что она находится в стадии роста. В совокупности с программными средствами, указанные подходы позволяют решать реальные экономические задачи, встающие перед промышленными предприятиями в условиях возрастающей конкуренции.

Положения, рекомендации и решения, полученные в диссертационном исследовании, ориентированы на применение широким кругом специалистов, занимающихся долгосрочным планированием деятельности промышленного предприятия, составлением бизнес-планов инвестиционных проектов.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные положения диссертации и разработанная система поддержки принятия решений были использованы при составлении долгосрочной программы развития промышленного предприятия г. Тамбова – ФГУП "Тамбов НИХИ", что подтверждено соответствующей справкой. Программный комплекс, интегрированный с системой бизнес-планирования предприятия, позволил осуществить формирование оптимального портфеля инвестиционных проектов и комплекса необходимой сопроводительной документации.

Полученные теоретические, методические и практические результаты диссертационной работы обсуждались и получили положительную оценку на XIV Международной научной конференции "Математические методы в технике и технологиях" (Смоленск, 2001 г.), II Международной научно-практической конференции "Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах" (Новочеркасск, 2001 г.), VIII научной конференции Тамбовского государственного технического университета (Тамбов, 2003 г.), Всероссийской научно-практической конференции "Информационные модели экономики" (Москва, 2003 г.).

Материалы диссертационной работы, в том числе математическая модель, алгоритм и система поддержки принятия решений, использовались при подготовке курса "Теория оптимального управления в экономике" для студентов специальности "Прикладная информатика (в экономике)" Тамбовского государственного технического университета, что подтверждено соответствующей справкой.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 9 работ общим объемом 7,76 п.л. (авт. объем – 6,51 п.л.). Список публикаций приведен в конце автореферата.

**Объем и структура диссертационного исследования.** Структура работы определена поставленными целями и последовательностью решения сформулированных задач. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, определены объект и предмет исследования, сформулированы основные цели, задачи исследования, представлены методы их решения. Кратко излагается содержание диссертации.

Распределение производственных ресурсов промышленного предприятия в долгосрочном периоде как объект оптимизации

**В современных условиях** некоторого роста экономики России и появления возможности достаточно точного прогнозирования ее развития на средне- и долгосрочную перспективу вновь возникает вопрос о планировании деятельности ее составляющих, в частности, промышленных предприятий. Крупные промышленные предприятия являются столпами, на которых держится экономика большинства развитых стран мира. Предприятия обладают, зачастую, уникальными сочетаниями технологических возможностей (т.е. производственными ресурсами), создающими им конкурентные преимущества при производстве тех или иных товаров. Однако следует учесть тот факт, что в настоящее время в России, в отличие от СССР, промышленные предприятия должны для поддержания своего существования рассчитывать, в основном, только на себя. Поэтому ключевым и определяющим фактором, влияющим на состояние предприятия, является его прибыльность, т.е. способность возвращать вложенные в него средства.

Основополагающим для развития промышленного предприятия является формирование обоснованного и оптимального, по достижению целей предприятия, плана производства и сбыта продукции. В условиях рыночных отношений для предприятия требуется долгосрочная программа устойчивого развития, связанная с конъюнктурой рынка и конкуренцией, возможностями изменений характеристик выпускаемой продукции в соответствии со спросом. Долгосрочное планирование деятельности предприятия можно представить как формирование портфеля инвестиционных проектов и его корректировку (актуализацию) при осуществлении запланированного бизнес-плана всего предприятия. Портфель состоит из определенного набора отдельных инвестиционных проектов, предусматривающих производство и сбыт определенного набора продуктов, взаимосвязанных с точки зрения технологии их производства. Возникает задача определения набора инвестиционных проектов, которые в сумме дадут конкретному предприятию результат, оптимальный с точки зрения выбранных критериев.

Цель стратегического управления заключается в обеспечении предприятию длительного пребывания на рынке. Предпосылкой этому служат стабильные конкурентные преимущества. Вопрос в том, как добиться и сохранить их. Множество различных теоретических подходов к интерпретации экономической реальности все еще не отвечает потребностям практики в управленческом инструментарии.

Предлагаемый для стратегического менеджмента инструментарий рассчитан преимущественно на сложившиеся рыночные структуры и действующие рынки с высокими темпами роста и небольшими рисками. Отсюда вытекает опасность чрезмерно оптимистичной оценки возможности развития конкурентных позиций предприятия. Эту опасность можно существенно снизить благодаря интеграции рыночного и ресурсного подходов. Принятие во внимание не только продукта, но и генерирующих его ресурсов позволяет менеджеру обрести более детальное знание реализуемой стратегии. Благодаря интеграции рыночного и ресурсного подходов можно обосновать долгосрочный план развития предприятия с учетом большего количества факторов, влияющих на эффективность его функционирования.

Методики, разработанные для оценки эффективности инвестиционных проектов, позволяют лишь оценить эффективность того или иного варианта проекта. Они не предоставляют математических моделей, осуществляющих поиск наиболее прибыльного, оптимального варианта инвестиционного проекта.

Однако, они указывают, что в качестве основного критерия эффективности следует использовать чистый дисконтированный доход, отвечающий всем основным принципам эффективности.

Методы классической экономической теории применяются для отдельных продуктов в отрыве от всего технологического комплекса предприятия. Ряд продуктов может иметь сходные технологии производства, реализованные или планируемые к реализации на конкретном предприятии. Поэтому возникает задача управления, связанная с выбором из альтернативных вариантов производства оптимальных не только самих по себе, но и в совокупности с остальным портфелем продукции всего предприятия и его технологий.

Единого подхода, отвечающего, в достаточной степени, современным требованиям практики управления промышленным предприятием среди существующих методик нет. Двумя основными направлениями, решающими в той или иной мере рассматриваемую задачу, являются линейное и динамическое программирование. Наиболее применимым для данной задачи с практической точки зрения является инструментарий линейного программирования в целом, и задачи о распределении ресурсов предприятия в частности. Данный инструментарий используется в подавляющем числе работ, так или иначе связанных с тематикой указанной проблемы.

Классическая постановка задачи линейного программирования о распределении ресурсов предприятия не отвечает современным экономическим реалиям по ряду причин:

1 Объем продаж продукции ограничен как снизу, так и сверху. Это связано с тем, что на каком-либо временном интервале всегда есть ограничение на максимальный объем сбыта. Оно определяется емкостью рынка того или иного продукта. Нижняя планка определяется условием необходимости сохранения некоторой доли рынка сбыта.

2 Исходя из того, что объем продаж некоторого продукта ограничен "сверху", следует, что его объем производства также ограничен максимальным значением. Поэтому для производства не потребуется ресурсов в объеме, большем, чем необходимо для максимального объема, определяемого, исходя из емкости рынка сбыта продукции. Тогда можно отметить, что расход какого-либо ресурса на определенном временном интервале также ограничен "сверху" и "снизу" в соответствии с максимальной и минимальной производственной программой. Кроме того, если рассматривать конкретное предприятие, обладающее к началу горизонта планирования некоторыми запасами ресурсов, то нижняя граница вектора ресурсов  $b$  может быть не нулевой (соответствующей нулевой производственной программе), а некоторой  $b_n$ .

3 Как правило, для продуктов, выпускаемых предприятием, можно привести графики спроса, или хотя бы фиксированные наборы пар значений (цена; максимальный объем продаж). Параметр "цена" влияет на прибыль предприятия, а соответствующий объем продаж определяет максимальный объем продаж (производства) для некоторого временного интервала.

4 Чтобы увеличить запас ресурса сверх того, которым обладало предприятие на начало горизонта планирования, потребуются инвестиционные вложения в увеличение ресурсов предприятия. Инвестиции, в свою очередь, уменьшают величину прибыли предприятия.

**Задача об оптимальном использовании ресурсов предприятия с целью максимизации прибыли должна рассматриваться в рамках средне- и долгосрочного планирования в связи со следующими обстоятельствами:**

- Как правило, стадии жизненного цикла каждой выпускаемой предприятием продукции в сумме значительно больше года. Спрос на продукцию претерпевает значительные колебания в зависимости от конкретной стадии. Однако конкретные товары из состава продукции предприятия могут находиться на разных стадиях. Таким образом, для достижения адекватности при постановке задачи оптимизации необходимо рассматривать с одной стороны долгосрочный горизонт планирования, а с другой – разбивать горизонт планирования на отдельные интервалы времени, продолжительностью не более года. При этом решение задачи долгосрочного планирования сводится к решению цепочки задач краткосрочного планирования.

- Для увеличения производственных мощностей с целью соответствия растущим потребностям рынка продукции необходимы инвестиционные вложения. В то же время простаивающие мощности неэффективны,



и, наконец, слишком большие инвестиции могут также привести к неэффективности, так как не окупятся дальнейшими продажами продукции. При этом следует отметить и обязательно учесть следующую особенность инвестиций в виде капитальных вложений. Инвестиции, сделанные в интервал времени, отражаются на всех последующих интервалах времени в пределах срока службы конкретного объекта капитальных вложений.

Задачу о распределении ресурсов, решаемую методами линейного программирования, нужно вновь переосмыслить с позиции долгосрочности планирования, возвратности вложенных средств на увеличение ресурсной базы предприятия, а также объединения ресурсного и рыночного подходов к стратегическому менеджменту.

### **Разработка математической модели и алгоритма оптимального распределения ресурсов промышленного предприятия в долгосрочном периоде**

Статико-динамическую трехуровневую математическую модель задачи диссертационного исследования, учитывающую все вышесказанное, можно представить в следующем виде.

Целевая функция общей чистой дисконтированной прибыли предприятия:

$$Q = \sum_{t=1}^T [d_t \sum_{i=1}^n q_{it} x_{it} - d_{t-1} I(b_{t-1}, b_t)] \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $t$  – номер интервала времени;  $T$  – число интервалов времени, на которые разбит горизонт планирования;  $d_t$  – коэффициент дисконтирования для  $t$ -го интервала времени;  $Q$  – общая прибыль предприятия за  $T$ ;  $n$  – число планируемых к выпуску продуктов;  $q_{it}$  – прибыль от единицы  $i$ -го продукта за  $t$ -й интервал времени;  $x_{it}$  – объем продаж  $i$ -го продукта за  $t$ -й интервал времени;  $b_t$  – запас ресурсов предприятия на  $t$ -м интервале времени;  $I(b_{t-1}, b_t)$  – величина инвестиций на увеличение запасов ресурсов предприятия от  $b_{t-1}$  до  $b_t$ .

Здесь следует отметить, что отдельные технологии производства продукта  $x_i$  можно рассматривать как технологии производства другого продукта, схожего с продуктом  $x_i$ , либо как альтернативные технологии производства того же продукта  $x_i$ . Вообще, как правило, один и тот же продукт, сделанный по разным технологиям, зачастую все-таки различается (разное качество, другая модификация и т.п.).

Важно то, что в процессе решения задачи оптимизации определяется конечный набор технологических цепочек конкретного промышленного предприятия, производящего определенный набор продукции, общая чистая дисконтированная прибыль от реализации которого максимальна.

Чтобы увеличить запас ресурса сверх того, которым обладало предприятие на начало горизонта планирования, потребуются инвестиционные вложения. Инвестиции, в свою очередь, уменьшают величину прибыли предприятия.

Система технологических ограничений для  $t$ -го интервала времени имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{it} \leq b_{jt}, \quad j = 1, 2, \dots, m, \\ x_{it}^{\min} \leq x_{it} \leq x_{it}^{\max}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \end{cases} \quad (2)$$

При этом  $b_{jt}$  лежит в пределах:

$$b_{jt}^{\max} \geq b_{jt} \geq b_{jt-1}.$$

Здесь  $a_{ij}$  – расход  $j$ -го ресурса на производство единицы  $i$ -го продукта;  $m$  – число ресурсов, необходимых для производства  $n$  продуктов;  $x_{it}^{\max}$  – максимальный объем продаж  $i$ -го продукта за  $t$ -й интервал времени;  $x_{it}^{\min}$  – минимальный объем продаж  $i$ -го продукта за  $t$ -й интервал времени;  $b_{jt}^{\max}$  – максимально допустимый расход  $j$ -го ресурса, определяемый исходя из условия выполнения максимальной производственной программы ( $x_i^{\max}$ ).

В дополнение к (1) – (2) накладываются следующие условия, связанные со значением цены от единицы выпускаемой продукции на  $t$ -м интервале времени:

$$\begin{cases} p_{it}^{\min} \leq p_{it} \leq p_{it}^{\max}, i = 1, 2, \dots, n, \\ x_{it}^{\max} = f_{it}(p_{it}), \end{cases} \quad (3)$$

где  $p_{it}^{\min}$  – минимальное значение цены единицы  $i$ -го продукта на  $t$ -м интервале времени;  $p_{it}^{\max}$  – максимальное значение цены единицы  $i$ -го продукта на  $t$ -м интервале времени;  $f_{it}(p_{it})$  – значение функции спроса на  $i$ -й продукт на  $t$ -м интервале времени, определяемое исходя из цены единицы  $i$ -го продукта на  $t$ -м интервале времени.

Прибыль от единицы  $i$ -го продукта на  $t$ -м интервале времени укрупненно можно получить так:

$$q_{it} = p_{it} - c_{it},$$

где  $c_{it}$  – себестоимость  $i$ -го продукта на  $t$ -м интервале времени.

Величина  $I(b_{t-1}, b_t)$  определяется в модели так:

$$I(b_{t-1}, b_t) = \begin{cases} \sum_{j=1}^m [(b_{jt} - b_{jt-1}) \Delta I_{jt}^+], \forall j \ni b_{jt} > b_{jt-1}, \\ 0, \forall j \ni b_{jt} = b_{jt-1}, \\ \sum_{j=1}^m [(b_{jt} - b_{jt-1}) \Delta I_{jt}^-], \forall j \ni b_{jt} < b_{jt-1}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\Delta I_{jt}^+$  – величина инвестиций, необходимая для увеличения запаса  $j$ -го ресурса в  $t$ -й интервал времени на единицу;  $\Delta I_{jt}^-$  – ликвидационная стоимость "лишнего" ресурса, получаемая предприятием при уменьшении запаса  $j$ -го ресурса в  $t$ -й интервал времени на единицу.

Таким образом, требуется максимизировать общую чистую дисконтированную прибыль предприятия, определить оптимальные цены на выпускаемую продукцию, объемы продаж, изменения запасов ресурсов предприятия и связанные с этим дополнительные инвестиции или доходы от их реализации.

Задача (1) – (2) в упрощенном варианте является задачей линейного программирования и методы ее решения хорошо изучены и реализованы как в виде алгоритмов, так и программ. Однако, в связи с нестандартностью математической модели и дополнений, объединенных в трехуровневую систему, необходимо найти другие пути поиска решения. В данной работе предлагается использовать методы прямого поиска. Их привлекательность для решения поставленной задачи заключается в отсутствии необходимости вычислять производные функций, что требуется в градиентных методах. Кроме того, размерность задачи может быть достаточно велика. Поэтому следует выбирать методы с наименьшим числом вычислений на каждой итерации.

Метод Нелдера – Мида достаточно прост (с точки зрения количества вычислений значений целевой функции) и применим в условиях отсутствия ограничений типа  $g_i(x) \leq b_i$  при  $i = 1, 2, \dots, m$ . Его будет удобно использовать для определения оптимальных значений цены единицы продукции в диапазоне  $p^{\min} \leq p \leq p^{\max}$  и запасов ресурсов в диапазоне  $b^{\min} \leq b \leq b^{\max}$ . В случае выхода переменных за границы диапазона, целевой функции будет присваиваться заведомо "плохое" значение (метод "штрафных функций").

Метод Бокса является развитием метода Нелдера – Мида для решения задач оптимизации с ограничениями типа  $g_i(x) \leq b_i$  при  $i = 1, 2, \dots, m$ . Его целесообразно применять для решения задачи поиска оптимального значения объемов продаж в диапазоне  $x^{\min} \leq x \leq x^{\max}$  при ограничениях (2). Фактически, данный метод будет применяться для решения конечной задачи распределения ресурсов с фиксированными значениями цены единицы продукции и максимальных расходов ресурсов. Данный метод легко программируем и, как правило, позволяет гарантированно отыскать глобальный экстремум при различных начальных точках поиска.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации для нескольких интервалов времени. Выстраивается иерархия двух версий (вариантов) методов Нелдера – Мида и одной метода Бокса.

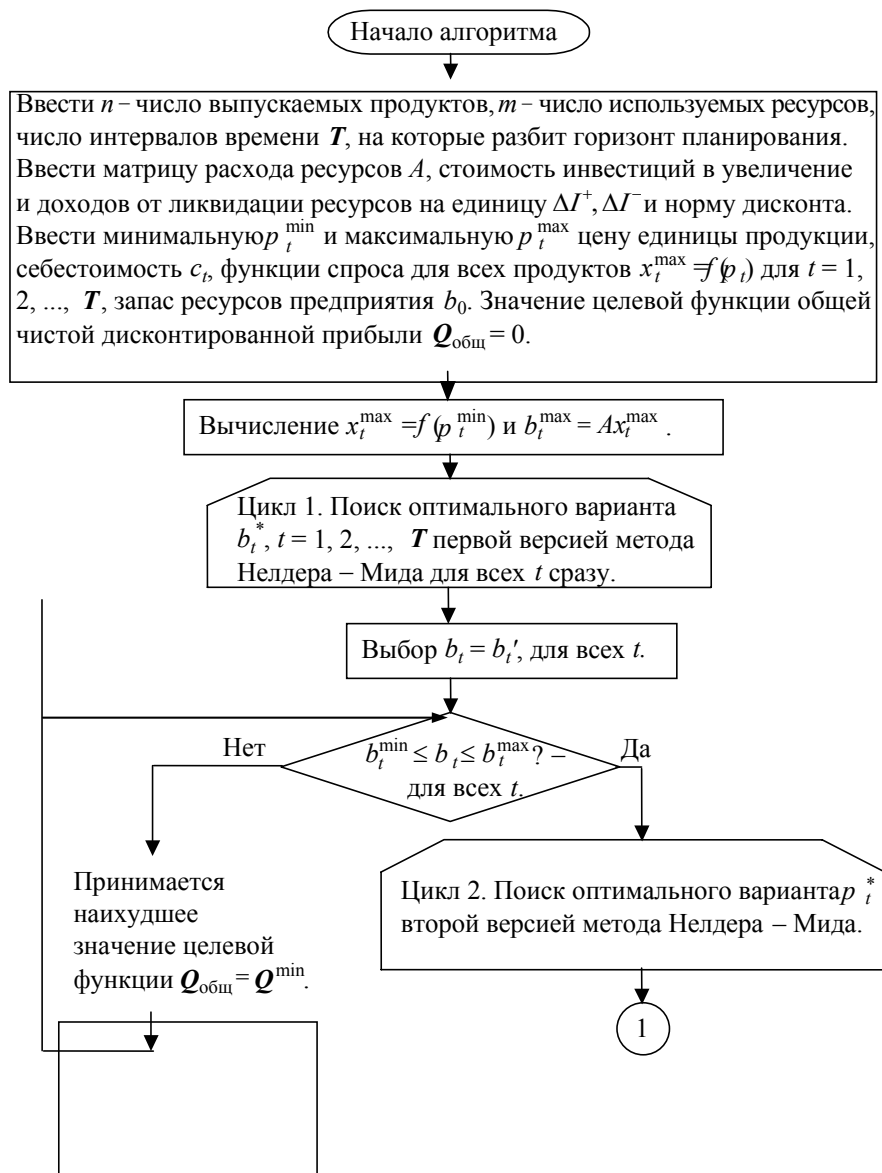


Рис. 1 Алгоритм поиска оптимального решения для нескольких интервалов времени

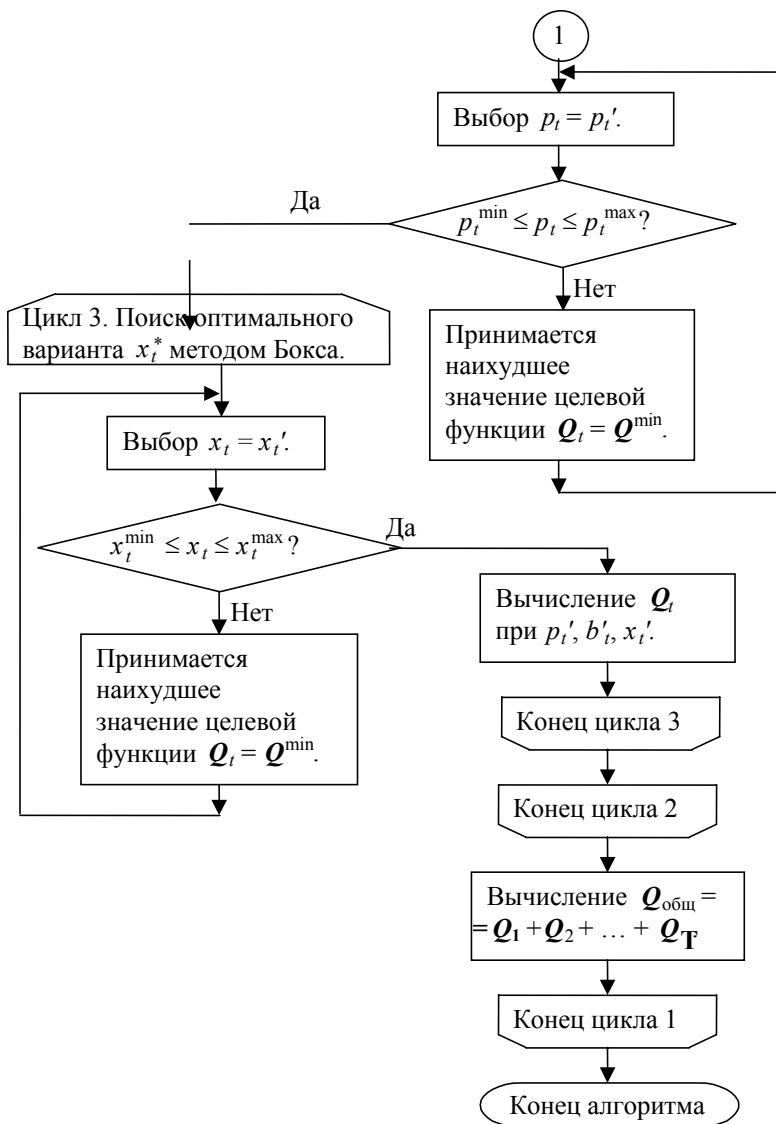


Рис. 1 (Продолжение)

Алгоритм поиска оптимального решения задачи распределения производственных ресурсов промышленного предприятия в долгосрочном периоде следующий.

1 Формируются следующие исходные данные по продуктам: диапазоны изменения цены единицы продукции  $p_i^{\min} \leq p_i \leq p_i^{\max}$ , себестоимость  $c_i$  и функции спроса на продукцию  $x_i^{\max} = f(p_i)$  для всех интервалов времени; начальный запас ресурсов предприятия  $b_0$  и система технологических ограничений (2); функция инвестиций  $I(b_{t-1}, b_t)$  и  $\Delta I^+$ ,  $\Delta I^-$  – инвестиции на увеличение и доходы от ликвидации единицы ресурсов предприятия.

2 С использованием первой версии метода Нелдера – Мида производится поиск оптимального варианта запасов ресурсов  $b_t$  для всех  $t = 1, 2, \dots, T$  по всему составу ресурсов (размерность поискового метода равна  $m \cdot T$ , где  $m$  – общее число ресурсов).

3 С использованием второй версии метода Нелдера – Мида для выбранных  $b_t$  производится поиск оптимальных значений цены единицы продукции  $p_t$  для всех интервалов времени  $t = 1, 2, \dots, T$  по всем продуктам.

4 Соответствующий значению  $p_t$  максимальный объем продаж  $x_t^{\max}$  определяется исходя из функции спроса на продукцию. При этом верхняя граница варьирования запасами ресурсов  $b_t^{\max}$  остается неизменной и равной  $b_t$  – варианту, выбранному первой версией метода Нелдера – Мида.

5 Для выбранных вариантов  $p_t$  и  $b_t$  происходит поиск оптимального решения (объемов продаж  $x_t$ ) с использованием метода Бокса. Величина чистой дисконтированной прибыли для отдельного интервала определяется как разность суммы прибылей от всех продуктов и инвестиций, связанных с увеличением ресурсной базы предприятия, умноженная на соответствующий коэффициент дисконтирования.

6 Общая чистая дисконтированная прибыль определяется суммированием чистых дисконтированных прибылей за отдельные интервалы времени.

Таким образом, выстраивается иерархия первой версии (копии) метода Нелдера – Мида для поиска  $b$  для всех интервалов времени сразу и по одной версии методов Нелдера – Мида и Бокса для поиска соответственно  $p_t$  и  $x_t$  для каждого интервала времени в отдельности.

#### **Программная реализация и апробация оптимизационной модели распределения производственных ресурсов промышленного предприятия**

**В ЦЕЛЯХ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОПИСАННОЙ ЗАДАЧИ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БЫЛА РАЗРАБОТАНА СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, СОСТОЯЩАЯ ИЗ ДВУХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ: "INVESTOR" (КОМПЛЕКС 1), ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ФОРМИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПЛАНА И "PORTFOLIO" (КОМПЛЕКС 2), ИНТЕГРИРОВАННЫЙ С ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ 1 И РЕАЛИЗУЮЩИЙ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.**

В качестве языка программирования был выбран C++, реализующий концепцию объектно-ориентированного программирования и позволяющий сократить затраты на сопровождение и модернизацию разработанных информационных систем. Информация, используемая в указанных программных комплексах, хранится в специальном образом структурированных базах данных типа ".mdb" для каждого проекта (в "Investor") и для каждого набора проектов (портфеля) (в "Portfolio").

Программный комплекс оценки эффективности отдельных инвестиционных проектов (комплекс 1) и программный комплекс формирования оптимального инвестиционного портфеля предприятия (комплекс 2) являются взаимодополняющими. Информация, содержащаяся в файлах баз данных инвестиционных проектов комплекса 1, является входной для комплекса 2.

Приведем перечень информации, поступающей из комплекса 1 и являющейся входной для комплекса 2 по каждому продукту из выбранного набора портфеля инвестиционных проектов для каждого интервала времени.

**1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ: НОРМЫ ЗАТРАТ СЫРЬЯ, МАТЕРИАЛОВ, ЭНЕРГИИ, ВРЕМЕНИ РАБОЧЕЙ СИЛЫ, ВРЕМЕНИ РАБОТЫ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ С ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКОЙ ПО КАЖДОЙ СТАТЬЕ ЗАТРАТ В ДЕНЕЖНОМ И НАТУРАЛЬНОМ ВЫРАЖЕНИИ, Т.Е. СКОЛЬКО ЕДИНИЦ РЕСУРСОВ ТОГО ИЛИ ИНОГО ВИДА ТРЕБУЕТСЯ**

## **ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЕДИНИЦЫ ВЫПУСКАЕМОГО ПРОДУКТА И СТОИМОСТЬ ЕДИНИЦЫ РЕСУРСОВ.**

**2 ЗАПАСЫ СЫРЬЯ, МАТЕРИАЛОВ, МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ, А ТАКЖЕ КОЛИЧЕСТВО РАБОТНИКОВ НА НАЧАЛО ГОРИЗОНТА ПЛАНИРОВАНИЯ (КОТОРЫЕ БУДУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫБРАННОГО НАБОРА ПРОДУКТОВ).**

**3 СТОИМОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ НА ЕДИНИЦУ СЫРЬЯ, МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ, НАЙМА ОДНОГО РАБОТНИКА (ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫБРАННОГО НАБОРА ПРОДУКТОВ).**

**4 ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЙ ВАРИАНТ ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА И СБЫТА С ДЕТАЛИЗАЦИЕЙ ПО ГОДАМ (ИЛИ БОЛЕЕ ДЕТАЛЬНО).**

**5 НОРМА ДИСКОНТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ЧИСТОЙ ДИСКОНТИРОВАННОЙ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ.**

На основе входных данных производится поиск оптимального варианта сочетания параметров цены единицы продукции, запасов ресурсов предприятия, объемов продаж, доставляющих максимум целевой функции общей чистой дисконтированной прибыли за выбранный горизонт планирования.

Затем происходит движение информации в обратном направлении от комплекса 2 к комплексу 1. По-

лученные оптимальные параметры инвестиционных проектов возвращаются обратно в файлы баз

данных инвестиционных проектов для последующей обработки и формирования оптимальных биз-

нес-планов в программном комплексе 1.

Приведем перечень указанных выше данных, передаваемых в базу данных каждого проекта комплекса 1:

1) план производства и сбыта продукта с указанием объемов продаж и цен для каждого интервала времени;

2) изменение запасов сырьевых, материальных и других ресурсов предприятия относительно начального запаса, связанных с производством указанных объемов продукта за каждый из интервалов времени;

3) план по персоналу предприятия в разрезе указанного продукта за каждый из интервалов времени;

4) план по машинам, оборудованию в разрезе указанного продукта за каждый из интервалов времени;

5) общий инвестиционный план по производству данного продукта за каждый из интервалов времени.

Следует отметить, что для интеграции с программным комплексом 2 (после его доработки) можно использовать любой программный продукт по оценке эффективности инвестиционных проектов, либо имеющий открытую архитектуру (как программный продукт Альт - Инвест), либо позволяющий обмениваться информацией через соответствующий интерфейс (как Project Expert версии 7), либо имеющий базу данных стандартного типа для хранения информации о проекте.

Возможности, реализованные в программном комплексе 2, значительно расширяют привлекательность указанных программных продуктов оценки эффективности инвестиционных проектов и составления бизнес-планов. При этом будет использоваться современная идея объединения ресурсного и рыночного подходов к стратегическому менеджменту предприятия.

Схема данных интегрированной системы бизнес-планирования промышленного предприятия представлена на рис. 2.

Указанный перечень выходной информации фактически содержит управляющие параметры по отношению к каждому инвестиционному проекту в частности и ко всему предприятию в целом.

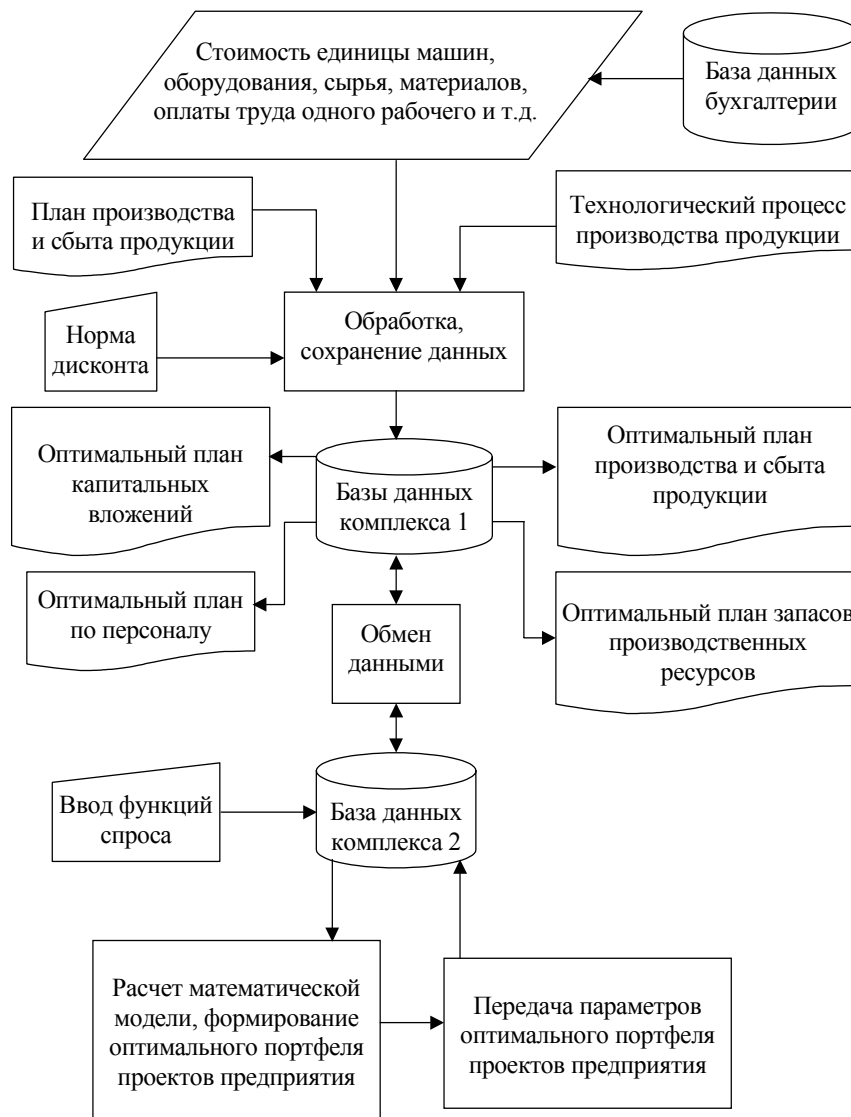


Рис. 2 Схема данных интегрированной системы бизнес-планирования

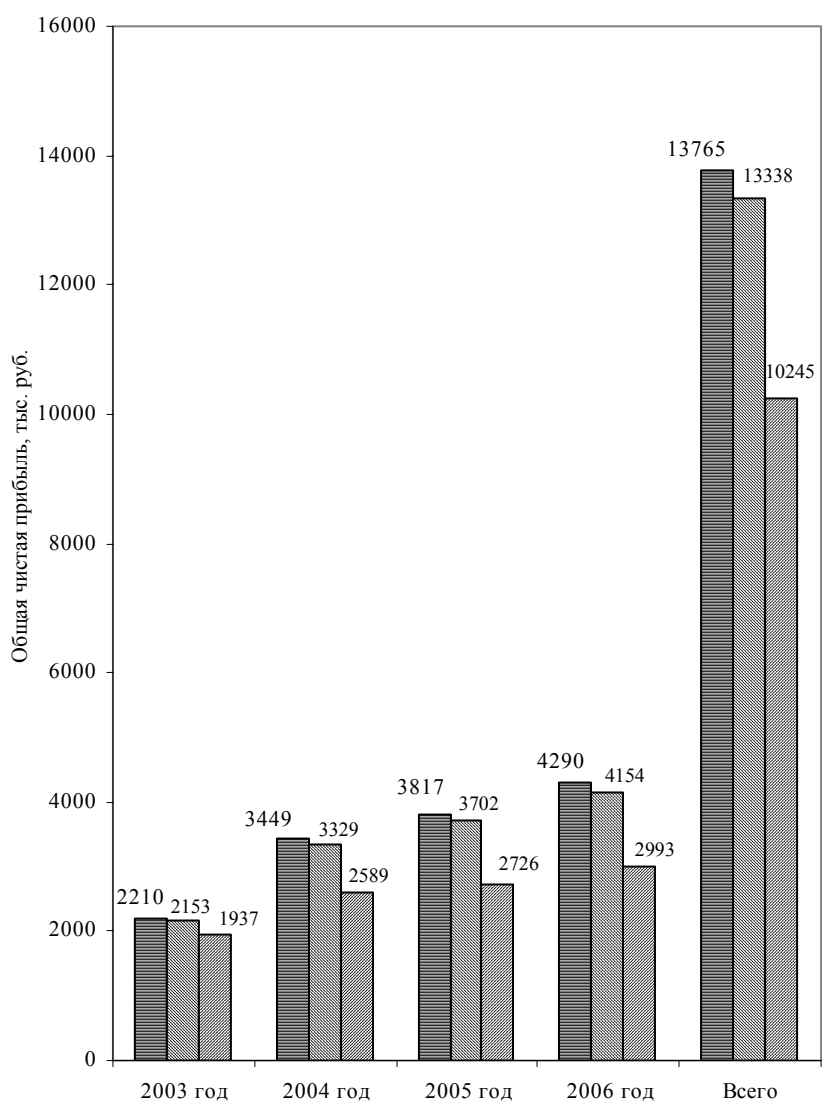
Следует отметить, что представленный комплекс программ в некоторой степени сопоставим с концепциями формирования портфелей инвестиционных проектов существующих программных средств бизнес-планирования (например, Project Expert Holding). Принципиальное отличие заключается в способности предлагаемых комплексов к автоматическому поиску наилучшего варианта инвестиционного портфеля, а не в "ручном" его формировании.

Интегрирование программных комплексов по бизнес-планированию и формированию инвестиционного портфеля предприятия позволяет автоматизировать процесс формирования инвестиционной политики всего предприятия, а не отдельных его инвестиционных проектов. Автоматическая переносимость данных из одного комплекса в другой позволит устранить излишнее дублирование информации и ускорить процесс принятия управленческих решений при формировании стратегии развития предприятия на средне- и долгосрочную перспективу.

В качестве доказательства эффективности практического применения модели, алгоритмов и программных средств, предложенных в рамках диссертационного исследования, приведем сравнительную диаграмму значений общей чистой прибыли для трех вариантов распределения ресурсов предприятия ФГУП "Тамбов НИХИ". В первом варианте ("Минимальные цены") значения цены выпускаемой продукции (а, следовательно, и верхний предел продаж продукции) были зафиксированы на минимальном уровне. Во втором варианте ("Максимальные цены"), напротив, цены также по всем продуктам были

выбраны значительно больше минимального уровня. Однако разница между ценой и себестоимостью (т.е., в конечном счете, прибыль) достигла гораздо большего значения, чем в первом варианте. В третьем варианте, названном "Оптимальным", на цены были заданы диапазоны их возможного изменения от минимального уровня (вариант "Минимальные цены") до максимального (вариант "Максимальные цены"). Соответственно и максимальный объем продаж также менялся в некотором диапазоне, определяемом функциональными зависимостями спроса на продукцию. Первый и второй варианты первоначально рассматривались как базовые на предприятии. Третий вариант был найден с использованием программных средств диссертационной работы.

Как видно из диаграммы (рис. 3) вариант "Оптимальный" находится ближе к варианту "Минимальные цены" из-за большого значения диапазона цен до "Максимального варианта" и убывающего характера функций спроса на продукцию. Найденный с использованием предложенной в диссертационной работе математической модели, алгоритма поиска оптимального решения и программных комплексов, их реализующих, вариант "Оптимальный" оказался лучше первоначально принятого ФГУП "Тамбов НИХИ" варианта "Минимальные цены". При этом был достигнут эффект дополнительной общей чистой дисконтированной прибыли предприятия в размере 427,22 тыс. р.



**Рис. 3 Результаты применения разработанных программных комплексов:**

– вариант "Оптимальный";
  – вариант "Минимальные цены";
  – вариант "Максимальные цены"

Рассчитанный вариант "Оптимальный" был использован при формировании четырехлетнего плана развития предприятия. Разработанная в диссертационном исследовании система поддержки принятия решений используется в настоящее время в ФГУП "Тамбов НИХИ" для формирования портфелей инве-



стиционных проектов долгосрочного развития предприятия. Они определяют состав производственных ресурсов, структуру выпускаемой продукции, инвестиционный план развития предприятия и направления его дальнейшей деятельности по освоению российских и мировых рынков.

**В заключении** приведены основные результаты и выводы, полученные в ходе исследования.

Основные результаты диссертационной работы нашли отражение в следующих публикациях:

1 Дякин В.Н. Оптимизация инвестиционного портфеля / В.Н. Дякин // Труды ТГТУ: Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. Вып. 12. 0,24 п.л.

2 Дякин В.Н. Информационные технологии в планировании и управлении промышленным предприятием с целью максимизации чистой прибыли / В.Н. Дякин // Системы управления и информационные технологии: Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2002. Вып. 9. 0,35 п.л.

3 Дякин В.Н. Задача об оптимальном использовании ресурсов предприятия с учетом инвестиций / В.Н. Дякин // Труды ТГТУ: Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. Вып. 13. 0,24 п.л.

4 Дякин В.Н. Новые требования к задаче об оптимальном использовании ресурсов предприятия / В.Н. Дякин // VIII научная конференция: Пленарные докл. и краткие тез. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. Ч. 1. 0,12 п.л.

5 Дякин В.Н. Долгосрочное планирование деятельности промышленного предприятия / В.Н. Дякин // VIII научная конференция: Пленарные докл. и краткие тез. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. Ч. 1. 0,12 п.л.

6 Дякин В.Н. Задача об оптимальном использовании ресурсов предприятия с учетом функции спроса на выпускаемую продукцию и инвестиций / В.Н. Дякин // Информационные модели экономики: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 12 марта 2003). М.: МГАПИ, 2003. 0,3 п.л.

7 Дякин В.Н. Оптимизация управления промышленным предприятием: Монография / В.Н. Дякин, В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 5,25 п.л. (авт. объем – 4 п.л.).

8 Дякин В.Н. Оптимизация распределения производственных ресурсов промышленного предприятия в долгосрочном периоде / В.Н. Дякин // Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством: Сборник научных трудов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Вып. 10. 0,9 п.л.

9 Дякин В.Н. Интегрированная информационная система бизнес-планирования на промышленном предприятии / В.Н. Дякин // Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством: Сборник научных трудов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Вып. 10. 0,24 п.л.